

2025

SCIENTIFIC

Progress & Innovations



**Vol. 28
Nº2**



Scientific Progress & Innovations

УДК 001

До 2022 року журнал виходив під назвою «Вісник Полтавської державної аграрної академії». У 2023 році журнал переєстровано та перейменовано на «Scientific Progress and Innovation»

Засновник, редакція, видавець:

Полтавський державний аграрний університет.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції:

Серія ДК № 7933 від 13.09.2023 року

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:

Серія КВ № 25459-15399 ПР від 09.03.2023 року

Рік заснування: 1998

Мова видання:

українська, англійська

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет Вченою радою Полтавського державного аграрного університету
(протокол № 11 від 27 травня 2025 року)

**Рішення Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення № 1554**

Ідентифікатор медіа – R30-03924

**Науковий журнал включено до категорії Б Переліку
наукових фахових видань України,**

у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та доктора філософії з сільськогосподарських, ветеринарних та технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. та № 866 від 02.07.2020 р.)

101 – Екологія; 162 – Біотехнології та біоінженерія;
201 – Агрономія; 202 – Захист і карантин рослин;
204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва; 211 – Ветеринарна медицина;
212 – Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза;
208 – Агроінженерія

**Журнал представлено у міжнародних
наукометричних базах даних, репозитаріях та
пошукових системах:**

Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського, Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Fatcat, Wikidata, Crossref, Електронний репозитарій Полтавського державного аграрного університету

Адреса редакції:

Полтавський державний аграрний університет,
36003, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна
e-mail: visnyk@pdau.edu.ua
http://www.pdau.edu.ua
https://doi.org/10.31210

© Полтавський державний аграрний університет

UDC 001

Until 2022, the journal was published under the name "Bulletin of Poltava State Agrarian Academy".

In 2023, the journal was re-registered and renamed "Scientific Progress and Innovation"

Founder, Editorial and Publisher:

Poltava State Agrarian University
Certificate of making a publishing house subject to the state register of publishers, manufacturers and distributors of publishing products:

Series DC No. 7933 of September 13, 2023

Certificate of state registration print mass media:
Series KV No. 25459-15399 PR of March 09, 2023

Year of foundation: 1998

Language edition:

Ukrainian, English

Recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of Poltava State Agrarian University
(Minutes No. 11 of May 27, 2025)

**Decision of the National Council
of Television and Radio Broadcasting of Ukraine No. 1554**

Media identifier – R30-03924

**The scientific journal is included in category B of the
List of scientific professional publications of Ukraine,**

in which the results of thesis papers for Doctor of Sciences, Candidate of Sciences, and Ph.D degrees in agricultural, veterinary, and technical sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 409 of March 17, 2020 and №886 July 02, 2020)

101 – Ecology; 162 – Biotechnology and Bioengineering;
201 – Agronomy; 202 – Plant Protection and Quarantine;
204 – Technology of Production and Processing of Livestock Products; 211 – Veterinary Medicine;
212 – Veterinary hygiene, sanitation and examination;
208 – Agricultural Engineering

**The journal is presented international
scientometric databases, repositories
and scientific systems:**

Index Copernicus International, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Directory of open access scholarly resources (ROAD), Vernadsky National Library of Ukraine, National Scientific Agricultural Library, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Fatcat, Wikidata, Crossref, Electronic repository of Poltava State Agrarian University

Editorial address:

Poltava State Agrarian University,
36003, 1/3, Skovorody str., Poltava, Ukraine
e-mail: visnyk@pdau.edu.ua
http://www.pdau.edu.ua
https://doi.org/10.31210

© Poltava State Agrarian University

Голова Редакційної ради

В. І. АРАНЧІЙ, к. екон. наук (Україна)

Головний редактор

О. О. ГОРБ, к. с.-г. наук, (Україна)

Заступники голови Редакційної ради

М. С. САМОЙЛІК, д. екон. наук, (Україна)

Т. О. ЧАЙКА, к. екон. наук (Україна)

Заступник головного редактора

П. В. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

Редакційна колегія з галузі СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО:

А. ДОЛГАНЬЧУК-ШЬРУДКА, док. габ. (Польща)

А. В. КАЛІНІЧЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна, Польща)

І. В. КОРОТКОВА, к. хім. наук (Україна)

В. Ю. КРИКУНОВА, к. хім. наук (Україна)

М. М. МАРЕНИЧ, д. с.-г. наук, (Україна)

Н. М. ОПАРА, к. с.-г. наук, (Україна)

В. М. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

А. А. ПОЛІЩУК, д. с.-г. наук, (Україна)

С. В. ПОСПЕЛОВ, д. с.-г. наук, (Україна)

М. РАЙФУР, док. габ. (Польща)

Т. П. РОМАШКО, к. хім. наук (Україна)

А. О. ТАРАНЕНКО, к. с.-г. наук, (Україна)

А. М. ШОСТЯ, д. с.-г. наук, (Україна)

Редакційна колегія з галузі ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА:

А. А. АНТИПОВ, к. вет. наук (Україна)

В. П. БЕРДНИК, д. вет. н. (Україна)

О. О. БОЙКО, к. біол. наук (Україна)

О. Б. ГРЕБЕНЬ, к. біол. наук (Україна)

В. О. ЄВСТАФ'ЄВА, д. вет. н. (Україна)

Б. П. КИРИЧКО, д. вет. н. (Україна)

Л. М. КОРЧАН, к. вет. наук (Україна)

О. В. КРУЧИНЕНКО, д. вет. наук (Україна)

Т. А. КУЗЬМІНА, к. біол. наук (Україна)

С. М. КУЛИНИЧ, д. вет. н. (Україна)

Т. П. ЛОКЕС-КРУПКА, к. вет. наук (Україна)

В. В. МЕЛЬНИЧУК, д. вет. наук (Україна)

О. Б. ПРИЙМА, к. вет. наук (Україна)

Редакційна колегія з галузі ТЕХНІЧНІ НАУКИ:

О. В. ГОРИК, д. тех. наук (Україна)

І. А. ДУДНИКОВ, к. тех. наук (Україна)

С. Б. КОВАЛЬЧУК, д. тех. наук (Україна)

О. М. КОСТЕНКО, д. тех. наук (Україна)

В. М. САКАЛО, к. тех. наук (Україна)

В. О. СУКМАНОВ, д. тех. наук (Україна)

В. О. ШЕЙЧЕНКО, д. тех. наук (Україна)

Члени Ради почесних членів:

А. БРЗОЗОВСКА, д. екон. наук (Польща)

З. ДАЦКО-ПІКІЄВІЧ, док. габ. (Польща)

О. ПЕРЕХОЖУК, д. екон. наук (Німеччина)

В. М. САМОРОДОВ, заслужений винахідник України (Україна)

Назва, концепція, зміст і дизайн «Scientific Progress & Innovations» є інтелектуальною власністю Полтавського державного аграрного університету й охороняється Законом України «Про авторські та суміжні права». Матеріали друкуються мовою оригіналу. У разі передруковування посилання на «Scientific Progress & Innovations» є обов'язковим.

Редакція залишає за собою право на редагування текстів, яке не змінює позиції автора.

Автор несе відповідальність за фактичний виклад матеріалу.

Chief of Editorial Council

V. I. ARANCHIY, Cand. Econ. Sci. (Ukraine)

Editor-in-chief

O. O. GORB, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

Deputy Head of Editorial Council

M. S. SAMOILIK, Dr. Econ. Sci. (Ukraine)

T. O. CHAIKA, Cand. Econ. Sci. Professor (Ukraine)

Deputy Chief Editor

P. V. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

MEMBERS OF THE EDITORIAL COUNCIL

Editorial board in the field of AGRICULTURE:

A. DOLHANCZUK-SRODKA, Dr. hab. (Poland)

A. V. KALINICHENKO, Dr. Econ. Sci. (Ukraine, Poland)

I. V. KOROTKOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

V. YU. KRYKUNOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

M. M. MARENICH, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

N. M. OPARA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

V. M. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

A. A. POLISHCHUK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

S. V. POSPIELOV, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)

T. P. ROMASHKO, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

A. O. TARANENKO, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

A. M. SHOSTIA, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of VETERINARY MEDICINE:

A. A. ANTIPOV, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. P. BERDNYK, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

O. O. BOYKO, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

O. B. GREBEN, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

V. O. YEYVSTAFIEVA, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

B. P. KYRYCHKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

L. M. KORCHAN, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

O. V. KRUCHYNNENKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

T. A. KUZMINA, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

S. M. KULYNYCH, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

T. P. LOKES-KRUPKA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. V. MELNYCHUK, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

O. B. PRIJMA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

Editorial Board in the field of TECHNICAL SCIENCES:

O. V. HORYK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

I. A. DUDNIKOV, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)

S. B. KOVALCHUK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

O. M. KOSTENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

V. M. SAKALO, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)

V. O. SUKMANOV, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

V. O. SHEICHENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

Members of Council:

A. BRZOZOWSKA, Dr. Econ. Sci. (Poland)

Z. DACKO-PIKIEWICZ, Dr. hab. (Poland)

O PEREKHOZHUK, Dr. Econ. Sci. (Germany)

V. M. SAMORODOV, Honored inventor of Ukraine (Ukraine)

The title, conception, content, and design of the "Scientific Progress & Innovations" are intellectual property of Poltava State Agrarian University and are protected by the Law of Ukraine "On Copyright and Related Rights." Materials are published in original language. In case of reprinting, the reference to the "Scientific Progress & Innovations" is compulsory.

Editorial stuff reserves the right to edit the texts without changing author's attitude.

The author is responsible for the factual account of material.

**Сільське господарство.
Рослинництво****6****Agriculture.
Plant growing**

Бараболя О. В., Прудкий Т. А. Якісні показники картоплі та їх зв'язок з кліматичними умовами для забезпечення лежкості	6	Barabolia O., Prudkyi T. Quality indicators of potatoes and their relationship with climatic conditions for ensuring storability
Коваленко Н. П., Поспелова Г. Д., Самородов В. М., Поспелов С. В., Оніпко В. В. Порівняльна характеристика морфометричних показників зростаючих в Україні карантинних видів роду Повитиця (<i>Cuscuta</i> L.)	13	Kovalenko N., Pospelova G., Samorodov V., Pospelov S., Onipko V. Comparative characteristics of morphometric indicators of quarantine species of the genus <i>Cuscuta</i> (<i>Cuscuta</i> L.) growing in Ukraine
Маренич М. М., Овсяник О. О. Особливості контролю сеgetальної рослинності в посівах конопель посівних (<i>Cannabis sativa</i> L.)	18	Marenych M., Ovsianyk, O. The peculiarities of segetal vegetation control on hemp (<i>Cannabis sativa</i> L.) sown areas
Матюха В. Л., Цилюрик О. І., Семенов С. С. Ефективність системи захисту кукурудзи від шкідників в умовах степу України	23	Matiukha V., Tsyliuryk O., Semenov S. Effectiveness of corn pest control systems under the conditions of the Ukrainian Steppe
Писаренко В. М., Шерешило О. О. Цифрові технології в управлінні фітосанітарними ризиками аграрного виробництва.	31	Pysarenko V., Shereshylo O. Digital technologies in the management of phytosanitary risks in agricultural production
Сєвідов В. П., Алфьоров О. І. Формування врожаю помідора в захищеному ґрунті залежно від застосування біостимуляторів	37	Sievidov V., Alferov O. Formation of the tomato harvest depends on the application of bio-stimulators
Шевніков М. Я., Власенко Д. В. Рационалізація процесів у технології вирощування гібридів кукурудзи: управлінський аспект	44	Shevnikov M., Vlasenko D. Optimization of processes in hybrid maize cultivation technology: a managerial perspective
Туренко В. П., Олейніков Є. С. Особливості поширення та розвитку грибних хвороб люцерни в умовах Східного Лісостепу України	51	Turenko V., Oleynikov Ye. Features of enhancement and development of mushroom diseases of alfalfa in the minds of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine
Шульченко В. А. Хвороби нуту в Лісостепу України в умовах кліматичних змін	57	Shuleshchenko V. Effect of plant density and fertilization on winter rapeseed yield
Маренич М. М., Куряча К. О. Формування урожайності кукурудзи залежно від підбору гібридів в умовах нестійкого зволоження	63	Marenych M., Kuriacha K. The formation of corn yield capacity depending on hybrids' choice under the conditions of unstable moistening
Ольховський А. С. Інноваційні технології у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур	68	Olkhovskiy A. Innovative technologies in growing and storing agricultural crops
Муха Б. Г. Вплив кліматичних змін на хвороби овочевих культур в умовах Лівобережного Лісостепу України	75	Mukha B. Impact of climate change on vegetable crop diseases in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Каламбет В. В. Формування продуктивності соняшнику (<i>Helianthus annuus</i> L.) залежно від агротехнічних прийомів	81	Kalambet V. Formation of sunflower productivity (<i>Helianthus annuus</i> L.) depending on agrotechnical methods
Писаренко Н. В., Фурдига М. М., Захарчук Н. А., Гордієнко В. В. Статус стійкості сортів картоплі до альтернаріозу в умовах змінного клімату Полісся України	87	Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine
Муха Б. Г. Оптимізація норм висіву та мінерального живлення при вирощуванні ячменю озимого за умов кліматичних ризиків в умовах Лівобережного Лісостепу України	96	Mukha B. Optimization of sowing rates and mineral nutrition in winter barley cultivation under climatic risks in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Недоборенко Ю. А., Сахно Т. В. Ефективність видів праймінгу на насіння зернових колосових культур	103	Nedoborenko Yu., Sakhno T. Effectiveness of seed priming techniques for small grain cereals
Шевчук В. М. Гречка як стратегічна культура в умовах зміни клімату, агроекологічної сталості та продовольчої безпеки	112	Shevchuk V. Buckwheat as a strategic crop in the context of climate change, agroecological sustainability, and food security
Волченко Н. В., Захарченко Е. А., Пономаренко М. О. Чи може покращення здоров'я ґрунту підвищити стабільний розвиток сільського господарства та стійкість до зміни клімату?	120	Volchenko N., Zakharchenko E., Ponomarenko M. Can improving soil health enhance agricultural sustainability and resilience to climate change?

**Біотехнології та
біоінженерія****126****Biotechnology and
Bioengineering**

Іншина Н. М. Інноваційні технології синтезу фармацевтичних сполук у трансгенних рослинах	126	Inshyna N. Innovative technologies for the synthesis of pharmaceuticals in transgenic plants
--	-----	--

**Сільське господарство.
Тваринництво****131****Agriculture.
Animal breeding**

Войтенко С. Л., Шаферівський Б. С., Сидоренко О. В., Коробка А. В. Господарські корисні ознаки телиць та корів української чорно-рябої молочної породи різного походження та належності до генеалогічного формування	131	Voitenko S., Shaferivskiy B., Sydorenko O., Korobka A. Economically useful traits of heifers and cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed of different origins and belonging to the genealogical formation
--	-----	---

Ветеринарна медицина**139****Veterinary medicine**

Котелевич В. А., Гуральська С. В., Пінський О. В., Гончаренко В. В. Ветеринарно-санітарна оцінка ковбасних виробів за показниками якості і безпеки	139	Kotelevych V., Huralska S., Pinsky O., Honcharenko V. Veterinary and sanitary evaluation of sausage products based on quality and safety indicators
Латухін О. Є., Кручиненко О. В. Поширення гельмінтозів шлунково-кишкового каналу великої рогатої худоби у господарствах Полтавської області	147	Latukhin O., Kruchynenko O. The spreading of cattle gastro-intestinal tract helminthoses on farms of Poltava region

Кравченко С. О., Сугак А. О., Канівець Н. С., Дмитренко Н. І., Бурда Т. Л., Кулинич С. М., Рудяшко В. С. Застосування препарату Kombiflor Probiotic за дисбактеріозу кишечника у свійських собак та котів	152	Kravchenko S., Suhak A., Dmytrenko N., Kanivets N., Burda T., Kulynych S., Rudyashko V. Application of Combiflor Probiotic in the case of intestinal dysbiosis in domestic dogs and cats
Ільчишин М. М., Карповський В. І., Журенко О. В., Гришук І. А., Карповський П. В., Криворучко Д. І., Гришук А. В., Карповський В. В., Тодорюк В. Б., Мельничук В. В. Вплив сполук наноаквахелатів на активність ферментів крові у корів за різного тонуусу автономної нервової системи	158	Ilchyshyn M., Karpovskiy V. I., Zhurenko O. V., Hryshchuk I. A., Karpovskiy P., Kryvoruchko D., Hryshchuk A., Karpovskiy V., Todoruk V., Melnychuk V. Effect of nanoaquahelate compounds on the activity of blood enzymes in cows with different tone of the autonomic nervous system
Ягольник М. М. Особливості поширення та прояву хронічного субклінічного ендометриту у молочних корів	166	Yaholnyk M. The peculiarities of spread and onset of chronic subclinical endometritis in dairy cows
Мележик А. В., Плахотна Є. В., Корчан Л. М., Михайлютенко С. М., Замазій А. А. Ефективність лікувальних заходів за отодектозу, саркоптозу та демодекозу собак	171	Melezhyk A., Plakhotna Ye., Korchan L., Mykhailiutenko S., Zamazyi A. A. Effectiveness of treatment measures for otodectosis, sarcoptosis and demodectosis in dogs
Кіптенко А. В., Богач М. В. Поширення ектопаразитів серед собак різних популяцій у Харківському регіоні	176	Kiptenko A., Bogach M. V. Distribution of ectoparasites among dogs of different populations in the Kharkiv region
Передера О. О., Передера Р. В., Лаврінченко І. В., Петренко М. О. Ефективність використання зовнішніх лікувальних засобів за дерматитів собак, викликаних грибами роду <i>Trichophyton</i>	181	Peredera O., Peredera R., Lavrinenko I., Petrenko M. The effectiveness of using external therapeutic means for dog dermatitis caused by fungi of the <i>Trichophyton</i> genus
Білий Д. Д., Супруненко О. О. Діагностика лімфому у котів: короткий огляд проблеми	188	Bilyi D., Suprunenko O. O. Diagnosis of lymphoma in cats: a brief overview of the problem
Галатюк О. Є., Ткачівський С. П., Романишина Т. О., Лахман А. Р., Бегас В. Л. Клінічні, гематологічні та візуалізаційні маркери імунзапальної відповіді за коронавірусної інфекції у котів	193	Galatiuk O., Tkachyvskiy S., Romanishina T., Lakhman A., Behas V. Clinical, hematological, and imaging markers of immune-inflammatory response in Feline Coronavirus Infection
Дережа Ю. Ф. Лікування свійських котів за панкреатиту	201	Dereza Yu. Treatment of domestic cats with pancreatitis
Камбур М. Д., Лівощенко Є. М. Вплив зміни процесів дихання на еритропоез у молодняка жуйних тварин	207	Kambur M., Livoshchenko Ye. Influence of changes in respiratory processes on erythropoiesis in young ruminants
Климась А. Р., Сими́тко О. А. Діагностика хвороб копитець у корів	212	Klymas A., Simitko O. A. Cow hoof diseases' diagnostics
Криворученко Д. О., Євстаф'єва В. О. Вплив збудників гельмінтозів травного тракту на біохімічні показники сироватки собак за моно- та мікстинвазій	219	Kryvoruchenko D., Yevstafiev V. Influence of causatives of germintoses of the digestive tract on biochemical indicators of serum of dogs with mono- and myxed invasions
Волобоєва У. І., Білий Д. Д. Клінічна оцінка ефективності пломбування зубів у собак	224	Voloboieva U., Bilyi D. Clinical evaluation of the effectiveness of dental fillings in dogs
Булавина В. С., Яценко І. В., Руднева К. Є., Нікіфорова О. В., Мазанний О. В., Колобнєв Р. С., Козакова Н. О., Єфімов В. В. Алгоритм проведення комплексної судової ветеринарної із дослідження сильнодіючих та отруйних речовин експертизи за отруєння тварин ізоніазидом	231	Bulavina V., Yatsenko I., Rudnieva K., Nikiforova O., Mazanniy O., Kolobniev R., Kozakova N., Yefimov V. Algorithm for conducting a comprehensive forensic veterinary examination with the study of potential and toxic substances for isoniazid poisoning in animals
Година В. П., Михайлютенко С. М. Особливості сезонної динаміки еймеріозу курей	236	Hodyna V., Mykhailiutenko S. Features of seasonal dynamics of eimeriosis in chickens
Ковальчук Ю. В., Гуральська С. В., Кот Т. Ф., Гришук Г. П., Євтух Л. Г. Історія розвитку хірургічних інструментів: з доісторичних часів до сьогодення	242	Kovalchuk Y., Huralska S., Kot T., Hryshchuk H., Yevtukh L. History of the development of surgical instruments: from prehistoric times to the present day
Первий А. О. Особливості копроовоскопічної лабораторної діагностики токсакарозу котів	249	Perviy A. Features of coproovoscopic laboratory diagnostics of toxocarosis in cats
Климась І. І. Поширення піодермій у собак у місті Полтава	255	Klymas I. Prevalence of pyoderma in dogs in the city of Poltava
Полях Л. В., Замазій А. А., Камбур М. Д., Мельничук В. В. Поширення патологій ока у собак породи сибірський хаскі та характеристика окремих показників кровоносного русла за наявності новоутворень в ділянці зорового аналізатора	261	Polyakh L., Zamazyi A. A., Kambur M., Melnychuk V. Prevalence of eye pathologies in Siberian Husky dogs and characteristics of individual blood vessel parameters in the presence of neoplasms in the visual analyzer area
Технічні науки	266	Technical sciences
Арендаренко В. М., Харак Р. М., Семенов А. О., Самойленко Т. В. Про ударну взаємодію падаючої зернівки кукурудзи на бетонне дно силосу	266	Arendarenko V., Kharak R., Semenov A., Samoilenko T. On the impact interaction of a falling corn kernel on the concrete bottom of a silo
Лапенко Г. О., Горбенко О. В., Лапенко Т. Г., Колотій С. Ю. Розробка біопаливного котла для сушіння зерна за використанням біомаси	271	Lapenko H., Gorbenko O., Lapenko T., Kolotii S. Development of a biomass-fueled boiler for grain drying applications
Падалка В. В., Горбенко О. В., Чумак М. В. Обґрунтування методики технічних вимірювань з елементами мехатроніки в біологічних процесах	277	Padalka V., Gorbenko O., Chumak M. Justification of the methodology of technical measurements with elements of mechatronics in biological processes

Quality indicators of potatoes and their relationship with climatic conditions for ensuring storability

O. Barabolia✉ | T. Prudkyi

Article info

Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

olga.barabolia@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda St., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Barabolia, O., & Prudkyi, T. (2025). Quality indicators of potatoes and their relationship with climatic conditions for ensuring storability. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 6–12. doi: 10.31210/spi2025.28.02.01

In the context of a changing climate and increasing demand for high-quality products, studying the quality indicators of potatoes and their relationship with climatic conditions is crucial for ensuring long-term storage and food security. Identifying the optimal climatic conditions for growing potatoes with high storability characteristics will help minimize crop losses and provide consumers with high-quality products throughout the year. The aim of this study is to analyze the quality indicators of potatoes and determine their correlation with climatic conditions affecting tuber storability. Scientific research was conducted during the 2023–2024 period on the territory of a private farm near the city of Poltava (Poltava region). The experiment involved potato varieties of Ukrainian (early-ripening variety Povin) and Dutch selection (late-ripening variety Picasso). An analysis of the climatic conditions during the study period showed that the yield, quality, and storability of potato varieties largely depended on the weather conditions of the growing season. It was found that in 2023, when temperatures were moderate and rainfall was sufficient, potatoes formed fully developed tubers with high mass, dry matter content, and starch concentration. The yield of the Picasso variety reached 31.8 t/ha, while the Povin variety yielded 28.7 t/ha, with storage losses not exceeding 9.4 %. In 2024, due to a critical moisture deficit and abnormally high temperatures, a significant yield decline was recorded: by 31.8 % (Picasso) and 39.7 % (Povin). The tubers lost their standard morphological characteristics, became smaller and deformed. The dry matter content decreased to 21.1 % and 19.5 %, while the starch content dropped to 14.7 % and 13.2 % for Picasso and Povin, respectively. This negatively affected storability, as the storage period was reduced to 5–6 months, and storage losses increased to 13.7 % (Povin) and 9.6 % (Picasso). Notably, the Picasso variety retained satisfactory quality even under the critical growing conditions of 2024, whereas the Povin variety exhibited poor quality, making its successful sale in the fresh market impossible. Practical recommendations on improving cultivation techniques and storage conditions will contribute to enhancing the quality and storability of potatoes.

Keywords: morphological characteristics, biochemical composition, resistance, storage, agronomic practices, drought conditions.

Якісні показники картоплі та їх зв'язок з кліматичними умовами для забезпечення лежкості

О. В. Бараболя | Т. А. Прудкий

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

В умовах мінливого клімату та зростаючого попиту на якісну продукцію дослідження якісних показників картоплі та їх зв'язку з кліматичними умовами є ключовим для забезпечення тривалого зберігання та продовольчої безпеки. Визначення оптимальних кліматичних умов для вирощування картоплі з високими показниками лежкості дозволить мінімізувати втрати врожаю та забезпечити споживачів якісною продукцією протягом року. Метою дослідження є аналіз якісних показників картоплі та визначення їх взаємозв'язку з кліматичними умовами, що впливають на лежкість бульб. Наукові дослідження проведено впродовж 2023–2024 років на території приватного господарства неподалік міста Полтава (Полтавська область). В експерименті використовувались сорти картоплі української (ранньостиглий сорт Повін) та голландської селекції (пізньостиглий сорт Пікассо). Аналіз погодних умов проведення досліджень показав, що врожайність, якість і лежкість сортів картоплі значною мірою залежать від погодних умов вегетаційного періоду. Визначено, що в 2023 році, коли температура була помірною, а кількість опадів достатньою, картопля сформувала повноцінні бульби з високою масою, високим вмістом сухих речовин і крохмалю. Врожайність сорту Пікассо склала 318 ц/га, а сорту Повін – 287 ц/га, втрати при зберіганні не перевищували 9,4 %. У 2024 році через критичний дефіцит вологи та аномально високі температури було зафіксовано значне зниження врожайності: на 31,8 % (Пікассо) і 39,7 % (Повін). Бульби втратили стандартні морфологічні ознаки, стали дрібнішими та деформованими. Вміст сухих речовин знизився до 21,1 та 19,5 %, а крохмалю – до 14,7 і 13,2 % для Пікассо і Повін відповідно. Це негативно вплинуло на лежкість, оскільки тривалість зберігання скоротилася до 5–6 місяців, а втрати при зберіганні зросли до 13,7 % (Повін) і 9,6 % (Пікассо). Особливо важливо, що сорт Пікассо зберіг задовільну якість навіть за критичних умов вирощування 2024 року, тоді як якість сорту Повін стала незадовільною, що унеможливило його успішну реалізацію на ринку свіжої продукції. Надані практичні рекомендації з покращення агротехніки вирощування й умов зберігання дозволять підвищити якість і лежкість картоплі.

Ключові слова: морфологічні ознаки, біохімічний склад, стійкість, зберігання, агротехніка, посушливі умови.

Бібліографічний опис для цитування: Бараболя О. В., Прудкий Т. А. Якісні показники картоплі та їх зв'язок з кліматичними умовами для забезпечення лежкості. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 6–12.

Вступ

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з найважливіших продовольчих і промислових культур у світі [1]. Вона займає вагомe місце в харчовій промисловості, сільському господарстві та навіть у фармацевтичній галузі [2]. Високий рівень споживання картоплі пояснюється її поживною цінністю, універсальністю у використанні та відносно невибагливими умовами вирощування, що дозволяє культивувати її у більшості частин світу [3, 4]. Однак однією з ключових проблем, з якими стикається аграрний сектор, є забезпечення тривалого зберігання бульб без втрати якості [5]. Відсоток втрат врожаю під час зберігання може сягати 30 % та навіть 50 %, що обумовлено фізіологічними процесами, мікробіологічним псуванням і механічними uszkodженнями [6].

Генетичні особливості сорту є визначальним чинником лежкості. Деякі сорти мають природну стійкість до механічних uszkodжень, хвороб та процесу проростання, що дозволяє продовжити термін їхнього зберігання [7]. Наприклад, сорти з високим вмістом сухих речовин і щільною шкіркою зазвичай демонструють кращу лежкість порівняно з сортами, що мають тонку шкірку та високий вміст вологи [8].

Лежкість картоплі безпосередньо пов'язана з її якісними показниками, такими як хімічний склад, фізичні характеристики бульб та їхня стійкість до зовнішніх впливів [9, 10]. Високий вміст сухих речовин, зокрема крохмалю, сприяє кращому збереженню бульб, оскільки такі картоплини менше схильні до проростання та втрати маси [11]. Водночас низький вміст редуруючих цукрів зменшує ризик потемніння при термічній обробці [12]. Важливу роль відіграє механічна структура шкірки: товста і щільна шкірка зменшує втрати вологи й обмежує проникнення патогенних мікроорганізмів. Крім того, вміст білків, фенольних сполук і антиоксидантів впливає на резистентність картоплі до ураження хворобами [13].

Здатність бульб до тривалого зберігання визначається їхньою стиглістю. За результатами досліджень після 7 місяців зберігання кількість здорових бульб у ранніх і середньоранніх сортів становила 93,8 та 93,2 % відповідно, тоді як у середньопізніх і пізніх сортів цей показник досягав 94,3 і 94,6 % [10].

Зовнішні фактори також відіграють важливу роль у збереженні картоплі. Оптимальна температура зберігання становить від 2 до 4 °C для продовольчої картоплі та від 4 до 6 °C для насінневого матеріалу [14]. Висока температура сприяє проростанню й активізації мікробіологічних процесів, тоді як низькі температури можуть призводити до утворення цукрів, що погіршує смакові якості. Вологість повітря має залишатися в межах 85–90 %, оскільки її зниження призводить до втрати маси бульб через випаровування, а надмірна вологість сприяє розвитку грибкових захворювань. Одним із ключових факторів є механічні пошкодження бульб, які створюють вхідні ворота для патогенних мікроорганізмів, таких як фітофтора чи бактеріальні гнилі [15, 16].

Попередня обробка картоплі перед зберіганням дозволяє значно покращити її лежкість. Використання інгібіторів росту, таких як хлорпрофам, перешкоджає проростанню, а обробка фунгіцидами зменшує ризик ураження хворобами [17]. Однак, в Європі з 2019 року заборонено використання хлорпрофаму [18] через його шкідливість як для навколишнього середовища, так і для здоров'я споживачів [19, 20]. Наукові дослідження свідчать про перспективність обробки картоплі перед зберіганням малеїновим гідразидом, 3-decen-2-one і 1,4-DMN [21], 27 % перекисем водню (H_2O_2) [22]. Крім того, правильне просушування бульб перед закладкою на зберігання сприяє формуванню щільнішої шкірки, що запобігає втраті вологи та проникненню інфекцій [23].

Таким чином, якісні показники картоплі відіграють ключову роль у її здатності до довготривалого зберігання. Генетичні особливості сорту, хімічний склад, морфологічна структура бульб та умови зберігання є основними факторами, що впливають на лежкість картоплі. Оптимізація цих параметрів дозволяє знизити втрати врожаю та покращити його якість, що має велике економічне значення для сільського господарства та харчової промисловості.

Мета дослідження

Мета дослідження – аналіз якісних показників картоплі та визначення їх взаємозв'язку з кліматичними умовами, що впливає на лежкість коренеплодів.

Завдання дослідження: дослідити кліматичні умови вирощування за середньомісячною температурою та кількістю опадів впродовж вегетаційного періоду, розрахувавши та проаналізувавши гідротермічний показник; проаналізувати основні групи показників якості, які впливають на лежкість бульб, у взаємозв'язку з кліматичними умовами; визначити зміни під час зберігання в картоплі дослідних сортів; проаналізувати економічні показники зберігання дослідних сортів картоплі; навести рекомендації щодо поліпшення агротехніки вирощування й умов зберігання для зменшення втрат.

Матеріали і методи

Наукові дослідження були здійснені впродовж 2023–2024 років на території приватного господарства в селі Супрунівка, розташованому на відстані 3 км від Полтави (Полтавська область). Геоморфологічно ділянка знаходиться в межах Придніпровської низини на пониженому лівобережжі річки Ворскли. Ґрунтовий покрив території належить до Сумсько-Миргородського агроґрунтового району з домінуванням чорнозему глибокого, малогумусового, крупно-пилувато-середньосуглинкового типу.

Вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту (1–20 см) становить 4,1 %. Ґрунтовий розчин характеризується нейтральною та слабкокислою реакцією, з рН сольової витяжки 6,4 та ступенем насичення основами 83 %. Вбирний комплекс переважно насичений кальцієм і магнієм. Ґрунт містить

достатню кількість рухомих форм поживних елементів: азоту – 9–13 мг, фосфору – 140,6 мг, калію – 82,8 мг на 100 г ґрунту.

В експерименті використовувались сорти картоплі української (ранньостиглий сорт Повінь) та голландської селекції (пізньостиглий сорт Пікассо). Після збору врожаю картоплю зберігали за температури 2–4 °С та вологості повітря 85–90 % у складському приміщенні, обладнаному системами активної та пасивної вентиляції для тривалого зберігання.

Розрахунок ГТК (гідротермічний коефіцієнт) виконано за методикою Селянінова для кожного місяця вегетаційного періоду картоплі за формулою:

$$\text{ГТК} = (\Sigma \text{опадів} / \Sigma \text{температур}) \times 10.$$

Визначення основних морфологічних і хімічних показників, що визначають лежкість бульб (вміст сухих речовин, крохмалю, білків, механічна структура шкірки тощо) проводилися з використанням візуального огляду, вимірювання, підрахунку, лабораторного методу відповідно до вимог ДСТУ 9221:2023 «Картопля продовольча. Технічні умови» [24]. Обробку отриманих даних здійснено за допомогою статистичних методів із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Погодні умови відіграють ключову роль у формуванні якості та лежкості (здатності до тривалого зберігання) бульб картоплі. Температура, вологість, кількість опадів та інші кліматичні фактори впливають на ріст, розвиток рослин і накопичення поживних речовин у бульбах, що, у свою чергу, визначає їхню якість і здатність до зберігання [25].

У 2024 році порівняно з 2023 роком спостерігалось значне підвищення температури повітря з червня по серпень (на +1,8–6,3 °С) за значного зниження опадів (з 266 до 55 мм). При цьому, сумарна кількість опадів упродовж вегетаційного періоду зменшилась у 2024 році відносно 2023 року на 289 мм (75,9 %). Згідно з аналізом кліматичних умов на [рисунку 1](#) у 2023 році спостерігався сприятливий вегетаційний період (ГТК від 0,62 до 2,80), рівномірний розподіл опадів і помірні температури. В той же час, у 2024 році спостерігались несприятливі умови для вирощування культури через критичну посушливість (ГТК від 0,03 до 0,63), що пов'язана з критичним дефіцитом вологи та високими температурами.

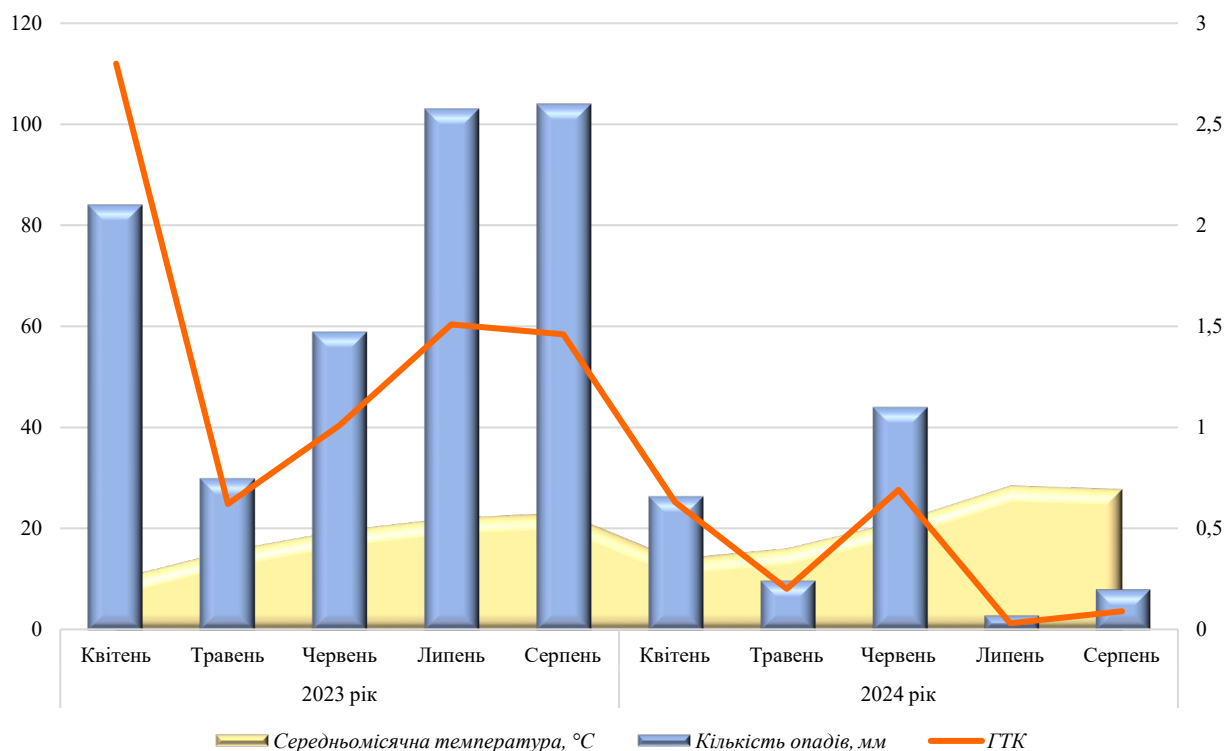


Рис. 1. Динаміка середньомісячної температури, опадів і ГТК упродовж вегетаційного періоду картоплі в умовах села Супрунівка, 2023–2024 роки

Оптимальні температурні умови сприяють нормальному росту та розвитку картоплі. Високі температури та недостатня вологість можуть призвести до зниження врожайності й якості бульб. Наприклад, дослідження показали, що несприятливі погодні умови, такі як посуха або надмірна спека, негативно впливають на формування як вегетативної маси, так і генеративних органів рослин картоплі, що

підтверджується незначною кількістю врожаю в такі періоди [25].

Кількість і розподіл опадів протягом вегетаційного періоду мають значний вплив на якість бульб. Недостатня кількість вологи може призвести до утворення дрібних бульб з низьким вмістом крохмалю, тоді як надмірна вологість може сприяти розвитку хвороб, що погіршує якість і лежкість

картоплі. Аналіз погодних умов проведення досліджень показав, що врожайність сортів картоплі значною мірою залежить від погодних умов протягом вегетаційного періоду [25].

За результатами наших досліджень кліматичні умови 2023 року сприяли рівномірному росту та

розвитку рослин, формуванню повноцінних бульб, високій врожайності та високій лежкості продукції (*табл. 1*). Тоді як у 2024 році спостерігались пригнічення росту рослин, передчасне в'янення бадилля, формування дрібних бульб, низька врожайність і значне зниження лежкості.

Таблиця 1

Основні показники якості картоплі дослідних сортів, що впливають на врожайність, лежкість і зберігання, 2023–2024 роки

Показники	Пікассо		Повінь	
	2023 рік	2024 рік	2023 рік	2024 рік
Морфологічні ознаки				
Форма бульби	овально-видовжена	дещо деформована через посуху	округло-овальна	дрібніша, з ознаками посушливості
Середня маса бульби, г	122	91	107	72
Врожайність, ц/га	318	217	287	173
Біохімічний склад				
Сухі речовини, %	23,4	21,9	21,6	19,5
Крохмаль, %	16,3	14,7	15,4	13,2
Цукор, %	0,4	0,5	0,5	0,7
Лежкість картоплі				
Втрати при зберіганні, %	8,2	9,6	9,4	13,7
Тривалість зберігання, міс.	до 8	до 6	до 7	до 5
Стійкість до механічних пошкоджень				
Щільність тканин, бал	8,5	7,0	7,5	6,0
Опірність пошкодженням	висока	знижена	середня	низька
Загоєння мікротравм, діб	2–3	4–5	3–4	5–6
Мікробіологічні дослідження				
Стійкість до фітофтори	висока	середня	середня	низька
Бактеріальна активність	низька	помірна	помірна	висока
Природна резистентність	добра	задовільна	задовільна	слабка
Динаміка змін під час зберігання				
Втрата маси за 6 місяців, %	8,7	13,4	11,6	16,5
Зміна біохімічних показників	незначна	суттєва	помірна	значна
Поява захворювань	поодинокі випадки	часті осередки	декілька осередків	масштабні ураження

Дані *табл. 1* демонструють значний вплив погодних умов на морфологічні характеристики обох сортів картоплі. У 2023 році, коли спостерігались сприятливі умови вирощування з рівномірним розподілом опадів (див. *рис. 1*) та помірними температурами, бульби обох сортів формувались із типовими сортовими ознаками. Натомість, у посушливому 2024 році відбулося суттєве погіршення морфологічних характеристик. Так, середня маса бульби сорту Пікассо зменшилась з 122 г до 91 г (на 25,4 %), спостерігалась деформація бульб внаслідок посухи. Середня маса бульби сорту Повінь знизилась зі 107 г до 72 г (на 32,7 %), з'явилися ознаки посушливості на бульбах. Це свідчить про високу чутливість обох сортів до нестачі вологи, хоча сорт Пікассо продемонстрував дещо вищу стійкість до стресових умов.

Залежність врожайності від погодних умов проявилась особливо гостро, оскільки для сорту Пікассо відбулось зниження з 318 ц/га до 217 ц/га (на 31,8 %), а для сорту Повінь – з 287 ц/га до 173 ц/га (на 39,7 %). Така динаміка підтверджує, що ранньостиглий сорт Повінь виявився більш вразливим до посушливих умов порівняно з пізньостиглим сортом Пікассо, який, має кращу посухостійкість завдяки більш розвиненій кореневій системі.

Стресові умови 2024 року негативно вплинули на біохімічний склад обох сортів. Спостерігалось зниження вмісту сухих речовин: у Пікассо з 23,4 до 21,9 % (на 6,4 %), у Повені з 21,6 до 19,5 %

(на 9,7 %). Також відбулось зменшення вмісту крохмалю у сортах Пікассо і Повінь – на 9,8 і 14,3 % відповідно. При цьому, отримано збільшення вмісту цукрів:

у Пікассо з 0,4 до 0,5 % (на 25 %), у Повені з 0,5 до 0,7 % (на 40 %). Підвищення рівня цукрів при одночасному зниженні крохмалю є типовою реакцією рослин на водний та температурний стрес, що підтверджується результатами досліджень.

Погодні умови 2024 року призвели до суттєвого погіршення показників лежкості. Про це свідчить збільшення втрат при зберіганні з 8,2 до 9,6 % (на 1,4 %), скорочення терміну зберігання з 8 до 6 місяців для сорту Пікассо. Тоді як для сорту Повінь збільшення втрат при зберіганні становило 4,3 % (з 9,4 до 13,7 %), скорочення терміну зберігання з 7 до 5 місяців.

Відмічено також зниження щільності тканин та опірності механічним пошкодженням, а також збільшення часу загоєння мікротравм. Це пояснюється тим, що в умовах посухи формуються фізіологічно незрілі бульби з недостатньо сформованою шкіркою та меншим вмістом крохмалю.

Сорт Пікассо продемонстрував кращу стійкість до фітофтори та нижчу бактеріальну активність порівняно з сортом Повінь. В умовах стресу 2024 року обидва сорти показали зниження природної резистентності до патогенів, що призвело до збільшення втрат під час зберігання. Втрата маси бульб сорту Пікассо

за 6 місяців зросла на 4,7 % (з 8,7 до 13,4 %), тоді як сорту Повінь – на 4,9 % (з 11,6 до 16,5 %).

Аналіз економічних показників демонструє значну різницю між сортами щодо їх стійкості до несприятливих умов. Так, втрати врожаю сорту Пікассо збільшились з 6,7 % у сприятливому 2023 році до 13,5 % у посушливому 2024 році (зростання втрат у 2,0 рази). Втрати врожаю сорту Повінь зросли з 9,1 % у 2023 році до 20,2 % у 2024 році (зростання втрат у 2,2 рази). Ці дані свідчать, що обидва сорти демонструють приблизно однакову відносну динаміку втрат при погіршенні умов вирощування, але в абсолютних показниках сорт Пікассо має суттєво нижчі втрати в обох досліджуваних роках.

Необхідно також відзначити показники рентабельності зберігання, які демонструють більш значну різницю між сортами. У 2024 році виникла потреба в додаткових витратах на обробку та зберігання для сорту Пікассо, тоді як для сорту Повінь ці витрати були більшими. В результаті сорт Пікассо мав високу рентабельність у 2023 році, яка знизилась на 30 % у 2024 році, але залишилась на задовільному рівні. Сорт Повінь характеризувався середньою рентабельністю у 2023 році, яка знизилась до низької в посушливому 2024 році.

Така динаміка вказує на кращу економічну стійкість сорту Пікассо при погіршенні умов вирощування, що особливо важливо для господарств, орієнтованих на довготривале зберігання та реалізацію продукції у міжсезоння.

Якість продукції є одним із ключових факторів для визначення її ринкової вартості. Якщо бульби сорту Пікассо характеризувались доброю якістю у 2023 році, то вона знизилась до задовільної у 2024 році. Якість бульб сорту Повінь із задовільної у 2023 році стала незадовільною у 2024 році.

На основі проведеного комплексного аналізу можна зробити однозначний висновок, що пізньостиглий сорт Пікассо є значно кращим вибором для вирощування в умовах підвищеного ризику посухи та високих температур порівняно з ранньостиглим сортом Повінь.

Ключові переваги сорту Пікассо для вирощування в критичних погодних умовах:

- 1) навіть при зниженні врожайності на 31,8 % та збільшенні втрат до 13,4 % зберігає задовільну рентабельність;
- 2) зберігає задовільну якість продукції навіть за стресових умов;
- 3) демонструє менші відносні втрати врожаю й якісних показників при погіршенні умов вирощування;
- 4) зберігає прийнятну лежкість до 6 місяців навіть у несприятливий рік;
- 5) додаткові витрати на агротехніку та зберігання залишаються економічно виправданими.

Впровадження пізньостиглого сорту Пікассо у виробництво, особливо в регіонах з високим ризиком посухи та температурних стресів, дозволить господарствам мінімізувати економічні ризики та забезпечити стабільність виробництва навіть за несприятливих погодних умов.

Для підвищення економічної ефективності вирощування сорту Пікассо в критичних умовах рекомендується додатково інвестувати в технології зрошення, оптимізацію живлення та методи зберігання, що дозволить ще більше знизити економічні втрати та підвищити рентабельність виробництва.

Наведемо рекомендації для покращення агротехніки вирощування картоплі приватним фермером в умовах високих температур і обмежених опадів:

1. Оптимізація водного режиму: впровадження краплинного зрошення з можливістю фертигації (внесення добрив з поливною водою); використання мульчуючих матеріалів (солома, тирса, чорна плівка) для зменшення випаровування вологи з ґрунту [26]; застосування гідрогелів при посадці для утримання вологи в зоні кореневої системи [27].

2. Удосконалення системи живлення: позакореневі підживлення мікроелементами та стимуляторами росту для підвищення посухостійкості рослин [28]; внесення калійних добрив у підвищених дозах для покращення водного режиму рослин; застосування гуматів для стимуляції розвитку кореневої системи та підвищення стійкості до стресів [29].

3. Оптимізація технології вирощування: використання передпосадкової обробки бульб біопрепаратами (Фітоспорін-М, Триходермін, Біогран) та регуляторами росту (Епін-Екстра, Гумат калію, Радіфарм) для стимуляції розвитку кореневої системи; збільшення глибини посадки до 10–12 см для зменшення впливу перегріву ґрунту; застосування схеми гребеневого вирощування з формуванням більш високих гребенів для зниження температури в зоні формування бульб; оптимізація строків посадки з орієнтацією на ранньовесняні терміни для уникнення фази бульбоутворення в період максимальних температур [30].

4. Фітосанітарний контроль: профілактичні обробки фунгіцидами з додаванням антистресових компонентів [31]; застосування біопрепаратів для підвищення природної резистентності рослин [32].

Також доцільно розглянути перспективні напрями зберігання картоплі в умовах приватного фермерства для зменшення втрат, які передбачають:

1. Оптимізацію традиційних методів зберігання: двоетапне збирання врожаю з попереднім скошуванням бадилля за 14–21 день до збирання для зміцнення шкірки бульб; лікувальний період зберігання (7–14 днів при 12–18 °С) для загосення мікропошкоджень; вентилявання сховища з функцією контролю вологості (75–85 %) та температури (2–4 °С); перед закладанням на зберігання проводити обробку бульб біологічними препаратами на основі корисних бактерій і грибів, які пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів, зменшують ризик гниття, покращують лежкість і захищають від проростання, – біофунгіцидами для захисту від хвороб (Триходермін, Фітоцид-р, Планриз), біостимуляторами й інгібіторами проростання (Гауспин, Регоплант, Селест Топ), антибактеріальними біопрепаратами (Фітоспорин-М, Бактофіт) [33, 34].

2. Застосування інноваційних технологій: використання екологічно безпечних інгібіторів проростання (1,4-диметилнафталін, карвон) для продовження

періоду спокою бульб [35]; застосування спеціальних контейнерів з вентиляційними отворами для забезпечення рівномірного теплообміну [36].

3. Зберігання з використанням сучасних технологій: застосування озонування складського приміщення для знищення патогенів і зниження ризику захворювань [37]; використання УФ-опромінення при закладанні на зберігання для знезараження поверхні бульб [38].

Реалізація запропонованих рекомендацій дозволить мінімізувати негативний вплив посушливих умов на врожайність та якість картоплі, а також істотно підвищити її лежкість в умовах довготривалого зберігання.

Висновки

Результати проведених досліджень дозволяють зазначити, що впродовж років досліджень основним фактором, що вплинув на якість, врожайність і лежкість картоплі сортів Пікассо та Повінь, стали погодні умови. В 2023 році, коли температура була помірною, а кількість опадів достатньою, картопля сформувала повноцінні бульби з високою масою, високим вмістом сухих речовин і крохмалю. У 2024 році через критичний дефіцит вологи та аномально високі температури було зафіксовано значне зниження врожайності – на 31,8 % сорту Пікассо і 39,7 % сорту Повінь. Бульби втратили стандартні морфологічні ознаки, стали дрібнішими та деформованими. Це негативно вплинуло на лежкість, оскільки тривалість зберігання скоротилася до 5–6 місяців, а втрати при зберіганні зросли до 13,7 % (Повінь) і 9,6 % (Пікассо), що свідчить про переваги сорту Пікассо.

Враховуючи результати досліджень нами запропоновані заходи для покращення агротехніки вирощування картоплі: оптимізація водного режиму, удосконалення системи живлення, оптимізація технології вирощування, фітосанітарний контроль. Також зазначено на вдосконаленні умов зберігання картоплі в умовах приватного фермерства для зменшення втрат шляхом: оптимізації традиційних методів зберігання, застосування інноваційних технологій, зберігання з використанням сучасних технологій.

Перспективи подальших досліджень передбачається розглянути перспективність вирощування пізньостиглих і середньостиглих сортів картоплі за удосконаленою агротехнікою та технологією зберігання.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Aksoy, E., Demirel, U., Bakhsh, A., Zia, M. A. B., Naeem, M., Saeed, F., Çalışkan, S., & Çalışkan, M. E. (2021). Recent Advances in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops*, 409–487. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66965-2_10
2. Erokhin, V., Diao, L., Gao, T., Andrei, J.-V., Ivolga, A., & Zong, Y. (2021). The supply of calories, proteins, and fats in low-income countries: a four-decade retrospective study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (14), 7356. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147356>
3. Chen, X., Jiao, J., Zhuang, P., Wu, F., Mao, L., Zhang, Yi., & Zhang, Y. (2021). Current intake levels of potatoes and all-cause mortality in China: a population-based nationwide study. *Nutrition*, 81, 110902. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110902>
4. Komlaga, G. A., Odoro, I., Ellis, W. O., & Dziedzoave, N. T. (2021). Effect of harvest age of cassava roots and sweet potato tubers on alcohol yield. *African Journal of Food Science*, 15 (4), 169–176. <https://doi.org/10.5897/AJFS2021.2077>
5. Barabolia, O. V., & Prudkyi, T. A. (2023). Pravylnе zberihannia kartopli – zaporuka zberezhennia urozhaiu. *Urozhainist ta yakist produktii roslinnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia, prysviachena 90-richchii z dnia narodzhennia profesora H. P. Zhemely: Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
6. Kupriianova, T. M. (2019). Kontrol khvorob kartopli pid chas zberihannia. *Ahronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/kontrol-hvorob-kartopli-pid-chas-zberihannia/> [in Ukrainian]
7. Prysiashniuk, L., Sonets, T., Shytikova, Y., Melnyk, S., Dikhtiar, I., Mazhuha, K., & Sorochinsky, B. (2023). The environmental and genetic factors affect the productivity and quality of potato cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture*, 110 (4), 319–328. <https://doi.org/10.13080/z-a.2023.110.036>
8. Khorramifar, A., Rasekh, M., Karami, H., Lozano, J., Gancarz, M., Łazuka, E., & Łagód, G. (2023). Determining the shelf life and quality changes of potatoes (*Solanum tuberosum*) during storage using electronic nose and machine learning. *PLoS One*, 18 (4), e0284612. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284612>
9. Barabolia, O. V., Vakuliuk, D. S., & Prudkyi, T. A. (2021). The influence of potato variety peculiarities on tubers' and storage qualities. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 120–125. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.15>
10. Puzik, L. M., Kuts, O. V., Bondarenko, V. A., & Shcherbyna, S. O. (2022). *Tovaroznavstvo plodoovochevoi produktii: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: DBTU, IOB NAAN. [in Ukrainian]
11. Lu, P., Li, X., Janaswamy, S., Chen, L., Wu, Y., & Liang, Y. (2019). Insights on the structure and digestibility of sweet potato starch: Effect of postharvest storage of sweet potato roots. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.151>
12. Kovalenko, O., Kovbasa, V., Batrachenko, O., & Kupriianova, T. (2015). Zmina redukuichykh tsukriv kartopli pry ryznykh umovakh yii zberihannia. *Naukovi zdobutky molodi – vyryshenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti: 81 Mizhnarodna naukova konferentsiia molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv*. Kyiv: NUKhT, Ch. 1. [in Ukrainian]
13. How to influence potato quality. YARA. Retrieved from: <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/potato/influencing-potato-quality/>
14. Eltawil, M. A., Samuel, D. V. K., & Singhal, O. P. (2006). Potato storage technology and store design aspects. *Agricultural Engineering International*, 11 (VIII). Retrieved from: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/698/692>
15. Vyshnevska, O. (2021). The main parameters of the technology for saving potatoes are constantly changing. *Potato Growing*. Retrieved from: <https://www.pro-of.com.ua/myavam-2/>
16. Barabolia, O. V., & Prudkyi, T. A. (2022). Zberihannia kartopli – tekhnolohii, umovy ta sekrety. *Urozhainist ta yakist produktii roslinnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia, prysviachena pamiati profesora H. P. Zhemely: Vseukrainska naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
17. Sakaliene, O., Koskinen, W. C., Blazauskiene, G., & Petroviene, I. (2009). Level and fate of chlorpropham in potatoes during storage and processing. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 44 (1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/03601230802519470>
18. Commission implementing regulation (EU) 2019/989. (2019). Concerning the non-renewal of approval of the active substance chlorpropham, in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, and amending the Annex to Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011. *Official Journal of the European Union*, L 160, 11–13. Retrieved from: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/989/oj

19. Paul, V., Ezekiel, R., & Pandey, R. (2016). Sprout suppression on potato: Need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. *Journal of Food Science & Technology*, 53, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1980-3>
20. Vijay, P., Ezekiel, R., & Pandey, R. (2018). Use of CIPC as a potato sprout suppressant: Health and environmental concerns and future options. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10, 17–24. <https://doi.org/10.3920/QAS2017.1088>
21. Visse-Mansiaux, M., Tallant, M., Brostaux, Y., Delaplace, P., Vanderschuren, H., & Dupuis, B. (2021). Assessment of pre- and post-harvest anti-sprouting treatments to replace CIPC for potato storage. *Postharvest Biology and Technology*, 178, 111540. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111540>
22. Al-Mughrabi, K. I. (2007). Effect of Treatment of Potatoes in Storage and Pre-Planting with Hydrogen Peroxide (H₂O₂) on Emergence and Yield. *Journal of Plant Sciences*, 2 (6), 613–618. <https://doi.org/10.3923/jps.2007.613.618>
23. Voss, R. E., Baghott, K. G., & Timm, H. *Proper environment for potato storage*. The University of California: Vegetable Research and Information Center. Retrieved from: https://vric.ucdavis.edu/pdf/potatoes/potato_storage.pdf.
24. DSTU 9221:2023. *Kartoplia prodovolcha. Tekhnichni umovy*. Chynnyi vid 2023–06–01. (2023). Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian]
25. Kalenska, S. M., Knap, N. V., & Fedosii, I. O. (2017). *Kartoplia: biolohiia ta tekhnolohiia vyroshchuvannia : monohrafiia*. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD» [in Ukrainian]
26. Li, Q., Li, H., Zhang, L., Zhang, S., & Chen, Y. (2018). Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 221, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.017>
27. Ternova, Ye. V. (2018). *Vykorystannia hidroheliu. Ovochi ta Fruky*. Retrieved from: <https://www.pro-of.com.ua/vikorystannia-gidrogeliv/> [in Ukrainian]
28. Khovzun, R. V. (2024). Influence of biostimulants on potato development. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 57 (3), 92–98. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.3.12>
29. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2023). *Biolohichna aktyvnist huminovykh rehovyn: vzaïmozv'язok struktura – biolohichna aktyvnist. Ahrarna osvita i nauka: dosiahnennia ta perspektyvy rozvytku: IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia prysviachena vydatnym vchenym Vasylkivskomu S. P. i Molotskomu M. Ya. Bila Tserkva: BNAU* [in Ukrainian]
30. Mazur, O., Mazur, O., Lotka, H., & Mironova, G. (2021). Optimization of technological techniques of potato growing under the organic-mineral system fertilization under climate change. *Agriculture and Forestry*, 2, 120–128. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-2-10>
31. Kilonzi, J., Nyongesa, M. W., Amata, R. L., Pwaipwai, P., Githui, D., Omondi, S., Lusike, W., Kirugua, V., & Joseph, M. J. (2024). Combined effects of fungicides formulations and potato varieties on late blight management, yield and net farm income in Kenya. *European Journal of Plant Pathology*, 169 (2). <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02862-9>
32. Metz, N., & Hausladen, H. (2022). *Trichoderma* spp. as potential biological control agent against *Alternaria solani* in potato. *Biological Control*, 166, 10482. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.10482>
33. Lan, Q., Liu, Y., Mu, R., Wang, X., Zhou, Q., Islam, R., Su, X., & Tian, Y. (2024). Biological control effect of antagonistic bacteria on potato black scurf disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Agronomy*, 14 (2), 351. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020351>
34. Solomiychuk, M., & Pikovskyi, M. (2024). Efficiency of systems of biological protection of potatoes against diseases. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*, 70, 317–330. <https://doi.org/10.36495/phss.2024.70.317-330>
35. Knowles, N. R., Knowles, L. O., & Haines, M. M. (2005). 1,4-Dimethylnaphthalene treatment of seed potatoes affects tuber size distribution. *American Journal of Potato Research*, 82 (3), 179–190. <https://doi.org/10.1007/BF02853583>
36. Hoffmann, T., Maly, P., & Fürll, Ch. (2007). Ventilation of Potatoes in storage Boxes. *Agricultural Engineering International*, IX. Retrieved from: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/857/851>
37. Liu, Q., Zhang, R., Xue, H., Bi, Y., Li, L., Zhang, Q., Kouasseu, C. J., Nan, M., & Prusky, D. (2022). Ozone controls potato dry rot development and diacetoxyscirpenol accumulation by targeting the cell membrane and affecting the growth of *Fusarium sulphureus*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 118, 101785. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2021.101785>
38. Jakubowski, T. (2018). Use of UV-C radiation for reducing storage losses of potato tubers. *Bangladesh Journal of Botany*, 47 (3), 533–537. <https://doi.org/10.3329/bjb.v47i3.38722>

ORCID

O. Barabolia 

T. Prudkyi 

<https://orcid.org/0000-0002-5563-8445>

<https://orcid.org/0009-0009-3389-6564>



2025 Barabolia O. and Prudkyi T. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Comparative characteristics of morphometric indicators of quarantine species of the genus *Cuscuta* (*Cuscuta* L.) growing in Ukraine

N. Kovalenko | G. Pospelova✉ | V. Samorodov | S. Pospelov | V. Onipko

Article info

Correspondence Author
G. Pospelova
E-mail:
ganna.pospelova@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Kovalenko, N., Pospelova, G., Samorodov, V., Pospelov, S., & Onipko, V. (2025). Comparative characteristics of morphometric indicators of quarantine species of the genus *Cuscuta* (*Cuscuta* L.) growing in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 13–17. doi: 10.31210/spi2025.28.02.02

A review is devoted to the comparative characteristics of the morphometric and biological features of doddlers in Ukraine based on a scientific source base. The systematic position of the common quarantine parasitic plants of the genus *Cuscuta* L. (dodder), commonly found in Ukraine, is presented. A morphometric analysis of 15 species is provided, highlighting differences in stem diameter, length, and color, features of the flower structure, types of inflorescences, and fruit shape. The literature data indicate a high degree of similarity among *Cuscuta* species prevalent in our country, which significantly complicates their identification in natural environments and agroecosystems, and is insufficient for clear and, more importantly, unmistakable identification by professionals in applied branches of the agricultural industry. Knowledge of the biological characteristics of *Cuscuta* species is important for understanding their spread and high naturalization potential. Currently, this information is quite fragmented and insufficiently studied. Information is presented regarding the most studied species, namely: *C. campestris* Yunc., *C. trifolii* Bab., *C. europaea* L., *C. epilinum* Weihe, *C. Lemniana* Bge., *C. lupuliformis* Krock. and *C. epithymum* L. An important factor in the formation of the infectious background in agroecosystems and natural environments is the seed viability period. It has been established that the longest period of preservation of its viability is observed in *C. trifolii* Bab. (10–12 years); up to 6 years in *C. campestris* Yunc., *C. europaea* L., and *C. Lemniana* Bge. The shortest viability period is up to one year (in the soil) in *C. epilinum* Weihe. However, there are reports about the possibility of preserving seed viability for up to 25–30 years under conditions unfavorable for its germination. In our opinion, this is due to such a phenomenon as "hardseededness". The formation of the seed bank in the soil is also influenced by the fertility of the species. Among the *Cuscuta* species growing in Ukraine, this indicator has been established only for seven species: *C. campestris* Yunc., *C. trifolii* Bab., *C. europaea* L., *C. epilinum* Weihe, *C. Lemniana* Bge., *C. lupuliformis* Krock., and *C. epithymum* L. The largest number of seeds per plant is produced by *C. Lemniana* Bge. (up to 100,000) and *C. campestris* Yunc. (up to 114,000). The period of emergence of seedlings has been found to be March–May. It depends on the soil temperature and the depth of seed placement. It has been determined that at a soil temperature of 16–25 °C, mass seed germination occurs in May–June. The flowering period is extended and lasts from June to August.

Keywords: species of genus *Cuscuta* L., quarantine weeds, parasitic plants, morphometric characteristics, apomixes, polyploidy.

Порівняльна характеристика морфометричних показників зростаючих в Україні карантинних видів роду Повитиця (*Cuscuta* L.)

Н. П. Коваленко | Г. Д. Поспелова | В. М. Самородов | С. В. Поспелов | В. В. Оніпко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Проведений огляд присвячений порівняльній характеристиці морфометричних і біологічних особливостей повитиць України на основі наукової джерельної бази. Представлено систематичне положення поширених в Україні карантинних рослин-паразитів роду Повитиця (*Cuscuta* L.). Для 15 видів наведено аналіз морфометричних показників, відмічено їх відмінності за діаметром, довжиною і кількістю стебел, особливостями будови квітки, типами суцвіть та формою плоду. Дані літератури вказують на значну подібність поширених в нашій країні повитиць, що утруднює їх визначення в природних умовах та агроценозах і є недостатнім для чіткої, а головне – безпомилкової їх ідентифікації надто працівниками прикладних галузей АПК. Важливим в питаннях поширення повитиць і їх високої натуралізації є знання біологічних особливостей видів. Нині ці відомості досить фрагментарні і вивчені недостатньо. Представлено інформацію, що стосується найбільш досліджених видів, а саме: *C. campestris* Yunc., *C. trifolii* Bab., *C. europaea* L., *C. epilinum* Weihe, *C. Lemniana* Bge., *C. lupuliformis* Krock. та *C. epithymum* L. Важливим показником формування інфекційного фону в агроценозах та природному середовищі є період зберігання схожості насіння. Встановлено, що найбільший термін збереження його життєздатності притаманний *C. trifolii* Bab. (10–12 років), до 6 років – *C. campestris* Yunc., *C. europaea* L. та *C. Lemniana* Bge. Найменший період зберігання – до одного року (у ґрунті) в *C. epilinum* Weihe. Однак зустрічаються відомості про можливість збереження схожості насіння до 25–30 років за несприятливих для його проростання умов. На нашу думку це пов'язано із таким явищем як «твердонасінність». На формування банку діаспор даного роду у ґрунті впливає також плодючість його видів. Серед повитиць, що зростають в Україні, даний показник встановлено лише для семи видів: *C. campestris* Yunc., *C. trifolii* Bab., *C. europaea* L., *C. epilinum* Weihe, *C. Lemniana* Bge., *C. lupuliformis* Krock. та *C. epithymum* L. Серед них найбільшу кількість насіння на одну рослину утворює *C. Lemniana* Bge. (до 100 000) та *C. campestris* Yunc. (до 114 000). З'ясовано період появи сходів – березень–травень. Він залежить від температури ґрунту і глибини залягання насіння. Визначено, що за температури ґрунту 16–25 °C масове проростання насіння відбувається у травні–червні. Період цвітіння розтягнутий і триває з червня по серпень.

Ключові слова: види роду *Cuscuta* L., карантинні бур'яни, рослини-паразити, морфометричні показники, апоміксис, поліплоїдія.

Бібліографічний опис для цитування: Коваленко Н. П., Поспелова Г. Д., Самородов В. М., Поспелов С. В., Оніпко В. В. Порівняльна характеристика морфометричних показників зростаючих в Україні карантинних видів роду Повитиця (*Cuscuta* L.). *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 13–17.

Багатовікова практика землеробства свідчить про постійний характер всезростаючої шкоди від бур'янів, особливо при послабленні уваги до систематичних заходів щодо їх знищення та обмеження поширення [5, 12, 13, 34]. Особливу групу при цьому представляють паразитичні рослини, проте біологія їх вивчена недостатньо. У багатьох країнах світу карантинними бур'янами, що становлять величезну потенційну небезпеку для культурних рослин, є повитиці, які походять із тропічної Америки та Африки [20].

Рід Повитиця (*Cuscuta* L.) об'єднує однорічні рослини, що паразитують на трав'янистих рослинах, чагарниках та деревах. Назва *Cuscuta* походить від арабського слова «*kechot*», що означає «пов'язувати, пришивати» і повною мірою характеризує основну властивість цих облігатних паразитів [14, 26–28]. Тому не дивно, що вони занесені до першого класу всесвітнього переліку злісних карантинних бур'янів [35]. Повитиці є чинниками біологічного забруднення довкілля України. Крім того вони відносяться до отруйних рослин, адже містять алкалоїд кускутин та глюкозид конвольвулін [11, 23, 26, 27].

Раніше виділяли окрему родину Повитицеві (*Cuscutaceae*), до якої відноситься монотипний рід Повитиця. Згідно даних представлених у роботах вітчизняних та іноземних науковців кінця XX та початку XXI ст. він налічував 170 видів поширених по всій Земній кулі переважно у тропічних і помірних широтах (крім Антарктиди, а також деяких островів Океанії) [22, 29, 31].

Відповідно до сучасних джерел із карантинних видів рослин у світовій флорі налічується 274 види повитиць, поширених у 165 країнах. З них 15 видів зустрічаються в Україні. Усі вони включені до «Переліку регульованих шкідливих організмів» [24].

Згідно сучасним дослідженням більш коректним є віднесення цього роду до триби Повитицеві родини Березкові (*Convolvulaceae*) [29].

За морфологічними та біологічними особливостями повитиці поділяються на три підроди: *Grammica* (Lour.) Engelm., *Monogyna* Engelm., *Cuscuta* L.

Підрід *Grammica* – складна у систематичному відношенні група роду *Cuscuta*, що за даними Stefanovic S. становить приблизно три чверті видового різноманіття роду [29]. Підрід обмежено поширений на Американському континенті і, як виняток, в Азії, Африці, Австралії та на островах Тихого океану, в тому числі Тасманії [18].

Підрід *Monogyna* Engelm. представлений 12 видами, поширеними переважно у країнах Європи. Для Північної Америки наводиться тільки *C. exaltata* Engelm. (*Monogynella exaltata* (Engelm.) Hadac and Chrtek), що має диз'юнктивний ареал у південній частині Сполучених Штатів – у Флориді та Техасі [6, 9, 18].

Підрід *Cuscuta* L. представлений понад 30 аборигенними видами, поширеними на території Європи [6, 18, 21]. Інформації щодо систематичного положення (віднесення до конкретного підроду) переважної більшості визначених на території України видів повитиці не достатньо.

Повитиці – надземні паразити, у яких відсутні корені та листки; стебло гладке нитковидне або

шнуроподібне, здатне до галузнення, з ледь помітними залишками листків у вигляді лусок. Колір найчастіше жовтуватий або червонуватий. За товщиною стебла види повитиць поділяють на 2 групи: товстостебельні (товщина стебла 2–4 мм), що паразитують на чагарникових і деревних рослинах, та тонкостебельні (товщина стебла 0,2–1,0 мм), надають перевагу трав'янистим рослинам [4, 30].

У період цвітіння стебло повитиць густо вкривається численними дрібними квітками, сидячими або на коротких квітконіжках з подвійною оцвітиною білого, рожевуватого чи зеленуватого кольору. Квітки зібрані у суцвіття різних типів.

Плід коробочка з чотирма, рідше двома або однією кулястою, овальною або злегка подовженою (іноді неправильної форми) насінинами; з внутрішньої сторони вони кутасті, вкриті твердою комірчастою, виїмчасто-шорсткою оболонкою. Одна рослина повитиці залежно від виду може давати від 3 до 20 000 насінин за рік. Проте, згідно окремих даних, їх кількість становить понад 100 000 насінин, здатних зберігати схожість до 6 років [1–3].

Розвиток повитиці складається з трьох основних стадій: проростання насіння та поява сходів; автотрофна стадія проростка (за рахунок поживних речовин насіння); паразитна. Остання стадія є основною в онтогенезі і включає кілька фаз: утворення гаусторіїв і присмоктування до рослини-господаря; ріст і розвиток стебла; бутонізація; цвітіння; плодоношення. Початок кожної фази розвитку визначити важко [32, 33].

Види повитиць різняться між собою певними морфометричними ознаками, особливості яких для поширених в Україні представників роду Повитиця (*Cuscuta* L.) наведено в **таблиці 1**.

В Переліку регульованих шкідливих організмів повитиці включені в список А-2 Карантинні організми, обмежено поширені в Україні як рід *Cuscuta* spp. Однак, вітчизняні систематики рослин нині не вважають самостійними видами такі повитиці, як: Лемана, південну, викову та бесарабську, натомість використовують назви видів: п. Цезаті, п. мала, п. плоскоквіткова [7, 21].

Аналізуючи дані **таблиці 1**, бачимо, що серед описаних видів лише два – п. звичайна та п. хмелеподібна – мають товсте стебло, тоді як у всіх інших воно тонке. Переважна більшість характеризується здатністю стебла до галузнення, за винятком повитиці льонової. За довжиною стебла повитиці можна умовно поділити на три групи: з коротким стеблом (20–50 см) – *C. gronovii* Willd. ex Schult., *C. basarabica* Buia. та *C. suaveolens* Ser.; зі стеблом середньої довжини (50–100 см) – *C. trifolii* Bab., *C. approximata* Babiingt. та *C. australis* R. Br.; довгостеблові (понад 100 см) – *C. campestris* Yunc., *C. europaea* L., *C. lupuliformis* Krock, *C. monogyna* Vahl., *C. alba* J. et C. Presl., *C. epithymum* (L.), *C. viciae* Schultz та *C. epilinum* Weihe.

Проведений аналіз морфометричних показників видів повитиць поширених в Україні показав їх відмінність за типами суцвіть. Найчастіше зустрічаються види з головчастими (*C. europaea* L., *C. gronovii* Willd. ex Schult., *C. australis* R. Br., *C. epithymum* L.),

китицеподібними (*C. Lemanniana* Bge., *C. lupuliformis* Krock., *C. basarabica* Buia., *C. suaveolens* Ser.) та шаровидними (*C. trifolii* Bab., *C. epilinum* Weihe, *C. alba* J. et C. Presl., *C. viciae* Schultz) суцвіттями.

Для всіх видів роду повитиць України характерним є плід коробочка, проте спостерігається варіювання її форми і будови, при цьому переважає куляста.

Таблиця 1

Морфометричні показники видів роду Повитиця (*Cuscuta* L.) поширених в Україні

Стебло	Квітка	Суцвіття	Плід
Повитиця польова (<i>Cuscuta campestris</i> Yunc.)			
Ниткоподібне, розгалужене, жовте, або рожевувато-жовте, блискуче; діаметр до 0,8 мм; довжина до 1,5 м	Віночок зеленувато-білий, дзвоникovidний, 5-роздільний; лопаті його загострені, відігнуті	Квітки зібрані пучками по 4–9 шт.	Двогнізда коробочка
Повитиця конюшинна (<i>Cuscuta trifolii</i> Bab.)			
Тонке, ниткоподібне, дуже розгалужене, рожевувате; довжина 50–100 см	Віночок рожевий, зрідка білий; чашечка коротша за трубочку віночка; квітконіжки дуже короткі; сильний аромат, який нагадує аромат гречки.	Нещільні шаровидні, до 1 см в діаметрі	Двогнізда коробочка
Повитиця європейська, або звичайна (<i>Cuscuta europaea</i> L.)			
Товсте, розгалужене, червонувате; діаметр до 2,5 мм; довжина 50–150 см	Віночок рожевий, великий (1–3 мм); лопаті тупі, трохи коротші за трубочку; луски в трубці віночка ледь бахромчасті; чашечка з тупими долями; квітки майже сидячі; має приємний медовий аромат	Щільні головчасті	Яйцекуле-подібна коробочка
Повитиця льонова (<i>Cuscuta epilinum</i> Weihe)			
Тонке, не гіллясте, зеленувато-жовте; діаметр до 1,5 мм; довжина 50–120 см	Віночок жовтувато-білий (1–3 мм), з трикутними, гоструватими, відігнутими лопатями, вдвічі коротший за трубочку; трубочка віночка глечикоподібно здуті; луски з багатьма бахромками, дрібні, притиснуті; сидячі	7–12 квіткові щільні шаровидні	Коробочка
Повитиця Лемана (<i>Cuscuta Lemniana</i> Bge.)			
Шнурovidне, розгалужене, червонувате або жовте з червоними горбиками; довжина 28–35 см	Червоні або рожеві, м'ясисті	Китиці (3–23 квітки), довжиною 6–7 мм	Коробочка овальна із залишками віночка на верхівці
Повитиця хмелеподібна (<i>Cuscuta lupuliformis</i> Krock.)			
Товсте (до 3 мм) шнуроподібне, розгалужене, вкрите темно-червоними горбиками; довжина 100–200 см	Віночок рожевий; частини подовжені, цілокраї; трубка віночка вдвічі довша за чашечку; на коротких квітконіжках	Коротка китиця	Яйцевидно-конічна коробочка, що розкривається впоперек
Повитиця Гронова або американська (<i>Cuscuta gronovii</i> Willd.ex Schult.)			
Оранжево-жовте; довжина 10–30 см	Віночок зеленувато-білий; трубка віночка майже вдвічі перевищує чашечку; лопаті віночка відігнуті назовні, тупі, яйцевидно-трикутні; квітконіжки помітні	Головчасті пучечки	Коробочка
Повитиця одностовпчикова (<i>Cuscuta monogyna</i> Vahl.)			
Червонувате або білувате, шнурovidне, 100–250 см завдовжки	Віночок блідо-рожевий; частини його тупуваті, по краях трохи зубчасті; трубка віночка майже з чашечкою	Нещільні колосоподібні	Яйцевидна тупа коробочка
Повитиця біла (<i>Cuscuta alba</i> J. et C. Presl.)			
Жовтувате або червонувате, довжиною 50–200 см	Віночок білий, глечикоподібний, до 1,5 мм, децю перевищує чашечку; лопаті віночка на верхівці з роговидними виростами; сидячі	Майже шаровидні, малоквіткові	Куляста коробочка
Повитиця зближена (<i>Cuscuta approximata</i> Babingt.)			
Червоне, тонке, волосоподібне, довжиною 50–100 см	Віночок блідо-рожевий, майже білий; луски в зіві віночка, на верхівці з помітною виїмкою, відігнуті всередину, закривають вхід в трубку віночка; сидячі	Щільні клубочковидні	Куляста коробочка
Повитиця південна (<i>Cuscuta australis</i> R. Br.)			
Жовтувате, розгалужене, довжиною 30–80 см	Віночок блідо-жовтий, дзвоникоподібний; квітконіжки дуже короткі потовщені	Щільні головчасті 4–5 квіткові	Кулеподібно-здавлена коробочка
Повитиця чебрецева (<i>Cuscuta epithymum</i> L.)			
Червонувате, розгалужене, довжиною 30–120 см	Віночок рожево-білий; чашечка майже рівна з віночком; луски видовжені, з довгими бахромками, закривають вхід в трубку віночка; майже сидячі	Щільні головки	Куляста коробочка
Повитиця викова (<i>Cuscuta viciae</i> Schultz)			
Тонке, нитковидне, довжиною 50–100 см	Віночок восково-жовтий; луски з рясними довгими притиснутими бахромками; квітконіжки короткі	Густі шаровидні	Коробочка
Повитиця бесарабська (<i>Cuscuta basarabica</i> Buia.)			
Жовте, цегляне, іноді жовто-зелене, нитковидне; діаметр до 0,8 мм; довжина 20–50 см	Віночок жовтуватий; лопаті ланцето-яйцевидні, на верхівці загострені, загнуті всередину; на коротких квітконіжках (1,5–2 мм)	Китиці (4–9 квіток)	Куляста коробочка
Повитиця запашна (<i>Cuscuta suaveolens</i> Ser.)			
Розгалужене, червонувате; довжина 10–30 см	Віночок білуватий, 3,5–5 мм довжиною, трубка віночка в 3 рази довша за чашечку; лопаті загнуті всередину; луски яйцевидні, з довгими бахромками	Пухке китицевидне	Коробочка

Джерело: [1, 10, 15, 19, 25, 34].

Отримані дані свідчать про значну подібність поширених в нашій країні видів Повитиці, що значно утруднює їх визначення в природних умовах та агро-

ценозах. Тому в доступних авторам джерелах інформація з цього питання є недостатньою для чіткої ідентифікації видів. За даними іноземних дослідників існує

думка про наявність перехідних форм, що також не дає змоги диференціювати деякі види зазначеного роду.

Розділяючи цю думку, пов'язуємо її із наявністю у роді Повитиця (*Cuscuta* L.) досить великого і збалансованого поліплоїдного ряду: $2n=14$ (число видів 4), 28 (3), 30 (4), 32 (1), 42 (1), 56 (3), 60 (2). Як видно із наведених даних, велика кількість повитиць може легко схрещуватись між собою. І дійсно, у флорі України чітко виражені як консервативні, так і лабільні види повитиць [14]. Ось чому нагальним питанням є проведення їх каріосистематичної ревізії. Крім цього, хотіли би висловити думку проті, що скоріш за все родовий комплекс повитиць нашої країни являє собою сукупність видів і форм, яким

притаманний не лише амфіміксис, але й апоміксис. Адже відомо, що поліплоїдні види мають схильність до гаметофітних форм [8]. Принагідно зазначимо, що для *Cuscuta reflexa* Roxb раніше був описаний апоміксис у формі апоспорової апогаметії. При цьому зародок утворюється із диплоїдної синергиди або антиподи без запліднення і буде диплоїдним [8].

Важливим в питаннях поширення карантинних бур'янів є знання їх біологічних особливостей. Нині ці відомості досить фрагментарні і вивчені недостатньо. Саме тому в **таблиці 2** наведено інформацію, що стосується найбільш досліджених видів: *C. campestris* Yunc., *C. trifolii* Bab., *C. europaea* L. *C. epilinum* Weihe, *C. Lemniana* Bge.

Таблиця 2

Насіннєва продуктивність та біологічні особливості найбільш поширених в Україні видів повитиць (*Cuscuta* L.)

Назва виду	Маса 1000 насінин, г	В 1 кг насіння, шт	Насіннєва продуктивність, шт/рослину	Насіння не втрачає схожості, років
Повитиця польова (<i>C. campestris</i> Yunc.)	1,0–1,3	800 000	10 000–15 000	3–6
Повитиця конюшинова (<i>C. trifolii</i> Bab.)	0,3–0,4	3 000 000	2 500–25 000	10–12
Повитиця європейська (<i>Cuscuta europaea</i> L.)	0,5–0,6	1 800 000	2 500–9 000	до 6
Повитиця льонова* (<i>C. epilinum</i> Weihe)	0,5–1,0	9 000 000	3 000–3 800	до 1**
Повитиця хмелеподібна (<i>C. lupuliformis</i> Krock.)	6,0–8,0	140 000	9 000–11 000	4–5
Повитиця Лемана (<i>C. Lemniana</i> Bge.)	7,0–10,5	125 000–130 000	8 000–100 000	3–6
Повитиця чебрецева (<i>C. epithymum</i> L.)	0,2–0,3	1 000 000	2 500–3 000	4–5

Примітки: * – показники звичайного, а не подвійного насіння; ** – схожість поза ґрунтом, у ньому вона майже не зберігається.

Джерело: [1, 10, 15, 19, 25, 34].

Звернута увага на період зберігання схожості насіння оскільки даний показник визначає інфекційний фон виду в агроценозах чи природному середовищі. За даними таблиці найбільший період зберігання життєздатності насіння притаманний *C. trifolii* Bab. (10–12 років), до 6 років – *C. campestris* Yunc., *C. europaea* L. та *C. Lemniana* Bge. Найменший період зберігання (до одного року) у *C. epilinum* Weihe. Однак зустрічаються відомості про можливість збереження схожості насіння до 25–30 років за несприятливих для проростання умов. Скоріш за все це пов'язано із таким явищем, як «твердонасінність», що не є типовим для повитиць.

Наявна інформація в наукових джерелах щодо плодючості представників роду стосується лише представлених 7 видів (**таблиця 2**), найвищий показник серед яких у *C. Lemniana* Bge. та *C. campestris* Yunc.

Значного відхилення в періодах появи сходів і цвітіння у описаних видів не спостерігається. За більшістю джерел сходи з'являються у березні-травні, проте зустрічаються відомості щодо масового проростання насіння у травні-червні за температури ґрунту 16–25 °C, а при 10–12 °C – схожість насіння різко зменшується. Мінімальна температура проростання – 5–7 °C, за таких умов процес може тривати до кінця липня. Період цвітіння розтягнутий і продовжується з червня по серпень [14, 17, 21].

Висновки

Мета проведеного огляду полягала у максимально повній порівняльній характеристиці морфометричних і біологічних особливостей повитиць України на

основі наукової джерельної бази. Проведений аналіз морфометричних і біологічних характеристик свідчить про значні труднощі у диференціації видів повитиць у природному середовищі, що пов'язано як з варіабельністю ознак, так і з наявністю перехідних форм. Ускладнює ситуацію й недостатня кількість достовірних систематичних даних щодо частини видів, поширених в Україні. Особливу загрозу становлять види з високою плодючістю та тривалим періодом збереження життєздатності насіння. Наразі актуальним є удосконалення методик ідентифікації видів повитиць, а також посилення заходів контролю та обмеження їх поширення.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження мають бути спрямовані на морфометричну стандартизацію, уточнення екологічних умов проростання насіння та адаптивних особливостей повитиць, що дозволить покращити ефективність карантинного моніторингу та агротехнічного контролю.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Bashynska, O. (2021). Povytytsia polova – karantynna roslyna parazyt. *Agroexpert*, 6, 56–59. [in Ukrainian]
2. Borona, V. P., Karasevych, V. V., Solonenko, V. M., & Shkatula, Yu. M. (2006). Sposib kontroliu povytytsi polovoi. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 56, 54–59. [in Ukrainian]

3. Borzykh, O. I. (2012). Fitocanitarna bezpeka Ukrainy. *Zakhyst i Karantyn Roslyn*, 58, 3–8. [in Ukrainian]
4. Borzykh, O. I. (2014). Karantynni buriany v Ukraini. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 8, 11–14. [in Ukrainian]
5. Burdulanyuk, A. O., Tatarynova, V. I., Rozhkova, T. O., Yemets, O. M., & Demenko, V. M. (2021). Phytosanitary risk of spread and reproduction of quarantine organisms, control of their number in the conditions of the Sumy region of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 43 (1), 3–9. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.1.1>
6. Chrték, J., & Osbornová, J. (1991). Notes on the synanthropic plants of Egypt 3. *Grammica campestris* and other species of family Cuscutaceae. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 26 (3), 287–314. <https://doi.org/10.1007/bf02912750>
7. Costea, M., & Tardif, F. J. (2006). The biology of Canadian weeds. *Cuscuta campestris* Yuncker, *C. gronovii* Willd. ex Schult., *C. umbrosa* Beyr. ex Hook., *C. epithymum* (L.) L. and *C. epilinum* Weihe. *Canadian Journal of Plant Science*, 86 (1), 293–316. <https://doi.org/10.4141/p04-077>
8. Davis, G. L. (1966). *Systematic embryology of the angiosperms*. New York, London, Sydney
9. García, M. A., Costea, M., Kuzmina, M., & Stefanović, S. (2014). Phylogeny, character evolution, and biogeography of *Cuscuta* (dodders; Convolvulaceae) inferred from coding plastid and nuclear sequences. *American Journal of Botany*, 101 (4), 670–690. <https://doi.org/10.3732/ajb.1300449>
10. Havryliuk, Yu. V. (2016). Prysnist burianiv rodu *Cuscuta* v kulturtitsenozakh Luhanskoi oblasti. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 11, 54–56. [in Ukrainian]
11. Hibberd, J. M., Bungard, R. A., Press, M. C., Jeschke, W. D., Scholes, J. D., & Quick, W. P. (1998). Localization of photosynthetic metabolism in the parasitic angiosperm *Cuscuta reflexa*. *Planta*, 205 (4), 506–513. <https://doi.org/10.1007/s004250050349>
12. Kosolap, M. P., Bondarchuk, I. L., & Storchous, I. M. (2004). Povytytsia polova (*Cuscuta campestris* Yuncker (1932). *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 1, 15–17. [in Ukrainian]
13. Kosolap, M. P. (2004). *Herbolohiia. Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian]
14. Kovalenko, N. P., & Sherstiuk, O. L. (2024). Povytytsia polova yak ob'iekt karantynnoho rezhymu. *Suchasni aspekty i tekhnologii u zakhysti roslin : materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, prysviachena 100-richchiu z dnia narodzhennia akademika Susidka Petra Ivanovycha* (Poltava, 21 cherv. 2024 r.). (P. 50–53). Poltava : PDAU [in Ukrainian]
15. Krasnylenko, Yu. A., Horiunova, I. I., Plokhovska, S. H., Borova, M. M., & Pushkarova, N. O. (2019). Distribution range of parasitic plants from *Cuscuta* L. and *Orobancha* L. genera in Ukraine. *Faktori Eksperimental'noi Evolucii Organizmiv*, 25, 60–66. <https://doi.org/10.7124/feco.v25.1140>
16. Lysheide, O. B. (1985). Morphological and anatomical features of *Cuscuta pedicellata* and *C. campestris*. *Nordic Journal of Botany*, 5 (1), 65–77. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1985.tb02074.x>
17. Mala, L. V. (2008). Fitosanitarnyi ryzyk ekspansii adventywnykh обмежено poshyrenykh vydiv burianiv. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 5, 18–20. [in Ukrainian]
18. McNeal, J. R., Arumugunathan, K., Kuehl, J. V., Boore, J. L., & dePamphilis, C. W. (2007). Systematics and plastid genome evolution of the cryptically photosynthetic parasitic plant genus *Cuscuta* (Convolvulaceae). *BMC Biology*, 5 (1). <https://doi.org/10.1186/1741-7007-5-55>
19. Melnik, R. (2009). An Annotated list of the alien plants of urban flora of Mykolayiv. *Chornomorski Botanical Journal*, 5 (2), 147–162. Retrieved from: <https://cbj.kspu.edu/index.php/cbj/article/view/625>
20. Zaroug, M. S., Zahran, E. A. B., Abbasher, A. A., & Aliem, E. A. A. (2014). Host range of field dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker) and its impact on onion (*Allium cepa* L.) cultivars grown in Gezira state Sudan. *International Journal of AgriScience*, 4 (7), 356–361.
21. Mosyakin, S. L., & Fedorochuk, M. M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kiev: M. G. Kholodny Institute of botany, National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian]
22. Polovynchuk, O., & Kalatur, K. (2014). Povytytsia – bronzovyi pryzer karantynnoho reytynhu. *Propozystiia*, 12, 94–97. [in Ukrainian]
23. Press, M. C., Scholes, J. D., & Watling, J. R. (1999). *Parasitic plants: physiological and ecological interactions with their hosts. Physiological plant ecology*. Blackwell Science, Oxford, UK.
24. Pro zatverdzhennia Pereliku reholovanykh shkidlyvykh orhanizmiv: nakaz vid 29.11.2016 № 716. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1300-06#Text> [in Ukrainian]
25. Pylypenko, L. A. (2016). Analiz fitocanitarnoho ryzyku reholovanykh shkidlyvykh orhanizmiv, vidsutnykh v Ukraini. Kyiv: Koloobih [in Ukrainian]
26. Sarić-Krsmanović, M., Dragumilo, A., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, L., Šantrić, L., & Đurović-Pejčev, R. (2020). Infestation of field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) promotes changes in host dry weight and essential oil production in two aromatic plants, peppermint and chamomile. *Plants*, 9 (10), 1286. <https://doi.org/10.3390/plants9101286>
27. Sarić-Krsmanovic, M. M., Bozic, D. M., Radivojevic, L. M., Umiljendic, J. S. G., & Vrbicanin, S. P. (2017). Effect of *Cuscuta campestris* parasitism on the physiological and anatomical changes in untreated and herbicide-treated sugar beet. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 52 (11), 812–816. <https://doi.org/10.1080/03601234.2017.1356167>
28. Sarić-Krsmanovic, M., Bozic, D., Radivojevic, L., Gajić Umiljendic, J., & Vrbicanin, S. (2019). Response of alfalfa and sugar beet to field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) parasitism: a physiological and anatomical approach. *Canadian Journal of Plant Science*, 99 (2), 199–209. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0050>
29. Stefanović, S., Kuzmina, M., & Costea, M. (2007). Delimitation of major lineages within *Cuscuta* subgenus *Grammica* (Convolvulaceae) using plastid and nuclear DNA sequences. *American Journal of Botany*, 94 (4), 568–589. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.4.568>
30. Tóth, P., Tancik, J., & Cagan, L. (2006). Distribution and harmfulness of field dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker) at sugar beet fields in Slovakia. *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*, 110, 179–185. <https://doi.org/10.2298/zmspn0610179t>
31. Welsh, M., Stefanović, S., & Costea, M. (2010). Pollen evolution and its taxonomic significance in *Cuscuta* (dodders, Convolvulaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 285 (1–2), 83–101. <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0259-4>
32. Wright, M. A. R., Ianni, M. D., & Costea, M. (2011). Diversity and evolution of pollen-ovule production in *Cuscuta* (dodders, Convolvulaceae) in relation to floral morphology. *Plant Systematics and Evolution*, 298 (2), 369–389. <https://doi.org/10.1007/s00606-011-0550-z>
33. Yoshida, S., Cui, S., Ichihashi, Y., & Shirasu, K. (2016). The haustorium, a specialized invasive organ in parasitic plants. *Annual Review of Plant Biology*, 67 (1), 643–667. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043015-111702>
34. Zuza, V. S. (2022). *Herbolohiia*. Kharkiv [in Ukrainian]
35. *Weed seeds order* (2016). Canada, Ottawa: The Ministry of Agriculture and Agri-Food. Retrieved from: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2016-93/index.html>

ORCID

- | | | |
|--------------|---|---|
| N. Kovalenko |  | https://orcid.org/0000-0001-5998-1745 |
| G. Pospelova |  | https://orcid.org/0000-0002-8030-1166 |
| V. Samorodov |  | https://orcid.org/0000-0001-7088-6212 |
| S. Pospelov |  | https://orcid.org/0000-0003-0433-2996 |
| V. Onipko |  | https://orcid.org/0000-0002-2260-971X |



2025 Kovalenko N. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The peculiarities of segetal vegetation control on hemp (*Cannabis sativa* L.) sown areas

M. Marenych✉ | O. Ovsianyk

Article info

Correspondence Author

M. Marenych

E-mail:

mykola.marenych@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda St., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Marenych, M., & Ovsianyk, O. (2025). The peculiarities of segetal vegetation control on hemp (*Cannabis sativa* L.) sown areas. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 18–22. doi: 10.31210/spi2025.28.02.03

Modern data prove the necessity of thorough control of segetal vegetation on hemp sown areas. There are also apprehensions that the application of herbicides may have the after-effect on the next crop in the rotation or even on hemp. The materials for the research were Hliana, Hlesia, and Sofia varieties of Ukrainian selection. The rates of herbicides' application were studied: of Gesagard (prometryn, 500 g/l), Stomp (pendimethalin, 330 g/l), Zenkor (metribuzin, 600 g/l). The conducted researches showed that white goosefoot (*Chenopodium album*) is the dominating species of segetal vegetation on hemp sown areas, and the amount of white goosefoot reached several hundred on control variants, where herbicides' protection was not used. The application of Gesagard at a rate of 1.5 l/ha reduced the number of segetal vegetation by 39 %, of Stomp and Zenkor – by 48 and 63 %, respectively. The further increase of herbicides' rates caused further reduction of weeds' amount by 73, 78, and 81 %, respectively. The maximal application rates enabled to diminish the number of weeds by 81–91 %. However, the inhibiting action of herbicides on hemp plants was observed. This effect was observed somehow differently depending on the conditions of the cultivation year, but it was statistically significant. The application of even minimal rates led to the decrease of plant height, which is known to be an important economically valuable indicator of hemp. On the average, during the two years of studies, the plant height of this crop diminished by 16 cm under Gesagard effect, and under the effect of Stomp and Zenkor – by 36 %, which corresponds to the results obtained by other researchers. The study results prove that despite the developed habitus, hems need the development of protection system against weeds, the main component of which is white goosefoot. It is also necessary to pay attention to the choice of herbicides, as they may have phyto-toxicity for the crop. In particular, it was found that metribuzin and pendimethalin can cause burns and growth retardation of hemp plants. Moreover, the negative impact on the plants grew together with the increase of the herbicide's application rate.

Keywords: hemp, variety, weeds, herbicides, application rates.

Особливості контролю сегетальної рослинності в посівах конопель посівних (*Cannabis sativa* L.)

М. М. Маренич | О. О. Овсяник

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Сучасні дані свідчать про необхідність ретельного контролю за сегетальною рослинністю в посівах конопель посівних. Разом з тим існують побоювання, що застосування гербіцидів може мати післядію для наступної культури в сівозміні або, навіть, на самі коноплі. Матеріалом для досліджень стали сорти конопель посівних української селекції Гляня, Глесья та Софія. Досліджувалися норми внесення гербіцидів: Гезагارد (прометрин, 500 г/л), Стомп (пендиметалін, 330 г/л), Зенкор (метрибузин, 600 г/л). Проведені дослідження показали, що домінуючим видом сегетальної рослинності в посівах конопель є лобода біла (*Chenopodium album*), кількість рослин якої сягала декількох сотень на контрольних варіантах, де не використовувалася гербіцидний захист. Застосування Гезагарду в нормі 1,5 л/га зменшило кількість сегетальної рослинності на 39 %, а Стомпу і Зенкора – відповідно на 48 і 63 %. Подальше збільшення норм гербіцидів спричинило відповідне зменшення кількості бур'янів на 73, 78 і 81 %. Максимальні норми застосування дали змогу зменшити кількість бур'янів на 81–91 %. Разом з тим спостерігалася пригнічуюча дія гербіцидів на рослини самих конопель. Цей ефект спостерігався дещо по-різному залежно від умов року вирощування, однак він був статистично достовірним. Використання навіть мінімальних норм призводило до зменшення висоти рослин, яка як відомо, є важливим господарсько-цінним показником конопель посівних. В середньому, за роки досліджень, висота рослин культури під дією Гезагарду зменшилася на 16 см, а під дією Стомпа й Зенкора – на 36 см, що корелює з результатами, які були отримані іншими дослідниками. Результати досліджень доводять, що не зважаючи на розвинений габітус, коноплі посівні потребують розробки системи захисту від бур'янів, основним компонентом яких була лобода біла (*Chenopodium album*). Необхідно також звертати увагу на підбір гербіцидів, оскільки вони можуть мати фітотоксичність і для культури. Зокрема встановлено, що метрибузин і пендаметалін можуть викликати опіки та відставання в рості рослин конопель, при цьому негативна дія на культурні рослини зростала разом зі збільшенням норми внесення гербіциду.

Ключові слова: коноплі посівні, сорт, бур'яни, гербіциди, норми внесення, висота рослин.

Бібліографічний опис для цитування: Маренич М. М., Овсяник О. О. Особливості контролю сегетальної рослинності в посівах конопель посівних (*Cannabis sativa* L.). *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 18–22.

Вступ

Коноплі посівні переживають друге відродження в галузі рослинництва в усьому світі й Україні зокрема. За тривалий період фактичної заборони на вирощування зросла актуальність створення нових сортів, розробки актуальних технологій вирощування відповідно до цільового використання. В цьому контексті треба сказати про багатогранність використання конопель, адже це цінна технічна, харчова і лікарська культура.

Завдяки своєму габітусу коноплі посівні вважаються стійкою до бур'янів культурою [1, 2], однак сучасні дані свідчать про необхідність ретельного контролю за сегетальною рослинністю й це можливе завдяки різним агротехнічним операціям. Зокрема ефективним способом боротьби з бур'янами є правильний підбір норми висіву – збільшення густоти стояння конопель з 100 до 200 рослин/м² призводило до зменшення кількості бур'янів з 23,2 до 6,5 г/м². В разі розміщення 300 чи 400 рослин маса бур'янів зменшувалася до 1,5 г/см² [3].

Одним з атрибутів сучасних технологій вирощування є, безперечно, інтенсивне застосування добрив. Однак при цьому слід зауважувати, що удобрення культури неодмінно підвищує і конкурентоздатність бур'янів [4]. Таким чином існує ризик втрати врожайності культури, однак, як зазначають вчені, відомостей про таке в наукових публікаціях майже немає [5, 6]. В зв'язку з цим постає необхідність застосування захисту посівів за допомогою гербіцидів [7].

Разом з тим існують побоювання, що застосування гербіцидів може мати післядію для наступної культури в сівозміні або, навіть, на самі коноплі, тому необхідно розробляти ефективні стратегії захисту – підбір препаратів, визначення норм і строків застосування [8–10]. Зокрема встановлено, що використання досходових гербіцидів спричиняє сповільнення росту рослин конопель посівних. Рослини потім відновлювали свій ріст, але як виявилось, коноплі дуже чутливі до хімічних препаратів [11–13].

В дослідженнях Wright-Smith H. E., Coolong T. W., Culperperger A. S. та ін. встановлено, що пошкодження рослин конопель може досягати 12 % в разі використання препаратів, які містять флуміоксазин, фомесафен, ацетохлор, норфлуразон, пендиметалін. Застосування гербіцидів на основі дитіопіра, галосульфурона, ізоксабена та ізоксафлутолу може викликати пошкодження у половини рослин. Бентазон має фітотоксичність на рівні майже 76 %, що проявляється у зменшенні висоти й діаметру стебла, урожайності та виходу волокна [14–15].

Наявність неконтрольованої сегетальної рослинності може становити серйозну проблему для отримання належної врожайності конопель. Застосування добрив призводило до збільшення кількості бур'янів на 56–79 % [16], а також встановлена сильна зворотна залежність між кількістю бур'янів у агроценозі та врожайністю стебел – $r = -0,85$ [17, 18].

Забур'яненість посівів може мати ще й інший

бік проблеми – поширення специфічних хвороб, зокрема плямистості листків, викликаной *Drechslera gigantea* [19, 20].

Аналіз літературних джерел свідчить про значний брак теоретичних знань й практичного досвіду стосовно захисту посівів конопель від сегетальної рослинності. Враховуючи значення цієї культури для людини в різних аспектах її діяльності та зростання важливості для економіки України, слід розробити ефективні технології контролю бур'янів у її агроценозах.

Мета дослідження

Мета досліджень – встановити ефективність застосування норм гербіцидів для контролю за сегетальною рослинністю й визначити її вплив на врожайність насіння та соломи.

Завдання досліджень: визначити видовий склад сегетальної рослинності, кількість і вагу вегетативної маси бур'янів і конопель посівних на одиниці площі; висоти рослин конопель посівних залежно від діючої речовини та норми внесення гербіцидів.

Матеріали і методи

Матеріалом для досліджень стали сорти конопель посівних української селекції Гляна, Глесія та Софія, придатні для подвійного використання – вирощування на волокно та насіння. Досліди проводились в умовах ТОВ Олишівка, що знаходиться в с. Олишівка Олишівської ОТГ Чернігівського району Чернігівської області. Найпоширенішими ґрунтами в господарстві є дерново-підзолисті ґрунти та сірі лісові, темно-сірі і чорноземи опідзолені. Вміст гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах становив 1,16 до 1,78 %, $pH_{\text{сол}}=5,2-5,4$. Забезпеченість рухомими формами фосфору – підвищена (121 мг/кг ґрунту), обмінним калієм – середня (118 мг/кг ґрунту), легкогідролізованим азотом – низька (52 мг/кг ґрунту). Досліджувалися норми внесення гербіцидів: Гезагارد (прометрин, 500 г/л), Стомп (пендиметалін, 330 г/л), Зенкор (метрибузин, 600 г/л). Повторність досліду – трикратна, розміщення варіантів у ньому – рандомізоване.

Результати та їх обговорення

Проведені дослідження показали, що домінуючим видом сегетальної рослинності в посівах конопель є лобода біла (*Chenopodium album*), кількість рослин якої сягала декількох сотень на контрольних варіантах, де не використовувався гербіцидний захист. Таких бур'янів як гірчак жорсткий (*Persicaria lapathifolia* L.), смілка широколиста (*Silene latifolia* Poir.), фіалка польова (*Viola arvensis*), суріпиця звичайна (*Barbarea vulgaris* R. Br.) налічували одиничні рослини або ж траплялися скупчення на окремих ділянках досліду, що не мало ознак якоїсь закономірності (*табл. 1*).

Таблиця 1

Видовий склад бур'янів у посівах, шт/м² (2023–2024 рр.)

Сорт	Лобода біла	Гірчак шореткий	Смілка широколиста	Фіалка польова	Суріпиця	Загальна кількість
Гляна	99,9	1,9	1,8	2,3	1,9	107,7
Глесія	81,4	3,4	2,7	2,6	2,1	92,2
Софія	83,9	3,2	3,2	3,5	3,1	96,8
Середнє	88,4	2,8	2,6	2,8	2,4	98,9

Застосування гербіцидів проявило істотну дію на кількість бур'янів у посівах. Навіть застосування найменших рекомендованих норм спричинило значне скорочення числа бур'янів (рис. 1). Застосування Гезагарду в нормі 1,5 л/га зменшило кількість сегетальної рослинності на 39 %, а Стомпу і Зенкора – відповідно на 48 і 63 %.

Подальше збільшення норм гербіцидів спричинило подальше зменшення кількості бур'янів відповідно на 73, 78 і 81 %. Максимальні норми застосування дали змогу зменшити кількість бур'янів на 81–91 %.

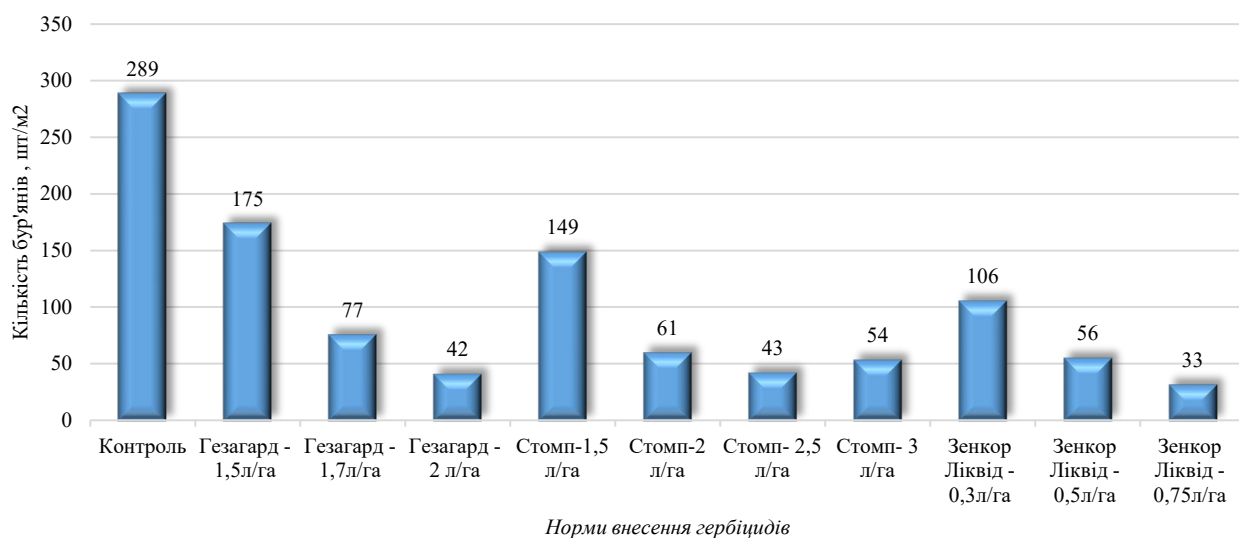


Рис. 1. Вплив норм внесення гербіцидів на кількість сегетальних рослин (2023–2024 рр.).

Таким же був і вплив гербіцидів на вагу вегетативної частини бур'янів (рис. 2). Застосування мінімальних норм гербіцидів викликало зменшення

цього показника на 46–51 %, а максимальних – на 64–73 %. Таким чином використання гербіцидів значно зменшило кількість і вагу сегетальної рослинності.

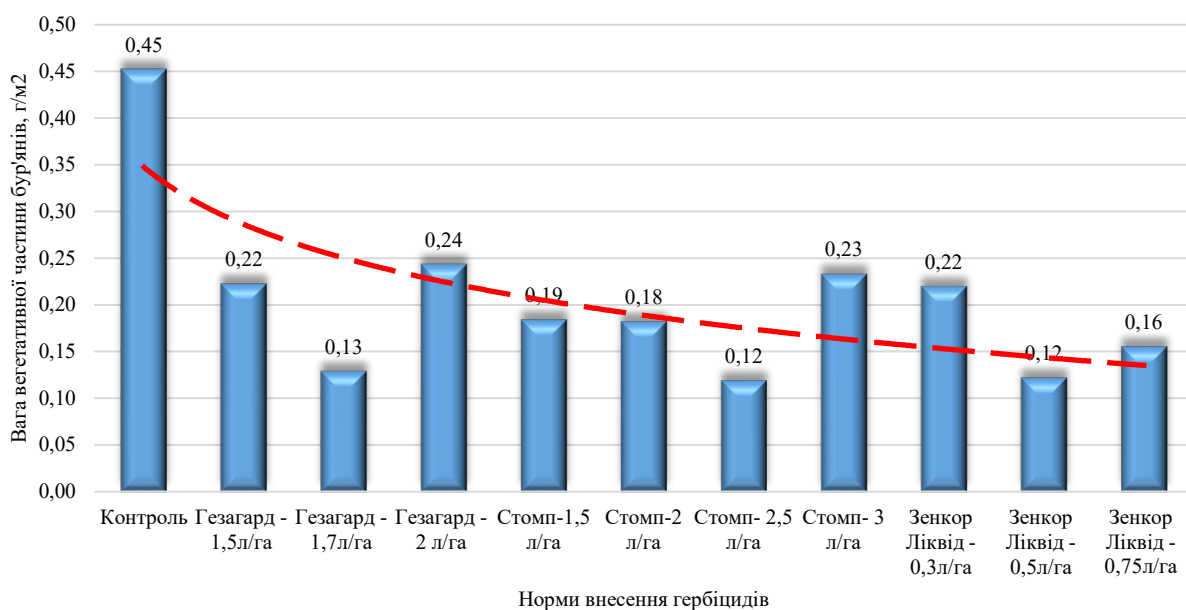


Рис. 2. Вплив норм внесення гербіцидів на масу вегетативної частини сегетальних рослин (2023–2024 рр.)

Разом з тим спостерігалась пригнічуюча дія гербіцидів на рослини самих конопель (*табл. 2*). Цей ефект спостерігався дещо по-різному залежно від умов року вирощування, однак він був статистично достовірним. Використання навіть мінімальних норм призводило до зменшення висоти рослин, яка як відомо, є важливим господарсько-цінним показником конопель посівних. В середньому, за два роки досліджень, висота рослин культури під дією Гезагарду зменшилася на 16 см, а під дією Стомпа й Зенкора – на 36 см, що корелює з результатами, які були отримані Wright-Smith H. E., Coolong T. W., Culpepper A. S. та ін. [14].

При цьому на варіантах, де застосовувався Стомп, рослини конопель не мали видимих уражень. В нормі застосування 2–3 л/га спостерігалось випадання рослин конопель за їхньої висоти 25–35 см. Виявлено також, що значно слабшим був розвиток бічних коренів. На варіантах з використанням Зенкору ліквід також спостерігалось ураження рослин конопель – вони мали затримку в сходах та хлоротичне забарвлення, яке втім зникало в період появи трьох–чотирьох пар листків, після чого утворювалися здорові листкові пластинки (*рис. 3*).



Рис. 3. Опіки рослин конопель на момент сходів і їхній стан після четвертої пари листків

Таблиця 2

Вплив норм гербіцидів на висоту рослин конопель посівних

Варіант дослідю	Висота рослин культури, см		
	2023 рік	2024 рік	середнє
Контроль	130	141	135
Гезагард (1,5 л/га)	122	127	124
Гезагард (1,7 л/га)	128	121	125
Гезагард (2 л/га)	119	120	119
Стомп (1,5 л/га)	131	129	130
Стомп (2 л/га)	124	132	128
Стомп (2,5 л/га)	124	127	126
Стомп (3 л/га)	75	123	99
Зенкор Ліквід (0,3 л/га)	119	119	119
Зенкор Ліквід (0,5 л/га)	116	114	115
Зенкор Ліквід (0,75 л/га)	103	94	99
НІР ₀₅	16,0	11,0	-

Найкращий розвиток мали рослини конопель на контрольному варіанті – що видно з лівого знімку *рисунку 4*, однак при цьому спостерігалась сильна засміченість лободою білою. Як видно з зображення, *посіви*, які оброблялися метрибузином, мали дещо меншу висоту рослин культури.



Рис. 4. Дія метрибузину й засміченість лободою білою на контрольному варіанті

Висновки

Результати досліджень доводять, що не зважаючи на розвинений габітус, коноплі посівні потребують розробки системи захисту від бур'янів, основним компонентом яких є лобода біла. Необхідно також звертати увагу на підбір гербіцидів, оскільки вони можуть мати фітотоксичність і для культури. Зокрема встановлено, що метрибузин і пендаметалін здатні викликати опіки та відставання в рості рослин конопель, при цьому негативна дія на культурні рослини зростає разом зі збільшенням норми внесення гербіциду. Зменшення висоти рослин конопель при цьому може досягати 16–36 см. Втім, захист посівів від сеgetальної рослинності є обов'язковим, оскільки дає змогу зменшувати кількість конкуруючої рослинності на 81–91 %.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Mishchenko, S. V., Marchenko, T. Yu., & Rachytska, Ye. V. (2022). Potenciální možnosti vyrošchuvannia promyslovych konopel v zoni nedostatnoho zvolozhennia v umovakh klimatichnykh zmin. *Aktualni problemy roslinnystva v umovakh zmin klimatu: materialy mizhnarodnoi naukovoï internet-konferentsii molodykh uchennykh (26-27 zhovtnia 2022 r.)*. (P. 71–74). Kharkiv: Instytut roslinnystva imeni V. Ya. Yurievua NAAN [in Ukrainian]
2. Sieracka, D., Frankowski, J., Waclawek, S., & Czekala, W. (2023). Hemp Biomass as a Raw Material for Sustainable Development. *Applied Sciences*, 13 (17), 9733. <https://doi.org/10.3390/app13179733>
3. Bhattarai, J. H., Surya P., & Midmore, D. J. (2014). Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fibre yield in the subtropics. *Renewable Bioresources*, 2 (1), 1. <https://doi.org/10.7243/2052-6237-2-1>
4. Pagnani, G., Pellegrini, M., Galieni, A., D'Egidio, S., Matteucci, F., Ricci, A., Stagnari, F., Sergi, M., Lo Sterzo, C., Pisante, M., & Del Gallo, M. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in *Cannabis sativa* 'Finola' cultivation: An alternative fertilization strategy to improve plant growth and quality characteristics. *Industrial Crops and Products*, 123, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.033>
5. Sandler, L. N., & Gibson, K. A. (2019). A call for weed research in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Weed Research*, 59 (4), 255–259. <https://doi.org/10.1111/wre.12368>
6. Jankauskienė, Z., Gruzdevienė, E., & Lazauskas, S. (2014). Sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa* L.) pluoštinių genotipų piktžolių stelbimo potencialas. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101 (3), 265–270. <https://doi.org/10.13080/z-a.2014.101.034>
7. Ambroziak, K., Kozera, W., Ambroziak, K., & Wenda-Piesik, A. (2023). Regulating the plant density influences to the weed infestation, productivity and chemical composition of seeds of true hemp *Cannabis sativa* L. *Journal of Elementology*, 3/2023. <https://doi.org/10.5601/jelem.2023.28.3.2425>
8. Zaric, M., Canella Vieira, B., Houston, B., Sousa Alves, G., Wortman, S. E., Peterson, J., & Kruger, G. R. (2024). Industrial hemp biomass negatively affected by herbicide drift from corn and soybean herbicides. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-78209-5>
9. Singh, G., Slonecki, T., Wadl, P., Flessner, M., Sosnoskie, L., Hatterman-Valenti, H., Gage, K., & Cutulle, M. (2024). Implementing digital multispectral 3D scanning technology for rapid assessment of hemp (*Cannabis sativa* L.) weed competitive traits. *Remote Sensing*, 16 (13), 2375. <https://doi.org/10.3390/rs16132375>
10. Shikanai, A., & Gage, K. L. (2022). Allelopathic potential of hemp: implications for integrated weed management. *Frontiers in Agronomy*, 4. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.832471>
11. Ortmeier-Clarke, H. J., Oliveira, M. C., Arneson, N. J., Conley, S. P., & Werle, R. (2022). Dose–response screening of industrial hemp to herbicides commonly used in corn and soybean. *Weed Technology*, 36 (2), 245–252. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.105>
12. Gitsopoulos, T., Tsaliki, E., Korres, N. E., Georgoulas, I., Panoras, I., Botsoglou, D., Vazanelli, E., Fifi, K., & Zisis, K. (2024). Response of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) to herbicides and weed control. *International Journal of Plant Biology*, 15 (2), 281–292. <https://doi.org/10.3390/ijpb15020024>
13. Vijaya Kumar, I. M. K., Mazhar, M. S., & Nawaz, S. (2024). Potential of establishing industrial hemp value chains in Northern Australia. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 24 (S1), 17–22. <https://doi.org/10.56748/ejse.24539>
14. Wright-Smith, H. E., Coolong, T. W., Culpepper, A. S., Randell-Singleton, T. M., & Vance, J. C. (2024). Exploring chemical and cultural weed management for industrial hemp production in Georgia, USA. *Agrochemicals*, 3 (3), 219–231. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals3030015>
15. Kale, K., İşik, D., Kale, H., & Yilmaz, G. (2024). Effects of herbicidal treatments in "Finola" hemp variety (*Cannabis sativa* L.). *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, 77 (11). <https://doi.org/10.7546/crabs.2024.11.18>
16. Kousta, A., Papastilianou, P., Cneçova, N., Travlos, I., Kakabouki, I., & Bilalis, D. (2020). Effect of fertilization and weed management on weed flora of hemp crop. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 77 (2), 44–51. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2020.0013>
17. Pudelfko, K., Majchrzak, L., & Narożna, D. (2014). Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species. *Industrial Crops and Products*, 56, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.028>
18. Flajšman, M., & Kocjan Ačko, D. (2020). Influence of edaphoclimatic conditions on stem production and stem morphological characteristics of 10 European hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties. *Acta Agriculturae Slovenica*, 115 (2). <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.1528>
19. Szarka, D., Amsden, B., Beale, J., Dixon, E., Schardl, C. L., & Gauthier, N. (2020). First report of hemp leaf spot caused by a bipolaris species on hemp (*Cannabis sativa*) in Kentucky. *Plant Health Progress*, 21 (2), 82–84. <https://doi.org/10.1094/php-01-20-0004-br>
20. Doyle, V. P., Tonry, H. T., Amsden, B., Beale, J., Dixon, E., Li, H., Szarka, D., & Ward Gauthier, N. (2019). First report of *Cercospora* cf. *flagellaris* on industrial hemp (*Cannabis sativa*) in Kentucky. *Plant Disease*, 103 (7), 1784–1784. <https://doi.org/10.1094/pdis-01-19-0135-pdn>

ORCID

M. Marenych 
O. Ovsianyk 

<https://orcid.org/0000-0002-8903-3807>
<https://orcid.org/0009-0009-7476-1826>



2025 Marenych M. and Ovsianyk O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Effectiveness of corn pest control systems under the conditions of the Ukrainian Steppe

V. Matiukha¹ | O. Tsyliuryk² | S. Semenov¹✉

Article info

Correspondence Author
S. Semenov
E-mail:
semenmart@gmail.com

¹ State Institution Institute of Grain Crops of the NAAS of Ukraine,
Volodymyr Vernadsky Str.,
14, Dnipro, 49009, Ukraine

² Dnipro state agrarian and economic university,
Serhii Efremov Str., 25,
49009, Ukraine

Citation: Matiukha, V., Tsyliuryk, O., & Semenov, S. (2025). Effectiveness of corn pest control systems under the conditions of the Ukrainian Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 23–30. doi: 10.31210/spi2025.28.02.04

The article presents the results of long-term scientific research aimed at evaluating the effectiveness of various pest control systems for maize under the specific natural and climatic conditions of the Northern Steppe of Ukraine. It has been proven that one of the main limiting factors hindering the realization of maize's yield potential is the complex detrimental effect of phytophagous pests, which form a significant entomological complex within agroecosystems. Among the key pest species causing considerable damage to maize crops in the Steppe zone, the most widespread and dangerous were identified as wireworms (click beetle larvae), chafer beetles, the European corn borer, aphids, thrips, and the invasive quarantine pest – the Western corn rootworm. Within the framework of the experimental studies, a comparative assessment was conducted to determine the efficacy of a range of modern insecticidal formulations belonging to different chemical classes and exhibiting various modes of action. Specifically, insecticides based on thiamethoxam, imidacloprid, chlorantraniliprole, lambda-cyhalothrin, and alpha-cypermethrin were examined. It was found that the application of the systemic insecticide based on thiamethoxam at a rate of 0.35 L/ha resulted in a 72.3 % reduction in pest populations in maize fields compared to the untreated control. At the same time, the use of chlorantraniliprole at a rate of 0.15 L/ha reduced the number of phytophagous pests by 68.9 %, which also confirms the high efficacy of this product in suppressing harmful insect populations. The highest maize grain yield – 9.24 t/ha – was recorded in the variant where a combined insecticide containing imidacloprid and lambda-cyhalothrin was applied. Compared to the control variant without pest control measures, the yield increase amounted to 1.83 t/ha, representing an almost 25 % improvement. It is important to emphasize that the study results confirm the high effectiveness of an integrated maize protection system, which combines chemical, agrotechnical, and biological methods of influencing the entomocomplex. This approach significantly reduces the overall pesticide load on the agroecosystem while maintaining high crop productivity. The implementation of integrated protection strategies meets the current demands for ecological safety in agricultural production, ensures the economic viability of applied technologies, and allows for the adaptation of pest control systems to the regional climatic and biotic conditions.

Keywords: corn, insecticides, phytophagous pests, harmful insects, yield.

Ефективність системи захисту кукурудзи від шкідників в умовах степу України

В. Л. Матюха¹ | О. І. Циліурік² | С. С. Семенов¹

¹ Державна установа
Інститут зернових культур
НААН України,
м. Дніпро, Україна

² Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет,
м. Дніпро, Україна

У статті висвітлено результати багаторічних наукових досліджень, присвячених оцінці ефективності різних систем захисту кукурудзи від шкідливих організмів у специфічних природно-кліматичних умовах північного Степу України. Доведено, що одним із головних обмежувальних факторів, який стримує реалізацію потенційної врожайності кукурудзи, є комплексний негативний вплив фітофагів, які формують значний ентомокомплекс агроценозу. Серед основних видів шкідників, які завдають суттєвої шкоди посівам кукурудзи в умовах Степу, найпоширенішими та найнебезпечнішими визнано дрітників (личинки коваліка), хлібних жуків, стеблових метелика, попелиць, трипсів, а також небезпечного карантинного виду – західного кукурудзяного жука. У межах експериментальних досліджень проведено порівняльну оцінку ефективності використання низки сучасних інсектицидних препаратів, які належать до різних хімічних класів та мають різні механізми дії. Зокрема, було досліджено інсектициди на основі тіаметоксаму, імідаклоприду, хлорантраніліпролу, лямбда-цигалотрину та альфа-циперметрину. Встановлено, що застосування системного інсектициду на основі тіаметоксаму у нормі 0,35 л/га забезпечувало зменшення чисельності шкідників у посівах кукурудзи на 72,3 % у порівнянні з контролем без застосування захисних заходів. Водночас використання хлорантраніліпролу в нормі 0,15 л/га забезпечувало зниження чисельності фітофагів на 68,9 %, що також свідчить про високу ефективність цього препарату у стримуванні популяції шкідливих видів. Найвищу врожайність зерна кукурудзи – 9,24 т/га – було зафіксовано на варіанті із застосуванням комбінованого інсектициду, до складу якого входять імідаклоприд і лямбда-цигалотрин. У порівнянні з контрольним варіантом, де захист не здійснювався, урожайність зросла на 1,83 т/га, що становить приріст майже на 25 %. Важливо зазначити, що результати досліджень підтверджують високу ефективність інтегрованої системи захисту кукурудзи, яка поєднує хімічні, агротехнічні та біологічні методи впливу на ентомокомплекс. Такий підхід дозволяє суттєво знизити загальне пестицидне навантаження на агроєкосистему, водночас підтримуючи високу продуктивність культури. Упровадження інтегрованого захисту відповідає сучасним вимогам щодо екологічної безпеки агровиробництва, забезпечує економічну доцільність технологій і дозволяє адаптувати систему захисту до регіональних кліматичних та біотичних особливостей.

Ключові слова: кукурудза, інсектициди, фітофаги, шкідники, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Матюха В. Л., Циліурік О. І., Семенов С. С. Ефективність системи захисту кукурудзи від шкідників в умовах степу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 23–30.

Вступ

Кукурудза посідає провідне місце серед сільсько-господарських культур агропромислового комплексу України, формуючи вагомую частку у загальному зерновому балансі держави. У північному Степу ця культура виявляє високий рівень урожайного потенціалу, характеризується доброю адаптацією до умов обмеженого зволоження та має широкі перспективи використання як у кормовій, так і в продовольчій та енергетичній галузях. Проте значним стримувальним чинником, що обмежує ефективність її вирощування, залишається шкодочинна дія комплексу фітофагів [1–3].

Шкідливий ентомологічний комплекс кукурудзи охоплює групу фітофагів, які завдають суттєвої шкоди рослинам на всіх етапах онтогенезу – від проростання насіння до повного досягання зерна. Кліматичні умови північного Степу, що характеризуються підвищеними температурами повітря та періодичними проявами вологого дефіциту, створюють сприятливе середовище для активного розвитку та масового розмноження шкідників, що істотно підсилює їхній негативний вплив. У таких умовах шкодочинність ентомофауни перетворюється на один із ключових лімітуючих чинників, який обмежує реалізацію генетичного потенціалу урожайності кукурудзи та погіршує якісні характеристики одержаної продукції [4–6].

За таких умов виняткового значення набуває впровадження ефективних заходів контролю чисельності ентомофауни, зокрема шляхом застосування сучасних, екологічно безпечних засобів захисту рослин, що є передумовою стабільного підвищення урожайності кукурудзи та забезпечення екологічної стійкості агроєкосистем регіону [7–11]. У практиці вирощування кукурудзи на території Північного Степу України ефективними виявилися інсектициди системної та контактної-шлункової дії, зокрема препарати на основі тіаметоксаму, імідаклоприду, хлорантраніліпролу, лямбда-цигалотрину та альфа-циперметрину [12, 13]. Зазначені діючі речовини забезпечують широкий спектр контролю проти основних шкідників – дрітників, хлібних жуків, стеблових метеликів, попелиць, трипсів та кукурудзяного жука, при цьому відзначаються порівняно низьким токсикологічним навантаженням на агроєкосистему. Розробка інтегрованих систем захисту, що базуються на поєднанні агротехнічних, хімічних і біологічних методів, дозволяє не лише знижувати чисельність шкідливих організмів до економічно незначущого рівня, але й формувати більш стійкі, адаптовані до кліматичних змін системи ведення кукурудзівництва в умовах південної частини Лісостепу та північного Степу України [14–17].

Попри помітний науковий прогрес у дослідженні впливу окремих видів шкідників на польові культури, комплексне вивчення дії ентомологічного комплексу на кукурудзу в умовах північного Степу України залишається недостатньо повним і потребує подальшого глибокого аналізу. Особливої актуальності набуває дослідження взаємозалежностей між біологічними особливостями самої культури,

фітосанітарним станом посівів, системою агротехнічних прийомів та результативністю заходів захисту від шкідників. Вивчення механізмів формування урожайності кукурудзи за умов дії шкідливого ентомокомплексу має важливе значення для обґрунтування ефективних і науково вивірених технологічних рішень, спрямованих на підвищення стабільності та результативності її вирощування. Поширення ентомошкідників у посівах кукурудзи призводить не лише до суттєвих втрат урожаю та зниження якісних параметрів зерна, але й зумовлює зростання витрат на заходи захисту, що в цілому негативно впливає на економічну ефективність виробництва культури в регіоні [18, 19].

Комплексне дослідження впливу шкідливого ентомокомплексу відкриває можливість глибшого розуміння біоекологічних характеристик основних фітофагів, закономірностей їхньої чисельності, динаміки розвитку та чинників, що обумовлюють зростання шкодочинного потенціалу. Таке наукове підґрунтя є необхідною умовою для вдосконалення системи захисту кукурудзи, зокрема шляхом впровадження інтегрованих технологій, які поєднують агротехнічні, біологічні та хімічні методи з урахуванням екологічної безпеки, економічної доцільності та адаптації до регіональних кліматичних умов [20, 21].

Тобто, актуальність проведеного дослідження зумовлена необхідністю виявлення закономірностей росту та розвитку кукурудзи залежно від рівня шкодочинності ентомологічного комплексу, а також від впливу окремих елементів агротехніки, що застосовуються в умовах степової зони. Метою таких досліджень є мінімізація втрат урожайності зерна за рахунок оптимізації технологій вирощування та зниження пестицидного навантаження на агроєкосистему, що особливо важливо в контексті забезпечення екологічної рівноваги та підвищення стійкості агровиробництва [22–24].

Вирішення цієї проблеми полягає у підвищенні продуктивності кукурудзи шляхом впровадження в технологію їх вирощування сучасних безпечних і високоефективних пестицидів-протруйників та їх комбінацій, таких як Круїзер, Максим XL, Вермістим, а також їхніх сумішей (Максим XL + Вермістим, Круїзер + Максим XL + Вермістим). Додатково передбачено використання препаратів для обробки вегетуючих рослин, зокрема Карате Зеон, Вермістим та їхньої комбінації (Карате Зеон + Вермістим). Проте наявна інформація про ефективність різних інсектицидів у боротьбі зі шкідниками на посівах кукурудзи є обмеженою і часто має суперечливий характер.

Мета дослідження

Основною метою даної наукової роботи є встановити ефективність та удосконалити технологічні підходи до вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу України з метою підвищення її продуктивності, зокрема шляхом застосування сучасних, екологічно безпечних та високоефективних засобів захисту рослин. У процесі дослідження охарактеризовано дію низки інноваційних препаратів, основна увага

зосереджена на використанні інсектицидних протруйників насіння та їх комбінацій, серед яких: Круїзер, Максим XL, Вермістим, а також поєднання Максим XL + Вермістим та Круїзер + Максим XL + Вермістим. Окремим напрямком роботи є порівняння ефективності препаратів, призначених для обробки вегетуючих рослин у фазі розвитку культури, зокрема Карате Зеон, Вермістим, а також їх комбінації – Карате Зеон + Вермістим, з урахуванням показників збереження рослин, зниження чисельності шкідників та формування урожайності.

Завдання дослідження полягає в оцінюванні біологічної та економічної ефективності зазначених препаратів у системі захисту кукурудзи від основних шкідників, вивченні їхнього впливу на формування структурних елементів урожаю та кінцевого рівня врожайності, а також у визначенні найбільш доцільних і ефективних схем застосування відповідно до агрокліматичних умов північного Степу України.

Матеріали і методи

Експериментальна частина роботи виконувалась на базі дослідного господарства «Дніпро» ДУ Інститут зернових культур НААН України. Кукурудзу середньостиглого гібриду Моніка 350МВ розміщували після пшениці озимої. Після збирання попередника, здійснювали два дискування стерні на 10–12 см, а восени здійснювали оранку на глибину 23–25 см. Допосівна підготовка ґрунту включала ранньовесняне закриття вологи зубовими бородами та дві культивачі на 8–10 та передпосівну на 6–8 см. Під першу культивування вносили мінеральні добрива (нітроамофоска) розкидним способом з розрахунку $N_{30}P_{30}K_{30}$. Сівбу проводили сівалкою Great Plains 8R–3000 за норми висіву – 60 тис. зернин на 1 га. З метою знищення бур'янів застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес – 2,5 л/га, виконували також міжрядний обробіток. У 2019–2021 роках метеорологічні умови вегетаційного періоду кукурудзи в степовій зоні України були нестабільними, з коливаннями температури та опадів, що безпосередньо впливало на ріст і розвиток культури. Найвищу середню температуру (19,9 °C) зафіксовано у 2019 році, найнижчу (17,9 °C) – у 2021-му. Найсприятливішими для кукурудзи були червень–липень, коли відбувається активний ріст і формування зерна.

Кількість опадів коливалась від 177,9 мм у 2019 році (з повною відсутністю вологи в серпні) до 403,6 мм у 2021-му, що значно перевищувало норму. Основна частина опадів у врожайному 2021 році припала на червень – критичний період для водозабезпечення рослин.

Схема дослідів включала дослідження ефективності різних інсектицидів і регуляторів росту в посівах кукурудзи за трьома напрямками: передпосівна обробка насіння, обприскування вегетуючих рослин та їх поєднання. У варіантах передпосівної обробки застосовували як окремі препарати, так і їх комбінації. Зокрема, насіння обробляли інсектицидом Круїзер 350 FS у дозі 4 л/т, фунгіцидом Максим XL035 FS у дозі 5 л/т, біостимулятором росту Вермістим у дозі 6 л/т, а також комбінацією

Максим XL і Вермістиму та трикомпонентною сумішшю Круїзер, Максим XL і Вермістим (*табл. 1*).

Таблиця 1

Схема дослідів з вивчення ефективності інсектицидів і регуляторів росту в посівах кукурудзи

Тип обробітку кукурудзи	Препарати та їх дози
Передпосівна обробка насіння	Без обробки (контроль)
	Круїзер 350 FS (4 л/т)
	Максим XL035 FS (5 л/т)
	Вермістим (6 л/т)
	Максим XL035 FS (5 л/т) + Вермістим (6 л/т)
Обприскування посівів (без обробки насіння)	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га)
	Вермістим (10 л/га)
	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га) + Вермістим (10 л/га)
Обприскування посівів + обробка насіння	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га)
	Вермістим (10 л/га)
	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га) + Вермістим (10 л/га)

У другій частині досліджень передбачалося лише обприскування вегетуючих рослин без попередньої обробки насіння. Тут застосовували інсектицид Карате Зеон 050 CS у дозі 0,2 л/га, Вермістим у дозі 10 л/га, а також бакову суміш обох препаратів. У третій частині дослідів оцінювали поєднання передпосівної обробки насіння з подальшим обприскуванням у період вегетації. Контролем слугував варіант без обробітку препаратами. Площа облікової ділянки – 10 м², повторність – 4-х кратна.

Всі обліки і спостереження, зокрема ентомологічні дослідження чисельності (щільності), пошкодженості, поширеності шкідників проводилися у відповідності із сучасними методиками визначення в агрономії [25–26].

Технічну (біологічну) ефективність препаратів розраховували за формулою:

$$TE = \frac{100 \cdot (D - P)}{D}, \text{ де}$$

TE – технічна ефективність дії з поправкою на контроль, %;

D – чисельність шкідників у даному варіанті до обробки, особин/рослину;

P – чисельність шкідників у даному варіанті після обробки, особин/рослину.

Облік урожаю проводився шляхом виламування качанів вручну з усіх ділянок окремо, обрушення та зважування зерна. Урожай перераховували на 14 % вологість зерна [25–26].

Результати досліджень піддавалися обробці методами дисперсійного та статистичного аналізів за допомогою відповідних статистичних програм [25–26].

Результати та їх обговорення

Ґрунтові обстеження проведені перед сівбою кукурудзи показали, що чисельність шкідників протягом 2019–2021 років не перевищувала економічний поріг шкодочинності (ЕПШ), зокрема

для дрітників 1,0–2,7 особин/м², пластинчастовусих 0,5–1,2 особин/м². Найвні шкідники у ґрунті пошкоджували сходи кукурудзи, але із різною

інтенсивністю залежно від протруєння посівного матеріалу (*табл. 2*).

Таблиця 2

Пошкодженість рослин кукурудзи ґрунтовими шкідниками у період сходів залежно від протруєння насіння за 2019–2021 рр.

№ п/п	Варіанти передпосівної обробки насіння	Норма витрати препаратів	Пошкодженість, %			
			2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
1	Без обробки	–	18,8	23,8	12,7	18,4
2	Круїзер	7 л/т	8,0	10,3	6,4	8,2
3	Максим XL	1 л/т	14,3	18,9	8,5	13,9
4	Вермістим	6 л/т	17,4	21,2	13,2	17,3
5	Максим XL + Вермістим	1 л/т + 6 л/т	12,4	18,4	8,2	13,0
6	Круїзер + Максим XL + Вермістим	7 л/т + 1 л/т + 6 л/т	4,0	7,0	2,5	4,5
	НІР0,5, %		3,4	2,6	2,5	–

Контрольний варіант, де насіння не оброблялося, демонстрував найвищу середню пошкодженість – 18,4 %, що свідчить про значну загрозу з боку шкідників у разі відсутності захисних заходів.

Застосування інсектицидного протруйника Круїзер у нормі 7 л/т дало змогу істотно знизити пошкодженість до 8,2 %, що на 10,2 відсоткових пункти (в.п.) менше порівняно з контролем, або на 55,4 % у відносному вимірі. Обробка насіння препаратом Максим XL у дозі 1 л/т забезпечила зменшення пошкодженості до 13,9 %, що відповідає абсолютному зниженню на 4,5 в.п. та відносному – на 24,5 %. Досить незначним виявився ефект від застосування біологічного препарату Вермістим (6 л/т), який знизив пошкодженість лише до 17,3 %, що становить різницю з контролем у 1,1 в.п. (відсоткових пункти), або лише 6,0 % у відсотковому співвідношенні. Кращі результати були отримані при поєднанні Максим XL з Вермістимом, де рівень пошкодженості знизився до 13,0 %, тобто на 5,4 в.п. або 29,3 % менше, ніж без обробки.

Найефективнішим виявився варіант комплексного застосування трьох препаратів – Круїзер, Максим XL та Вермістим – у відповідних нормах 7 л/т, 1 л/т та 6 л/т. За цього варіанту середній рівень пошкодженості становив лише 4,5 %, що на 13,9 в.п. нижче за контрольний показник, або на 75,5 % менше у відносному вираженні. Такий результат свідчить про потужну синергічну дію препаратів при їх одночасному використанні.

Результати експериментів Рудської Н. О. [27] в умовах Лісостепу (Вінницький район) показали, що найбільшу технічну ефективність серед інсектицидних протруйників мали препарати Форс Зеа 280 FS (5,5 л/т) та Пончо 600 FS (2,5 л/т). Їх, ефективність проти личинок дрітників склала 82,2 і 81,8 %, а проти хрущів – 81,1 і 82,6 % відповідно. У контрольному варіанті щільність шкідників була майже у 4,5 рази вищою, а врожайність зберігалася на рівні лише 0,69–1,19 т/га.

Загибель проростків кукурудзи від пошкодження ґрунтовими шкідниками в період сходів є серйозною проблемою для агровиробників у Степу України. Ґрунтові шкідники, такі як дрітники, личинки

хрущів та інші види, активно пошкоджують насіння і молоді проростки, що призводить до значного зменшення густоти сходів та втрат урожайності.

Дослідження в умовах Степу України показали, що варіанти обробки насіння мають істотний вплив на рівень загибелі проростків. У контрольному варіанті, без застосування протруйників, загибель проростків була найвищою, що пояснюється відсутністю захисту і безпосереднім впливом шкідників на вразливі тканини рослин. Це призводило до значного прорідження посівів і нерівномірності сходів [23, 24].

Застосування інсектицидних препаратів, таких як Круїзер або "Максим XL, суттєво знижувало рівень загибелі проростків. Ці препарати забезпечували формування хімічного захисного шару навколо насіння, що пригнічував активність шкідників у зоні кореневої системи. Особливо ефективними були комбіновані схеми, які включали поєднання інсектицидів із біостимуляторами, такими як Вермістим. Ці комбінації не лише захищали насіння, але й стимулювали його енергію проростання, що сприяло формуванню більш дружних і сильних сходів [28–31].

Експерименти доводять, що передпосівна обробка насіння кукурудзи є ключовим заходом у системі захисту рослин від ґрунтових шкідників. Оптимальними є інтегровані підходи, що поєднують застосування інсектицидів і стимуляторів росту, оскільки вони дозволяють мінімізувати загибель проростків, зберегти густоту посівів та забезпечити високий потенціал урожайності кукурудзи в умовах Степу України [32, 33].

У результаті досліджень, проведених протягом 2019–2021 років, встановлено, що загибель проростків кукурудзи у фазі сходів значною мірою залежала від варіанту передпосівної обробки насіння. У контрольному варіанті, де насіння не протруювалося, середній рівень загибелі склав 9,2 %, що свідчить про суттєві втрати рослин внаслідок пошкодження ґрунтовими шкідниками. Аналогічний рівень загибелі – 9,2 % – зафіксовано і в разі застосування лише біологічного препарату Вермістим, що вказує на його низьку ефективність у захисті проростків від ґрунтових шкідників. (*табл. 3*).

Таблиця 3

Загибель проростків кукурудзи від пошкодження ґрунтовими шкідниками у період сходів залежно передпосівної обробки насіння за 2019–2021 рр.

№ п/п	Варіанти передпосівної обробки	Норма витрати препаратів	Загибель проростків, %				Ефективність, %
			2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	
1	Без обробки	–	7,8	11,6	8,1	9,2	–
2	Круїзер	7 л/т	3,2	3,4	2,7	3,1	66,0
3	Максим XL	1 л/т	5,7	6,6	3,5	5,3	36,1
4	Вермістим	6 л/т	8,8	11,0	7,7	9,2	–
5	Максим XL + Вермістим	1 л/т + 6 л/т	4,2	5,1	3,1	4,1	51,5
6	Круїзер + Максим XL + Вермістим	7 л/т + 1 л/т + 6 л/т	1,3	4,2	1,5	2,3	71,1
НІР _{0,5} , %			2,2	2,0	2,4	–	–

Натомість обробка насіння інсектицидом Круїзер у нормі 7 л/т дозволила знизити середній рівень загибелі до 3,1 %, що становить зменшення на 6,1 відсоткових пункти (в.п.) або 66,0 % у порівнянні з контролем. Препарат Максим XL, застосований окремо в дозі 1 л/т, забезпечив зменшення загибелі проростків до 5,3 %, що відповідає зниженню на 3,9 в.п. або 36,1 %. Комбіноване застосування Максим XL з Вермістим (1 л/т + 6 л/т) виявилось більш ефективним, дозволивши знизити загибель до 4,1 % (на 5,1 в.п. менше, ніж у контролі), що становило 51,5 % ефективності.

Найкращий результат отримано при сумісному застосуванні трьох препаратів – Круїзер, Максим XL і Вермістим – у відповідних нормах. У цьому випадку загибель проростків була найнижчою і становила в середньому лише 2,3 %. Це означає зменшення на 6,9 в.п. або 71,1 % порівняно з контролем. Такий результат підтверджує високу ефективність комплексного протруєння, що поєднує хімічні та біологічні засоби захисту.

Тобто, найнадійніший захист проростків кукурудзи від загибелі, зумовленої пошкодженням ґрунтовими шкідниками, забезпечується комбінованим протруєнням насіння із використанням

інсектицидів та стимуляторів росту, що в комплексі значно підвищує ефективність заходів захисту порівняно з одноосібним застосуванням окремих препаратів.

Упродовж 2019–2021 років було вивчено вплив передпосівної обробки насіння кукурудзи на пошкодженість рослин шведською мухою у фазі сходів. Найвищий рівень пошкодженості спостерігався у варіанті без обробки – в середньому 7,5 %, що є базовим показником для оцінки ефективності інших варіантів захисту. Серед окремих препаратів найкращий результат забезпечив інсектицид Круїзер у нормі 7 л/т: середня пошкодженість знизилася до 2,1 %, що на 5,4 відсоткових пункти менше, ніж у контролі, або на 73,4 % ефективніше. (табл. 4).

Застосування Максим XL у нормі 1 л/т та біопрепарату Вермістим у дозі 6 л/т дало однаковий середній рівень пошкодженості – 4,3 %, що на 3,2 в.п. нижче за контрольний показник, що відповідає ефективності 41,5 %. Це свідчить про помірну інсектицидну дію як хімічного препарату, так і біологічного засобу. Комбіноване використання Максим XL із Вермістим покращило результат: середній рівень пошкодженості знизився до 3,1 %, тобто на 4,4 в.п. менше порівняно з необробленим варіантом, що відповідає 57,4 % ефективності.

Таблиця 4

Пошкодженість рослин кукурудзи шведською мухою в період сходів залежно від передпосівного обробітку насіння за 2019–2021 рр.

№ п/п	Варіант передпосівного обробітку	Норма витрати препаратів	Пошкодженість рослин шведською мухою, %				Ефективність, %
			2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	
1	Без обробки	–	12,6	6,1	3,8	7,5	–
2	Круїзер	7 л/т	1,6	3,4	1,2	2,1	73,4
3	Максим XL	1 л/т	5,8	5,1	2,1	4,3	41,5
4	Вермістим	6 л/т	7,3	3,7	1,8	4,3	41,5
5	Максим XL + Вермістим	1 л/т + 6 л/т	4,2	3,7	1,3	3,1	57,4
6	Круїзер + Максим XL + Вермістим	7 л/т + 1 л/т + 6 л/т	2,7	2,8	0,8	2,1	70,2
НІР _{0,5} , %			1,7	1,1	0,8	–	–

Найвищий рівень захисту був досягнутий при комплексному використанні трьох препаратів – Круїзер, Максим XL і Вермістим. У цьому випадку середній показник пошкодженості становив лише 2,1 %, що на 5,4 в.п. нижче, ніж у контролі, і майже відповідав результату варіанту з одним лише Круїзером. Однак ефективність становила 70,2 %, тобто дещо нижча, ніж у варіанті з Круїзером окремо. Це може свідчити про те, що додавання інших препаратів не дало суттєвої синергії щодо контролю шведської мухи. Тобто, найбільш ефективним

способом захисту рослин кукурудзи від шведської мухи у період сходів було протруєння насіння інсектицидом Круїзер або його поєднання з Максим XL і Вермістим, що дозволяло суттєво зменшити пошкодження у порівнянні з необробленим насінням.

Згідно результатів випробування інсектицидів проти гусениць стеблових метелика та бавовникової совки на кукурудзі в умовах Лісостепу Рудської Н. О. [27] найвищі показники технічної ефективності мали препарати Кораген 20 к.с. (0,15 л/га) – 86,0 % та Ампліго 150 ЗС, ФК (0,2 л/га) –

80,5 %. Застосування зазначених засобів захисту сприяло підвищенню врожайності порівняно з контролем, а збережений урожай становив 0,23–0,32 т/га.

В наших дослідженнях пошкодженість рослин

кукурудзи стебловим метеликом у період сходів за 2019–2021 роки свідчить про помітні відмінності між варіантами. На контролі, де насіння не обробляли і не застосовували захист під час вегетації, середній рівень пошкодженості склав – 4,97 % (*табл. 5*).

Таблиця 5

Пошкодженість рослин кукурудзи стебловим метеликом у період сходів залежно від передпосівного обробітку насіння за 2019–2020 р., %

№ п/п	Варіант обробітку препаратами		Пошкоджено стебловим метеликом, %			
	передпосівний обробіток насіння	в період вегетації	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
1	Без обробки	—	6,3	3,6	5,0	4,97
2		Карате Зеон	1,9	0,5	1,2	1,20
3		Вермістим	3,8	1,2	2,5	2,50
4		Карате Зеон + Вермістим	1,8	0,0	0,9	0,90
5	Круїзер	—	5,6	1,0	3,3	3,30
6	Максим XL	—	5,9	1,5	3,7	3,70
7	Вермістим	—	6,2	1,5	3,9	3,85
8	Максим XL + Вермістим	—	5,8	0,9	3,4	3,35
9	Круїзер + Максим XL + Вермістим	—	5,3	0,9	3,1	3,10
10		Карате Зеон	1,7	0,5	1,1	1,10
11		Вермістим	4,7	0,9	2,8	2,80
12		Карате Зеон + Вермістим	1,4	0,4	0,9	0,90
НІР _{0,5} , %			1,3	1,1	1,5	—

Застосування препарату Карате Зеон у фазу вегетації (варіант 2) дало змогу знизити пошкодженість до 1,20 %, що на 3,77 % менше порівняно з контролем, або на 75,9 % у відносному вираженні. Подібний результат спостерігався і в іншому варіанті з Карате Зеон (варіант 10), де середній рівень ушкодження становив 1,10 %, що на 3,87 % або 77,9 % менше, ніж у контролі.

Застосування лише препарату Вермістим у вегетаційний період (варіант 3) дозволило зменшити пошкодженість до 2,50 %, тобто на 2,47 % у порівнянні з контролем, що становить 49,7 % зменшення. Варіант 11 з Вермістимом також продемонстрував зниження – до 2,80 %, що на 2,17 % або 43,7 % менше відносно контролю.

Найкращий результат показав варіант обробки Карате Зеон + Вермістим у вегетацію (варіанти 4 і 12), де середній рівень ушкодження склав 0,90 %, що означає зниження на 4,07 % у порівнянні з контролем, або на 81,9 % у відносному вимірі. Це найефективніший варіант серед усіх досліджених.

Передпосівне застосування Круїзеру (варіант 5) дало змогу знизити пошкодженість лише до 3,30 %, що на 1,67 % або 33,6 % менше, ніж у контролі. Максим XL (варіант 6) був трохи ефективнішим – 3,70 % пошкодженості, що менше на 1,27 % або 25,6 %, тоді як використання одного лише Вермістиму перед сівбою (варіант 7) дало результат 3,85 %, тобто зменшення на 1,12 % або 22,5 %.

Поєднання препаратів Максим XL + Вермістим (варіант 8) дозволило знизити ушкодженість до 3,35 %, що на 1,62 % або 32,6 % менше відносно контролю. Найкращим серед передпосівних варіантів був варіант 9 – Круїзер + Максим XL + Вермістим, де пошкодженість становила 3,10 %, що на 1,87 % або 37,6 % нижче за контроль.

Тобто, найефективнішими заходами проти стеблових метелика у період сходів кукурудзи виявилися обробки вегетаційними інсектицидами, особливо поєднання Карате Зеон + Вермістим. Передпосівна обробка мала позитивний, але менш виражений ефект. Комбінації кількох препаратів показали кращі результати, ніж окремі обробки, що свідчить про доцільність інтегрованого підходу до захисту кукурудзи від шкідників.

Урожайність кукурудзи значно варіювала залежно від застосованих препаратів для передпосівної обробки насіння та вегетаційного захисту рослин. У контрольному варіанті без будь-яких обробок середня врожайність за три роки становила 4,29 т/га. Цей показник використовується як базовий для аналізу приростів і знижень урожаю в інших варіантах (*табл. 6*).

Застосування інсектициду Карате Зеон по вегетуючих рослинах (варіант 2) забезпечило середню урожайність 5,22 т/га, що на 0,93 т/га (21,7 %) більше, ніж у контролі. Обробка тільки Вермістимом (варіант 3) дала 4,89 т/га – прирост склав 0,60 т/га (14,0 %). Найвищий результат серед вегетаційних варіантів без передпосівної обробки отримано при спільному застосуванні Карате Зеон + Вермістим (варіант 4) – 5,30 т/га, що на 1,01 т/га або 23,5 % більше, ніж у контролі.

Значне зростання урожайності зафіксовано у варіантах із передпосівною обробкою. Так, при застосуванні Круїзеру (варіант 5) урожайність становила 6,32 т/га, що на 2,03 т/га або 47,3 % більше від контролю. Препарат Максим XL (варіант 6) забезпечив 5,46 т/га – приріст 1,17 т/га або 27,3 %. Використання Вермістиму окремо (варіант 7) дало 5,45 т/га, що майже ідентично варіанту 6 і на 1,16 т/га або 27,0 % більше від контролю.

Таблиця 6

Урожайність рослин кукурудзи залежно від передпосівної обробки насіння та використання інсектицидів за 2019–2021 рр.

№ п/п	Варіанти обробітку препаратами		Урожайність, т/га			
	передпосівний обробіток насіння	обробіток по вегетуючих рослинах	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
1		–	4,70	2,77	6,41	4,29
2	Без обробки	Карате Зеон	5,77	2,97	6,93	5,22
3		Вермістим	5,05	3,00	6,63	4,89
4		Карате Зеон + Вермістим	5,85	3,03	7,02	5,30
5	Круїзер	–	6,66	4,07	7,24	6,32
6	Максим XL	–	6,43	3,60	7,35	5,46
7	Вермістим	–	5,53	3,62	7,21	5,45
8	Максим XL + Вермістим	–	6,71	4,11	7,38	6,07
9		–	7,02	4,33	8,23	6,53
10	Круїзер + Максим XL + Вермістим	Карате Зеон	7,46	4,57	8,71	6,58
11		Вермістим	6,62	4,41	8,59	6,54
12		Карате Зеон + Вермістим	7,64	4,78	9,00	7,14
	НІР _{0,5} , т/га		0,35	0,29	0,51	–

Комбінація Максим XL + Вермістим (варіант 8) дозволила досягти 6,07 т/га, приріст становив 1,78 т/га або 41,5 %. Найвищу урожайність серед варіантів з передпосівною обробкою забезпечила комбінація трьох препаратів: Круїзер + Максим XL + Вермістим (варіант 9), де вона склала 6,53 т/га, що перевищує контроль на 2,24 т/га або 52,2 %.

Найвищі показники урожайності зафіксовано у варіантах, де вегетаційно застосовували Карате Зеон або Вермістим без передпосівної обробки, однак можливо, в умовах підвищеного тиску шкідників. Так, у варіанті 10 (Карате Зеон) урожайність склала 6,58 т/га – це на 2,29 т/га або 53,4 % вище, ніж у контролі. Варіант 11 (Вермістим) забезпечив 6,54 т/га – приріст 2,25 т/га або 52,4 %. Найвищу урожайність у дослідженні отримано у варіанті 12 – спільне внесення Карате Зеон + Вермістим у фазу вегетації – 7,14 т/га, що на 2,85 т/га або 66,5 % більше, ніж у контролі. Тобто, максимальне зростання урожайності забезпечують комбінації інсектицидів, особливо Карате Зеон + Вермістим у вегетацію та комплексне передпосівне оброблення. Це свідчить про доцільність застосування інтегрованого захисту кукурудзи для стабільного підвищення урожайності.

Поступова зміна кліматичних умов, зокрема підвищення середньорічних температур, зміщення термінів вегетаційного періоду та зростання кількості екстремальних погодних явищ, значно впливають на чисельність і видовий склад шкідників кукурудзи. У зв'язку з цим виникає необхідність перегляду та адаптації існуючих систем захисту рослин до нових умов. Крім того, на ринку постійно з'являються нові високоефективні інсектицидні препарати з удосконаленими формулами та механізмами дії, які забезпечують кращу біологічну ефективність і знижують ризик розвитку резистентності у шкідників. Все це обумовлює необхідність продовження наукових досліджень з метою виявлення найбільш раціональних, екологічно безпечних та економічно доцільних засобів захисту кукурудзи. Зокрема, важливо визначити оптимальні терміни обробки, норми витрати препаратів та ефективні схеми їх поєднання, що дозволить забезпечити стабільну врожайність культури при мінімальному впливі на довкілля.

Висновки

1. Передпосівна обробка насіння кукурудзи є критично важливою складовою захисту від ґрунтових шкідників у Степу України. Незважаючи на те, що чисельність шкідників (дротяники, личинки хрущів тощо) не перевищувала економічного порогу шкодо-чинності, у разі відсутності захисних заходів відмічалася значна пошкодженість сходів (18,4 %) та загибель проростків (9,2 %) кукурудзи. Без передпосівної обробки формуються зріжені посіви з нерівномірними сходами, що негативно впливає на потенціал урожайності культури.

2. Найвищу ефективність у захисті кукурудзи від пошкодження ґрунтовими шкідниками продемонструвало комплексне застосування інсектицидів і біостимуляторів. Комбінація препаратів Круїзер (7 л/т), Максим XL (1 л/т) та Вермістим (6 л/т) забезпечила найнижчі показники пошкодженості рослин (4,5 %) та загибелі проростків (2,3 %), що відповідно на 75,5 % та 71,1 % менше у порівнянні з контролем.

3. Використання окремих інсектицидних препаратів також забезпечує ефективний, але менш виражений захист, ніж інтегровані схеми. Зокрема, препарат Круїзер у дозі 7 л/т знижував пошкодженість рослин до 8,2 % (на 55,4 %) та загибель проростків до 3,1 % (на 66,0 %). Максим XL діяв менш ефективно, знижуючи відповідні показники на 24,5 % та 36,1 %. Біологічний препарат Вермістим у монозастосуванні не забезпечив належного захисту, оскільки пошкодженість та загибель проростків практично не відрізнялися від контролю, що свідчить про його низьку інсектицидну активність. Водночас включення Вермістиму до складу комбінованих схем дозволило підвищити загальну ефективність завдяки його стимулюючій дії на проростки.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Tsyliuryk, O. I. (2023). *Suchasni systemy mulchuvalnoho obrobittu gruntu v Pivnichnomu Stepu: monohrafiia*. Odesa: Oldi Plus+ [in Ukrainian].
2. Bakhmut, O. O. (2017). Kompleksna shkodochynnist fitofahiv kukurudzy v umovakh pviddenno-zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Zakhyst i Karantyn Roslyn*, 53, 22–28. [in Ukrainian]
3. Tsyliuryk, O. I. (2016). Efektyvnist minimalnoho obrobittu gruntu pid kukurudzu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 2, 5–9. [in Ukrainian]
4. Borzykh, O. I., Janse, L. A., Chaika, V. M., Bakhmut, O. O., Borisenko, V. I., & Chaika, S. P. (2023). Population dynamics of corn insect pests in Ukraine under climate change. *Agricultural Science and Practice*, 10 (3), 35–45. <https://doi.org/10.15407/agrisp10.03.035>
5. Rudska, N. (2022). Influence of the protection system on limitation of the number of main pests in corn crops. *Agriculture and Forestry*, 143–165. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-4-11>
6. Melnyk, S. (2023). Intehrovanyi zakhyst posiviv kukurudzy. *Zbirnyk Studentskykh Naukovykh Prats, Silskohospodarski Nauky*, 4 (12), 45–48. [in Ukrainian]
7. Tkach, Yu. I., Tsyliuryk, O. I., & Kozechko, V. I. (2017). Optymizatsiia zastosuvannya mikrodobryv ta rehuliatoriv rostu roslin u posivakh kukurudzy pivnichnoho stepu Ukrainy. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 4, 20–25. [in Ukrainian]
8. Dolia, M., Moroz, S., Panchuk, T., Pohyba, V., & Polkov, V. (2024). Kontrol shkidnykiv za suchasnykh osoblyvosti formuvannya i samorehulatsii entomokompleksiv kukurudzy. *Ahrarni Innovatsii*, 26, 29–33. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.4> [in Ukrainian]
9. Chernykh, S. A., Lemishko, S. M., Tsysar, N. O., & Pryhoda, V. I. (2021). Zastosuvannya zasobiv zakhystu roslin dlia obmezhenia chyselnosti patohennoi mikroflory v ahrotsenozakh kukurudzy v Pivnichnomu Stepu Ukrainy. *Innovative Technologies in Science and Practice*, 6, 24. <https://doi.org/10.46299/ISG.2021.II.VI> [in Ukrainian].
10. Tsyliuryk, O. I., & Solohub, I. M. (2023). Growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 132, 237–247. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.29>
11. Vasylenko, R. M., & Zaiets, S. O. (2017). Produktivnist kukurudzy zalezno vid strokiv sivy ta zakhystu vid khvorob ta shkidnykiv. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 67, 69–72. [in Ukrainian]
12. Hryhorieva, A. V., & Mostoviyak, S. M. (2022). The main phytophagous of corn and measures to limit their number in the conditions of the Lviv region. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 128–132. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2022-1-128-132>
13. Boiko, P., Kovalenko, N., Yurkevych, Y., Valentiuk, N., & Albul, S. (2022). The history, current state and prospects for the implementation of elements of biologization for the efficient cultivation of corn in organic farming of the southern steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems & Ecology Sciences*, 13 (1). <https://doi.org/10.31407/ijees13.106>
14. Melnychuk, F., Alekseeva, S., Hordienko, O., Melnychuk, L., & Shatkovska, K. (2020). Soil pest control for maize when applying drip and sprinkler irrigation. *Land Reclamation and Water Management*, 1, 86–94. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-230>
15. Dolia, M. M., Yushchenko, L. P., & Varchenko, T. P. (2018). Osoblyvosti zastosuvannya suchasnykh biolohichnykh zasobiv zakhystu silskohospodarskykh kultur vid shkidnykiv u Lisostepu i Polissi Ukrainy. *Silskohospodarska Mikrobiologiya*, 27, 60–66. [in Ukrainian]
16. Sakhnenko, V., Sakhnenko, D., & Varchenko, T. (2018). Modern systems of resource-saving measures to protect winter wheat and corn from pests in the Forest-Steppe of Ukraine. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 2018 (4). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2018.04.011>
17. Furlan, L., Vasileiadis, V. P., Chiarini, F., Huiting, H., Leskovšek, R., Razinger, J., Holb, I. J., Sartori, E., Urek, G., Verschwele, A., Benvegnù, I., & Sattin, M. (2017). Risk assessment of soil-pest damage to grain maize in Europe within the framework of Integrated Pest Management. *Crop Protection*, 97, 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.029>
18. Tkachenko, G., Borzykh, O., & Ignat, V. (2020). The current state of application of biological plant protection agents in agroecology of Ukraine. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 98 (12), 18–25. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-03>
19. Tsyliuryk, O. I., Izboldin, O. O., & Solohub, I. M. (2022). Vplyv stymulatoriv rostu roslin na biometrychni pokaznyky ta urozhainist kukurudzy v Pivnichnomu Stepu. *Ahrarni Innovatsii*, 15, 59–66. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.9> [in Ukrainian]
20. Sekun, M. P., & Snizhok, O. V. (2017). Neobkhdnist ta osoblyvosti zastosuvannya suchasnykh pestytsydiv na posivakh kukurudzy. *Zakhyst i Karantyn Roslyn*, 63, 145–150. [in Ukrainian]
21. Kuzmynskyi, A. V. (2013). Stiikist hibrydiv kukurudzy do luskokrylykh shkidnykiv. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 4, 132–135. [in Ukrainian]
22. Huliak, N. V. (2012). Chervuvannya kultur ta poshkodzhennist posiviv kukurudzy lychynkami kovalykyv. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 9, 1–2. [in Ukrainian]
23. Liaska, Yu. M., Stryhun, O. O., & Kravchenko, V. P. (2018). Efektyvnist protruinykiv proty gruntovykh fitofahiv na posivakh kukurudzy. *Zakhyst i Karantyn Roslyn*, 64, 74–82. [in Ukrainian]
24. Sheludko, O. D., Markovska, O. Ye., & Mrynskyi, I. M. (2012). Efektyvnist peredposivnoi obrobky nasinnia kukurudzy protruinykami. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 58, 64–66. [in Ukrainian]
25. Ushkarenko, V. O., & Vozhehova, R. A. (2024). *Metodyka polovoho doslidu: navchalnyi posibnyk*. Odesa: Oldi Plus+ [in Ukrainian]
26. Steel, R. (1997). Analysis of variance I: The one-way classification. In R. G. D. Steel, J. H. Torrie, & D. A. Dicky. *Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach*. 3rd Edition. New York: McGraw Hill, Inc. Book Co.
27. Rudska, N. O. (2021). Efficiency of the system of protection of maize crops from weeds in different methods of soil treatment in the conditions of the Right Bank forest-Steppe of Ukraine. *Colloguim-Journal*, 17 (104), 47–54.
28. Trybel, S. O. (2005). Yak pozbutsia drotianikyv. *Zakhyst Roslyn*, 4, 5. [in Ukrainian]
29. Drozda, V. F. (2003). Hruntovi shkidnyky. Yak pozbutsia yikh zasylia na silskohospodarskykh uhiddiakh. *Zakhyst Roslyn*, 6, 8–10. [in Ukrainian]
30. Ariesnikov, B. A., Honcharenko, M. P., & Kostikovskiy, M. H. (1992). *Zakhyst zernovykh kultur vid shkidnykiv, khvorob i burianiv pry intensyvykh tekhnolohiakh*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]
31. Hyrka, T. V. (2009). Vplyv ahrotekhnichnykh pryomiv vyroshchuvannya kukurudzy na poshkodzhennist prorostkiv lychynkami kovalykyv. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 131–133. [in Ukrainian]
32. Trybel, S. O., Hetman, M. V., & Bakhmut, O. O. (2009). Zakhyst kukurudzy vid shkidnykiv. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 1, 5–8. [in Ukrainian]
33. Derevenets, K. A. (2012). Yakshcho posiiaty iz zapiznenniam. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 16, 17–19. [in Ukrainian]

ORCID

- V. Matiukha  <https://orcid.org/0000-0002-5657-3524>
O. Tsyliuryk  <https://orcid.org/0000-0002-7479-8401>
S. Semenov  <https://orcid.org/0000-0001-8329-5438>



2025 Matiukha V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Digital technologies in the management of phytosanitary risks in agricultural production

V. Pysarenko✉ | O. Shereshylo

Article info

Correspondence Author

V. Pysarenko

E-mail:

viktor.pysarenko@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Pysarenko, V., & Shereshylo, O. (2025). Digital technologies in the management of phytosanitary risks in agricultural production. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 31–36. doi: 10.31210/spi2025.28.02.05

The intensification of phytosanitary risks in the agricultural sector is driven by a combination of factors, among which climate change, the expansion of international trade, the increasing biological adaptability of harmful organisms to protective agents, and the declining effectiveness of traditional monitoring and control systems are predominant. As a result, the threat of the spread of quarantine organisms intensifies, the phytosanitary condition of crops deteriorates, and crop losses increase. This situation necessitates the search for innovative risk management approaches, with digital technologies playing a key role. The application of digital solutions enables rapid data collection, processing, and visualization, supports the forecasting of pest and disease dynamics, and facilitates informed decision-making both at the individual farm level and within regional agro-systems. The aim of this study is to analyze the potential of digital tools for monitoring, forecasting, and mitigating phytosanitary risks in agricultural production, as well as to assess their effectiveness and limitations. The review employs systems and comparative analysis, synthesis of scientific sources, content analysis of English-language publications from Scopus/Web of Science databases, case studies of leading digital platforms (EOS Crop Monitoring, Cropio, Xarvio, BAS Agro), and an examination of the regulatory framework for implementing digital technologies in the agricultural sector. A typology of phytosanitary risks is identified- biological, agro-climatic, managerial, economic, regulatory, and technological- and their impact on agricultural production efficiency is analyzed. The digital technologies used for risk management are described, including monitoring systems based on drones, sensors, satellite imagery, as well as forecasting models utilizing GIS technologies and machine learning methods. Examples of the effective use of online platforms for threat detection, damage assessment, and decision support are presented. It has been established that digital solutions contribute to improving the profitability of agribusiness, provide a foundation for the environmental sustainability of production, and ensure the flexibility and adaptability of agricultural enterprises to external challenges. At the same time, key implementation barriers have been identified – infrastructure, financial, educational, and regulatory – which require targeted support from the state, innovative businesses, and educational institutions.

Keywords: phytosanitary security, digital technologies, agricultural production, pest monitoring, agro-monitoring platforms, satellite data, risk management.

Цифрові технології в управлінні фітосанітарними ризиками аграрного виробництва

В. М. Писаренко | О. О. Шерешило

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Підвищення інтенсивності фітосанітарних ризиків в аграрному секторі зумовлене сукупністю чинників, серед яких домінують зміни клімату, активізація міжнародної торгівлі, зростання біологічної адаптивності шкідливих організмів до засобів захисту, а також зниження ефективності традиційних систем моніторингу і контролю. У результаті загострюється загроза поширення карантинних організмів, погіршення фітосанітарного стану посівів і, відповідно, втрати врожаю. Це обумовлює необхідність пошуку інноваційних підходів до управління ризиками, серед яких важливе місце належить цифровим технологіям. Застосування цифрових рішень дає змогу здійснювати оперативний збір, обробку та візуалізацію даних, прогнозувати динаміку розвитку шкідників і хвороб, а також забезпечувати прийняття обґрунтованих управлінських рішень як на рівні окремого господарства, так і на рівні регіональних агросистем. Метою даного дослідження є аналіз потенціалу цифрових інструментів для моніторингу, прогнозування та мінімізації фітосанітарних ризиків в аграрному виробництві, а також оцінка їх ефективності й обмежень. У огляді застосовано системний і порівняльний аналіз, узагальнення наукових джерел, контент-аналіз англомовних публікацій з баз даних Scopus/Web of Science, кейс-метод щодо провідних цифрових платформ (EOS Crop Monitoring, Cropio, Xarvio, BAS Agro), а також аналіз нормативної бази щодо впровадження цифрових технологій у агросекторі. Визначено типологію фітосанітарних ризиків (біологічні, агрокліматичні, управлінські, економічні, регуляторні та технологічні) та проаналізовано їхній вплив на ефективність агровиробництва. Описано цифрові технології, що застосовуються в управлінні ризиками, зокрема моніторингові системи на основі дронів, сенсорних пристроїв, супутникових знімків, а також моделі прогнозування з використанням ГІС-технологій і методів машинного навчання. Наведено приклади ефективного використання онлайн-платформ для виявлення загроз, оцінки втрат і підтримки прийняття рішень. Встановлено, що цифрові рішення сприяють підвищенню рентабельності агробізнесу, формують підґрунтя для екологічної стійкості виробництва, а також забезпечують гнучкість та адаптивність аграрних підприємств до викликів зовнішнього середовища. Водночас виявлено ключові бар'єри впровадження – інфраструктурні, фінансові, освітні та регуляторні, які потребують підтримки з боку держави, інноваційного бізнесу та освітніх інституцій.

Ключові слова: фітосанітарна безпека, цифрові технології, аграрне виробництво, моніторинг шкідників, платформи агромоніторингу, супутникові дані, ризик-менеджмент.

Бібліографічний опис для цитування: Писаренко В. М., Шерешило О. О. Цифрові технології в управлінні фітосанітарними ризиками аграрного виробництва. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 31–36.

В умовах кліматичних змін, інтенсифікації аграрного виробництва та відкритості до міжнародної торгівлі фітосанітарна безпека набуває особливого значення. Підвищення температур, нерівномірні опади та подовження вегетаційного періоду сприяють появі нових шкідників і посиленню існуючих загроз. Унаслідок цього аграрії стикаються з економічними втратами, зокрема через пошкодження урожаю, логістичні ускладнення, обмеження на експорт та зниження якості продукції [1].

На цьому тлі цифрові технології виступають ефективним інструментом для моніторингу, прогнозування та швидкого реагування. Інтеграція супутникових знімків, дронів, сенсорних систем і програмного забезпечення дає змогу виявляти осередки ураження, оптимізувати витрати на захист рослин і приймати обґрунтовані рішення. Такі платформи, як EOS Crop Monitoring, Cropio, BAS Agro, сприяють підвищенню економічної ефективності агровиробництва [2, 3].

Питання фітосанітарної безпеки досліджується в економічній, екологічній, біологічній та цифровій площинах. Сучасні публікації акцентують увагу на цифровізації моніторингу, прогнозуванні ризиків і автоматизованому управлінні даними. Наукові роботи доводять ефективність впровадження цифрових платформ у сфері захисту рослин як засобу скорочення витрат і підвищення оперативності [4].

Крім наукового підходу, важливу роль відіграє регуляторне середовище – зокрема Міжнародна конвенція із захисту рослин (IPPC) [5], угоди СОТ щодо санітарних та фітосанітарних заходів, а також Закон України «Про карантин рослин» [6]. Аналіз джерел дозволяє визначити сучасні підходи до управління фітосанітарними ризиками та роль цифрових рішень у зміцненні продовольчої й економічної безпеки.

У дослідженні Hideo Ishii-Adajar, Katherine Cameron, Claire Palmer, Angel O. K. Li, Mariam A. T. J. Kadzamira, Sarah Fleming, Manju Thakur, Adewale Ogunmodede [7] узагальнено внесок цифрових інструментів CABI у покращення фітосанітарного нагляду та управління ризиками шкідників. Автори проаналізували шість цифрових сервісів, що сприяють швидкому доступу до інформації та прийняттю рішень, є відкритими та масштабованими. Встановлено, що їх ефективність зростає за умов врахування локальних особливостей, покращення доступу в сільській місцевості та подолання соціальних і гендерних бар'єрів. Оцінка здійснена з урахуванням Принципів цифрового розвитку.

У статті Venkateswara S., Padmanabhan J. Deep [8] представлено інноваційний підхід до автоматизованої ідентифікації та класифікації шкідників у межах розумного землеробства. Узагальнено важливість точного визначення шкідників для збереження врожайності та підвищення ефективності аграрного виробництва. Встановлено, що застосування глибинного навчання на основі набору даних IP102 дозволяє ідентифікувати 82 класи шкідників із високою точністю – 84,95 %. Використання авто-

енкодера для балансування даних, методів сегментації за кольоровим кодуванням RGB та за розвинених неймереж забезпечило високу ефективність (IoU – 80 %). Автори доводять, що запропонований метод здатен трансформувати традиційні методи моніторингу шкідників у більш точну та проактивну систему контролю.

У статті Dai M., Shen Y., Li X., Liu J., Zhang S., Miao H. [9] представлено цифрову двійникову систему для управління шкідниками сільськогосподарських культур на прикладі вирощування перцю. Узагальнено проблеми надмірного використання пестицидів та суб'єктивності рішень у традиційній системі захисту рослин. Встановлено, що запропонована модель, побудована на інтеграції даних і методі випадкових лісів з генетичною оптимізацією, прогнозує динаміку популяції попелиць із точністю понад 85 % та підвищує економічну ефективність більш ніж на 20 %. Система підтримує прийняття рішень щодо втручання у захисті рослин, зменшуючи залежність від людського фактора. Доведено ефективність концепції «цифрового двійника» як інструмента інтегрованого управління фітосанітарними ризиками, орієнтованого на динаміку популяцій.

У статті Cardim Ferreira Lima M., Damascena de Almeida Leandro M. E., Valero C., Pereira Coronel L. C., Gonçalves Bazzo C. O. [10] узагальнено науковий доробок і технічні рішення щодо автоматичного виявлення та моніторингу комах-шкідників у межах концепції точного землеробства. Представлено огляд сучасних сенсорних технологій, що використовуються для потреб інтегрованого захисту рослин (IPM), зокрема інфрачервоні сенсори, аудіосенсори та системи ідентифікації шкідників на основі зображень. Встановлено, що автоматичні пастки, доповнені алгоритмами машинного навчання й рішеннями Інтернету речей (IoT), є перспективними для раннього виявлення агресивних та карантинних шкідників. Авторами представлено приклади застосування таких технологій, їхні переваги та напрями подальшого розвитку, включаючи створення систем підтримки прийняття рішень для аграрного сектору.

У статті Shamshiri R.R., Sturm B., Weltzien C., Fulton J., Khosla R., Schirrmann M., Raut S., Basavegowda D.H., Yamin M. i Hameed I.A. [11] узагальнено вплив цифровізації на трансформацію сільського господарства в аспектах підвищення ефективності, продуктивності та точності аграрних процесів. Наведено приклади застосування цифрових технологій у відкритому та закритому ґрунті для збору агроданих і прийняття управлінських рішень. Встановлено, що цифровізація сприяє зниженню витрат, мінімізації екологічного впливу та зменшенню трудових витрат. Окреслено основні бар'єри впровадження – високу вартість, складність масштабування та технічні обмеження. Автори підкреслюють, що попри значний потенціал цифрових технологій для сталого агровиробництва, необхідне подолання низки техніко-економічних викликів.

У дослідженні Carlos Parra-López, Liliana Reina-Usuga, Guillermo Garcia-Garcia, Carmen Carmona-Torres [12] узагальнено очікування щодо впровадження цифрових фітосанітарних систем (DPS) у сільському господарстві, зокрема в оливковому секторі. Зазначено, що темпи їх поширення залишаються помірними, а прогнози органів влади та науковців більш оптимістичні, ніж у виробників. Запропоновано політичні заходи для стимулювання DPS – від акценту на екологічних перевагах до фінансової підтримки та пілотних проєктів. Підкреслено, що успішність таких рішень залежить не лише від технологій, а й від відповідності регуляторним вимогам і цілям сталого розвитку.

У дослідженні Stefano Abbate, Piera Centobelli, Roberto Cerchione [13] узагальнено сучасні підходи до інтеграції цифрових технологій (індустрія 4.0) із концепцією сталого розвитку агропродовольчого сектору. Підкреслено, що для задоволення попиту до 2050 року необхідно збільшити виробництво, мінімізуючи використання ресурсів і екологічний вплив. Для аналізу публікацій застосовано методи машинного навчання – автоматизовану класифікацію та контент-аналіз. Визначено 10 тематичних кластерів, ключові країни та журнали. Зроблено висновок, що агрофірми мають переосмислити бізнес-моделі, орієнтуючись на довгострокову цінність. Цифрові технології сприяють екологічному та соціально відповідальному розвитку агро-виробництва.

У дослідженні Carlo Giua, Valentina Cristiana Materia, Luca Samanzi [14] проаналізовано чинники впровадження технологій розумного землеробства (SFT), як елементів кіберфізичних систем, що оптимізують управління господарством. Встановлено, що такі технології генерують великі масиви даних, корисні не лише на рівні ферми, а й усього аграрного ланцюга. Автори застосували SEM-моделювання та Zero-Inflated Poisson Regression для аналізу як намірів, так і реальних рішень фермерів щодо SFT. Показано, що на наміри впливають очікувана ефективність, складність і соціальний тиск, а на фактичне впровадження – інтегрованість у ланцюги, розмір господарства та спеціалізація. Зроблено висновок про важливість врахування соціальних і організаційних чинників для інклюзивної цифровізації агросектору.

Огляд останніх досліджень засвідчує зростаючий інтерес до застосування цифрових технологій у фітосанітарному управлінні, зокрема – до використання штучного інтелекту, систем моніторингу, цифрових двійників та автоматизованих пасток. Науковці акцентують увагу на їхній ефективності в ранньому виявленні шкідників, оптимізації обробки культур та зниженні витрат на пестициди. Водночас підкреслюється потреба у врахуванні соціального контексту, доступності технологій для агровиробників та інтеграції таких інструментів у практику малих і середніх господарств [15].

Проведення огляду було спрямоване на вивчення ролі цифрових технологій у зменшенні фітосанітарних ризиків в аграрному виробництві,

закцентом на економічну ефективність та управлінський потенціал їх впровадження. Це дозволяє поєднати теоретичні напрацювання з практичними аспектами аграрного менеджменту та сприяти розвитку стійкого, технологічно оснащеного сільського господарства.

В роботі застосовано міждисциплінарний підхід, який об'єднує методи економічного аналізу, елементів агроменеджменту та цифрових технологій у сільському господарстві. Основними джерелами інформації стали: наукові публікації з баз Scopus, Web of Science, Google Scholar, аналітичні звіти міжнародних організацій (FAO, OECD, EIP-AGRI), нормативно-правові документи, що регулюють фітосанітарну безпеку, дані реальних кейсів використання цифрових систем моніторингу в аграрному секторі України та країн ЄС.

Методологічну основу становить порівняльний аналіз інструментів цифрового моніторингу, контент-аналіз наукових джерел, а також експертне оцінювання переваг та викликів впровадження цифрових рішень у систему управління фітосанітарними ризиками. Додатково застосовано кейс-метод для описового висвітлення практик використання цифрових платформ Cropio, BAS Agro, EOS Crop Monitoring, Xarvio у вітчизняному та зарубіжному агробізнесі, з наведенням джерел, що дозволяють здійснити подальшу верифікацію наведених прикладів.

Поняття фітосанітарного ризику охоплює сукупність загроз для рослинницької продукції, які можуть бути спричинені шкідниками, хворобами або карантинними організмами. Джерелами таких ризиків виступають як природні фактори, так і людський фактор – зокрема, недосконалість систем виявлення, пізнє реагування або неналежне агротехнічне управління [4, 15].

Фітосанітарні ризики є важливою складовою ризик-менеджменту в аграрному виробництві. Вони можуть мати як безпосередній вплив на урожай, так і опосередкований – через зниження якості продукції, зростання витрат на засоби захисту або ускладнення виходу на ринки збуту. Нижче (*таблиця 1*) подано класифікацію основних фітосанітарних ризиків із прикладами їх прояву та можливими наслідками для підприємств аграрного сектору [4, 15].

Як видно з таблиці, ризики мають мультифакторний характер і здатні суттєво впливати на прийняття управлінських рішень. Це підкреслює необхідність системного моніторингу, запровадження цифрових інструментів і чіткої стратегії реагування, що й стане предметом подальшого розгляду – систем і технологій фітосанітарного моніторингу [19].

Традиційні підходи до моніторингу та управління фітосанітарними ризиками включають візуальні огляди посівів, пастки, ручний облік чисельності шкідників, інтерпретацію даних агрономами за допомогою щоденників спостережень. Ці методи часто є трудомісткими, залежними від людського чинника та не забезпечують достатньої оперативності у прийнятті рішень. Це зумовлює потребу в автоматизації процесів та інтеграції цифрових інструментів [20].

Таблиця 1

Класифікація фітосанітарних ризиків та їх вплив на аграрне виробництво

Тип ризику	Конкретні прояви (приклади)	Вплив на аграрне виробництво
Біологічні	- масове поширення шкідників (совки, лучний метелик, попелиця); - хвороби рослин (фузаріоз, іржа, бактеріози); - втрата стійкості до пестицидів	- зниження врожайності та якості продукції; - підвищення витрат на засоби захисту; - обмеження експорту через карантинні вимоги
Агрокліматичні	- нетипові зміни клімату (аномальні температури, посухи, надлишок опадів); - мікрокліматичні умови, сприятливі для розвитку збудників	- створення сприятливого середовища для поширення шкідників; - зміщення строків обробки посівів; - зниження ефективності традиційних методів захисту
Управлінські	- відсутність системного моніторингу; - повільне реагування на спалахи; - недостатня кваліфікація персоналу; - відсутність чітких протоколів реагування	- втрати часу при прийнятті рішень; - необґрунтоване застосування засобів захисту рослин; - репутаційні та фінансові втрати через невиконання контрактів або втрату сертифікації
Економічні	- зростання цін на засоби захисту рослин, паливо, агросервіси; - зниження платоспроможності господарств; - витрати на ліквідацію наслідків інфекцій або інвазій	- недофінансування превентивних заходів; - вимушене скорочення площ посівів або перехід на менш вразливі, але й менш прибуткові культури
Регуляторні	- зміни у законодавстві щодо застосування пестицидів; - введення обмежень на експорт/імпорт через фітосанітарні вимоги	- порушення зовнішньоекономічних контрактів; - витрати на переатестацію/сертифікацію; - затримки з реалізацією продукції
Технологічні	- застаріле або неадаптоване обладнання для обробки; - низький рівень цифровізації управлінських рішень	- неможливість оперативного реагування; - високий рівень ручної праці; - зниження конкурентоспроможності

Джерело: узагальнено на підставі [1, 4, 15–18].

Після аналізу традиційних підходів до фітосанітарного моніторингу, стає очевидним, що сучасні виклики аграрного виробництва вимагають впровадження цифрових технологій. Ці інноваційні інструменти дозволяють не лише оперативно виявляти та прогнозувати фітосанітарні ризики, але й ефективно управляти ними, забезпечуючи сталий розвиток агросектору [21–24].

1. Агрорішення на базі дронів, супутникових знімків, сенсорів. Сучасні аграрні підприємства активно впроваджують безпілотні літальні апарати (дрони), супутникові знімки та сенсори для моніторингу стану посівів. Ці технології дозволяють отримувати точну інформацію про розвиток рослин, виявляти осередки ураження шкідниками та хворобами, а також оптимізувати використання ресурсів [25].

2. Системи моделювання поширення шкідників (GIS, machine learning). Геоінформаційні системи (GIS) та методи машинного навчання використовуються для моделювання поширення шкідників. Це дозволяє прогнозувати можливі спалахи шкідників, враховуючи агрокліматичні умови, типи культур та інші фактори, що впливають на їх розвиток [26].

3. Онлайн-платформи для фітосанітарного моніторингу та аналітики. Існує низка онлайн-платформ, які надають аграріям інструменти для моніторингу та аналізу фітосанітарного стану полів. Розглянемо деякі з них:

- *Cropio*: Платформа для дистанційного моніторингу полів, яка використовує супутникові знімки для оцінки стану посівів. Cropio дозволяє аграріям оперативно реагувати на зміни в полі та приймати обґрунтовані рішення щодо обробки культур. Платформа Cropio, яка згодом трансформувалася в Cropwise Operations, активно використовується в Україні. Зокрема, Міністерство аграрної політики та

продовольства України впроваджує цей сервіс для визначення меж полів, ідентифікації вирощуваних культур та прогнозування врожайності. Система підтримує 17 культур і досягає точності розпізнавання до 95 %, охоплюючи близько 98 % посівних площ країни;

- *EOS Crop Monitoring*: Сервіс, що надає дані про стан рослинності, погодні умови та інші агрономічні показники на основі супутникових знімків. EOS Crop Monitoring допомагає аграріям виявляти проблемні ділянки та оптимізувати агротехнічні заходи;

- *BAS Agro*: Українська платформа, яка інтегрує дані з різних джерел для комплексного управління аграрним виробництвом. BAS Agro забезпечує аграріїв інструментами для планування, моніторингу та аналізу фітосанітарного стану полів. Платформа дозволяє вести облік посівних площ, врожайності, витрат на добрива, паливо та інші ресурси. Зокрема, вона використовується для автоматизації обліку на підприємствах з переробки зерна, таких як елеватори, млини та комбикормові заводи;

- *Xarvio*: Платформа, що використовує штучний інтелект для аналізу даних з полів та надає рекомендації щодо захисту рослин. Xarvio допомагає аграріям приймати обґрунтовані рішення щодо застосування засобів захисту рослин, зменшуючи витрати та підвищуючи ефективність. У Європі, зокрема в Німеччині, Xarvio допомагає аграріям приймати обґрунтовані рішення щодо застосування засобів захисту рослин, зменшуючи витрати та підвищуючи ефективність [27–30].

Впровадження цих цифрових технологій в аграрне виробництво дозволяє підвищити ефективність фітосанітарного моніторингу, зменшити ризики втрат врожаю та забезпечити сталий розвиток агросектору.

Ці приклади демонструють, як цифрові технології впроваджуються в аграрному секторі для підвищення ефективності фітосанітарного моніторингу та управління ризиками [31]. Вони дозволяють аграріям оперативно реагувати на зміни в полі, оптимізувати використання ресурсів та забезпечувати сталий розвиток агросектору [32, 33].

Зважаючи на активне впровадження цифрових технологій у сферу фітосанітарного моніторингу, постає низка викликів, що ускладнюють повномасштабну та системну цифровізацію в агросекторі. Передусім, це обмежена цифрова інфраструктура у сільській місцевості, особливо в регіонах із недостатнім покриттям мобільного інтернету. Фінансова доступність таких рішень також залишається гострою проблемою для малих і середніх господарств, які не завжди мають змогу інвестувати в дрони, сенсори чи комерційні платформи. Окремим бар'єром виступає дефіцит цифрової грамотності серед аграріїв та брак фахівців, здатних інтерпретувати аналітичні дані, отримані з цифрових систем.

Водночас перспективи цифровізації в управлінні фітосанітарними ризиками виглядають досить обнадійливо. Системи дистанційного моніторингу, геоаналітика, машинне навчання та мобільні додатки вже демонструють реальні результати – зменшення втрат урожаю, раціональне застосування пестицидів, покращення планування та документування заходів захисту. Цифровізація відкриває можливості для розробки інтегрованих систем раннього попередження, які дозволяють реагувати на фітосанітарні загрози до появи видимих наслідків. Крім того, вона сприяє підвищенню прозорості аграрного виробництва та полегшує сертифікацію та експортну діяльність.

Таким чином, поєднання технічного вдосконалення, державної підтримки, агроосвіти та міжсекторальної співпраці здатне трансформувати цифрові рішення у стійкі інструменти управління фітосанітарною безпекою як на рівні господарства, так і на рівні національної аграрної політики.

Висновки

Мета здійснення огляду літературних джерел у конкретній праці полягала в проведенні аналізу можливостей використання цифрових інструментів для моніторингу, прогнозування та зниження фітосанітарних ризиків в аграрному виробництві, а також визначення їх ефективності й обмежень. У роботі розкрито значення цифрових технологій як ефективного інструменту управління фітосанітарними ризиками аграрного виробництва в умовах зростаючих викликів, спричинених кліматичними змінами, біологічною агресією шкідників та обмеженнями традиційних методів захисту. На основі проведеного аналізу сучасних наукових джерел та практичного досвіду впровадження, узагальнено напрями використання дронів, супутникових технологій, сенсорів, систем моделювання поширення шкідників та цифрових платформ, що дозволяють оперативно і точно виявляти загрози, оцінювати втрати та

приймати обґрунтовані управлінські рішення. Визначено, що цифрові рішення сприяють підвищенню рентабельності агробізнесу, забезпечують екологічну стійкість агровиробництва та дозволяють адаптувати господарства до умов невизначеності. Разом з тим, окреслено наявні бар'єри – інфраструктурні, фінансові, освітні – які потребують цілеспрямованої підтримки з боку держави та агротехнологічного сектору.

Перспективи подальших досліджень. Майбутні дослідження доцільно спрямувати на оцінку економічної ефективності цифрових рішень для різних типів господарств, розробку моделей інтеграції фітосанітарних даних у системи агрологістики та прогнозування, а також формування механізмів стимулювання цифрової трансформації на рівні аграрної політики.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Karpinska, N. V. (2021). *Zastosuvannya sanitarnykh ta fitosanitarnykh zakhodiv: problemy pravovoho zabezpechennia u konteksti vymoh SOT ta YeS: monohrafiia*. Luts'k: SPD Hadyak Zhanna Volodymyrivna, drukarnia "Volynpolihraf" [in Ukrainian]
2. Yak suputnykovyi monitorynh dopomahaie pidhotuvaty polia do posivnoi? (2023). *Aggeek*. Retrieved from: <https://aggeek.net/ru-blog/yak-suputnikovij-monitoring-dopomagaie-pidgotuvaty-polya-do-posivnoi> [in Ukrainian]
3. Briukhanov, A. (2023). *Systema Cropio dopomahaie kontroliuvaty stan posiviv u rezhymy realnogo chasu*. Retrieved from: *AgroTimes*. <https://agrotimes.ua/tehnika/systema-cropio-dopomagaie-kontroliuvaty-stan-posiviv-u-rezhymy-realnogo-chasu> [in Ukrainian]
4. Demianenko, S. I., & Nivievskiy, O. V. (2015). *Systema rehuliuuvannya fitosanitarnykh zakhodiv v Ukraini. Ekonomika APK*, 5, 28–33. [in Ukrainian]
5. *Mizhnarodna konventsiiia pro zakhyst roslyn*. Ukaz Prezydenta vid 31.01.2006 № 81/2006 (81/2006). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_805#Text [in Ukrainian]
6. *Pro karantyn roslyn*. *Zakon Ukrainy 4341-IX redaktsiia vid 19.04.2025*. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3348-12#Text> [in Ukrainian]
7. Ishii-Adajar, H., Cameron, K., Palmer, C., Li, A. O. K., Kadzamia, M. A. T. J., Fleming, S., Thakur, M., & Ogunmodede, A. (2024). A review of CABi digital tools for plant health and pest risk management. *Journal of Agricultural & Food Information*, 25 (1–4), 3–24. <https://doi.org/10.1080/10496505.2025.2467731>
8. Venkateswara, S., & Padmanabhan, J. (2025). Deep learning based agricultural pest monitoring and classification. *Scientific Reports*, 15, 8684. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92659-5>
9. Dai, M., Shen, Y., Li, X., Liu, J., Zhang, S., & Miao, H. (2024). Digital twin system of pest management driven by data and model fusion. *Agriculture*, 14 (7), 1099. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071099>
10. Cardim Ferreira Lima, M., Damascena de Almeida Leandro, M. E., Valero, C., Pereira Coronel, L. C., & Gonçalves Bazzo, C. O. (2020). Automatic detection and monitoring of insect pests: A review. *Agriculture*, 10 (5), 161. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050161>
11. Shamshiri, R. R., Sturm, B., Weltzien, C., Fulton, J., Khosla, R., Schirrmann, M., Raut, S., Basavegowda, D. H., Yamin, M., & Hameed, I. A. (2024). Digitalization of agriculture for sustainable crop production: A use-case review. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1375193. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1375193>

12. Parra-López, C., Reina-Usuga, L., Garcia-Garcia, G., & Carmona-Torres, C. (2024). Designing policies to promote the adoption of digital phytosanitation towards sustainability: The case of the olive sector in Andalusia. *Agricultural Systems*, 221, 104147. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104147>
13. Abbate, S., Centobelli, P., & Cerchione, R. (2023). The digital and sustainable transition of the agri-food sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122222. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122222>
14. Giua, C., Materia, V. C., & Camanzi, L. (2022). Smart farming technologies adoption: Which factors play a role in the digital transition? *Technology in Society*, 68, 101869. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101869>
15. Lishchuk, A., Parfeniuk, A., Horodyska, I., Boroday, V., & Draga, M. (2022). Main levers of environmental risk management in agroecosystems. *Agroecological Journal*, 2, 74–85. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263320>
16. Dolia, M. M., Drozd, P. Yu., & Bilousova, T. V. (2020). The features of formation and monitoring of the physiological and phytosanitary condition in the chain crop rotation of “winter wheat – tomatoes” under modern technologies of cultivation in Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 1 (116), 40–46. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.5>
17. Derkach, O. (2019). Tsyfrovii tekhnolohii u zemlerobstvi: problemy ta perspektyvy. *Propozitsiya*, 10. Retrieved from: <https://propozitsiya.com/articles/analitika/tsyfrovii-tekhnolohii-u-zemlerobstvi-problemy-ta-perspektyvy> [in Ukrainian]
18. Lazebnyk, L., & Voitenko, V. (2022). Digital technologies in agricultural enterprise management. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 6 (41), 203–210. <https://doi.org/10.18371/fcaptp.v6i41.251440>
19. Yaroshchuk, R. (2024). The influence of digital technologies on increasing the efficiency of agricultural production. *Economy and Society*, 68. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-58>
20. Gorobets, N. (2022). Digital technologies in the system of strategic management of agricultural enterprises. *Agrosvit*, 1, 36. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.1.36>
21. EOS Data Analytics nadaie ukrainskym fermeram bezplatnyi dostup do analitichnoi platformy monitorynhu urozhainosti. (2024). *GrowHow.in.ua*. Retrieved from: <https://www.growhow.in.ua/eos-data-analytics-nadaie-ukrainskym-fermeram-bezplatnyy-dostup-do-analitichnoi-platformy-monitorynhu-urozhainosti/> [in Ukrainian]
22. EOS Data Analytics Gives Free Access to its Crop Monitoring Service for Ukrainian Farmers. (2024). *OrbitalToday*. Retrieved from: <https://orbitaltoday.com/2024/04/28/eos-data-analytics-gives-free-access-to-its-crop-monitoring-service-for-ukrainian-farmers/>
23. Tamavsky, E., Rossi, M., Bussay, A., Morel, J., Biavetti, I., Bratu, M., Cerrani, I., Claverie, M., De Palma, P., Fumagalli, D., Manfron, G., Niemeyer, S., Nisini Scacchiafichi, L., Panarello, L., Seguíni, L., Van Den Berg, M., & Zucchini, A. (2024). Crop monitoring in Europe. *JRC MARS Bulletin*, 32 (1). Retrieved from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4e0c8221-b9ac-11ee-b164-01aa75ed71a1/language-en>
24. Forum «Den Ahronoma»: vid platformy profesiinoho rozvytku do novatorskykh idei dlia vsoho ahrosektoru. (2025). *BAS*. Retrieved from: <https://bas.ua/posts/category/news/forum-day-of-the-agronomist> [in Ukrainian]
25. Kohut, P. (2023). Drony i suputnyky v sil'skomu hospodarstvi: shcho krashche? *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/uk/blog/drony-ta-suputnyky/> [in Ukrainian]
26. Ivanchenko, O. (2023). Vykorystannia tsyfrovyykh rishen' ta smart-tekhnolohii v ahrovyrobnytstvi. *Informatsiini tekhnolohii v ahrobiznesi ta ahrarnii osviti: tezy dopovidei XI Vseukrains'koi naukovo-praktychnoi konferentsii*. (pp. 7–9). Dnipro: DDAEU [in Ukrainian]
27. Pepelia, V. (2024). Minahropolityky rozvyvatyme tsyfrovii ahroservis. *Landlord.ua*. Retrieved from: <https://landlord.ua/news/tehnologii/minahropolityky-rozvyvatyme-cyfrovyy-agroservis> [in Ukrainian]
28. Babiichuk, N. (2022). Platforma xarvio® — «Sotsionika» v ahrobiznesi. *iFarming.ua*. Retrieved from: <https://ifarming.ua/upravlinnia/platforma-xarvio-socionika-v-agrobiznesi> [in Ukrainian]
29. Tekhnolohiia tsyfrovoho silskoho hospodarstva BASF Digital Farming xarvio (ADE). (2021). *Traktorist.ua*. Retrieved from: <https://traktorist.ua/technologies/tehnologiya-cifrovogo-silskogo-gospodarstva-basf-digital-farming-xarvio-ade> [in Ukrainian]
30. How satellites are revolutionizing crop health monitoring. (2025). *TechSci Research*. Retrieved from: <https://www.techsciresearch.com/blog/how-satellites-are-revolutionizing-crop-health-monitoring/4644.html>
31. Gorobets, N., Khomyakova, D., & Starykovska, D. (2021). Prospects of using digital technologies in the activities of agricultural enterprises. *Efektivna Ekonomika*, 1. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.90>
32. Lucas, K. R. G., Ventura, M. U., Barizon, R. R. M., Folegatti-Matsuura, M. I. da S., Ralisch, R., Mrtvi, P. R., & Possamai, E. J. (2023). Environmental performance of phytosanitary control techniques on soybean crop estimated by life cycle assessment (LCA). *Environmental Science and Pollution Research*, 30 (20), 58315–58329. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26633-x>
33. Labadessa, R., Adamo, M., Tarantino, C., & Vicario, S. (2024). The side effects of the cure: Large-scale risks of a phytosanitary action plan on protected habitats and species. *Journal of Environmental Management*, 371, 123285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123285>

ORCID

V. Pysarenko 

<https://orcid.org/0000-0002-0184-3929>



2025 Pysarenko V. and Shereshylo O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Formation of the tomato harvest depends on the application of bio-stimulators

V. Sievidov¹ | O. Alferov²

Article info

Correspondence Author

V. Sievidov

E-mail:

sevidov.vp@gmail.com

¹ State Biotechnological University, 44 Alchevskikh Str., Kharkiv, Kharkiv region, 61000, Ukraine

² Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 1 Instytutska Str., Selektiynye Village, Kharkiv District, Kharkiv Region, 62478, Ukraine

Citation: Sievidov, V., & Alferov, O. (2025). Formation of the tomato harvest depends on the application of bio-stimulators. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 37–43. doi: 10.31210/spi2025.28.02.06

The cultivation of vegetable crops in protected soil is of critical importance for ensuring the population's supply of fresh produce. Special attention should be paid to tomato production, as this crop constitutes the largest share in the overall structure of vegetable production. This is particularly relevant for soil-based cultivation in greenhouse environments. The article presents the results of a study on the effects of different inoculation durations of tomato seeds in distilled water and with the application of biostimulants ABT and Epin-Extra on plant growth, development throughout the vegetative period, and overall yield performance. The research was conducted under field trial conditions within production-scale plastic greenhouses located at the State Biotechnological University, situated in the southeastern region of the Left-Bank Forest-Steppe zone of Ukraine. The study employed two indeterminate tomato hybrids, Matias F1 and Makhtos F1, both of which are well-adapted to the cultivation conditions prevalent in Ukraine. The duration of seed soaking or inoculation was varied and set at 4, 6, and 12 hours, respectively. Treatment of seeds with both distilled water and biostimulants accelerated plant development, as evidenced by the reduced duration of phenological growth stages. Specifically, inoculation with ABT reduced the duration of key developmental phases by 2–6 days (8–11 % compared to the control), while treatment with Epin-Extra led to a shift of 6–10 days (equivalent to 11–15 %). During the peak fruiting stage, significant differences in biometric parameters were observed depending on the treatment, with Epin-Extra – treated plants showing an increase of 7–12 % over the control. It was established that seed inoculation with Epin-Extra – a multifunctional growth regulator and adaptogen – proved effective in enhancing the yield of indeterminate tomato hybrids. In particular, a 12-hour inoculation period with this biostimulant resulted in the highest recorded yield of 17.5 kg/m², which exceeded the control by 24.3 %. These findings confirm the efficacy of biostimulants – particularly Epin-Extra – in enhancing seed biological activity, stimulating growth processes, and improving yield outcomes in tomato cultivation.

Key words: tomato (*Solanum lycopersicum* L.), hybrids, seed inoculation, biological preparations, growth stimulants, growing technology, productivity.

Формування врожаю помідора в захищеному ґрунті залежно від застосування біостимуляторів

В. П. Сєвідов¹ | О. І. Алфьоров²

¹ Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

² Інститут овочівництва і баштанництва НААН України, с. Селекційне, Харківська обл., Україна

Вирощування овочевих культур в захищеному ґрунті, для забезпечення населення свіжою овочевою продукцією, має вирішальне значення. На особливу увагу заслуговує, зокрема, виробництво помідорів, оскільки їх обсяг у загальній структурі виробництва овочевої продукції найбільший. Особливо це стосується вирощування у тепличних умовах на ґрунті. У статті представлено результати досліджень впливу різної експозиції інокуляції насіння помідора у дистильованій воді та з використанням біостимуляторів АБТ та Епін-екстра на ріст, розвиток рослин протягом періоду вегетації та рівень загальної врожайності. Дослідження проводили у польовому досліді у виробничих умовах плівкових теплиць, розташованих на базі Державного біотехнологічного університету, територіально у південно-східному регіоні Лівобережного Лісостепу України. У дослідженні було використано два індетермінантні гібриди помідора Матіас F1 і Махітос F1, які адаптовані до умов культивування на території України. Тривалість замочування або інокуляції насіння варіювали відповідно 4, 6 та 12 годин. Обробка насіння як дистильованою водою, так і біопрепаратами сприяла пришвидшенню розвитку рослин, що підтверджено скороченням тривалості фенологічних фаз. Встановлено, що інокуляція насіння препаратом АБТ скоротила строки проходження основних фаз росту на 2–6 діб, що становить 8–11 % порівняно з контролем, тоді як застосування Епін-екстра забезпечило зсув тривалості цих фаз на 6–10 діб, що еквівалентно 11–15 %. У фазу масового плодоношення були виявлені суттєві відмінності в біометричних характеристиках рослин залежно від використаного препарату, зокрема при обробці насіння Епін-екстра показники приросту складали від 7 до 12 % порівняно з контролем. Встановлено, що інокуляція насіння препаратом Епін-екстра, який є багатофункціональним регулятором росту та адаптогеном, виявилось ефективним для підвищення рівня врожайності індетермінантних гібридів помідора, за умови інокуляції препаратом протягом 12 годин досягнуто максимального рівня врожайності – 17,5 кг/м², що перевищувало контроль на 24,3 %. Отримані результати свідчать про ефективність застосування біостимуляторів, особливо Епін-екстра, для підвищення біологічної активності насіння, активізації ростових процесів та забезпечення високих показників урожайності при вирощуванні помідора. Перспективою подальших досліджень є встановлення залежності між складом біостимуляторів та їх впливом на процеси формування врожайності помідора.

Ключові слова: помідор (*Solanum lycopersicum* L.), гібриди, інокуляція насіння, біостимулятори, технологія вирощування, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Сєвідов В. П., Алфьоров О. І. Формування врожаю помідора в захищеному ґрунті залежно від застосування біостимуляторів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 37–43.

Вступ

Помідори є однією з провідних овочевих культур, як у світі так і в Україні. Особливо вагоме значення має отримання овочевої продукції в умовах закритого ґрунту, що забезпечує безперервне постачання населенню свіжих овочів. У контексті тепличного овочівництва особливо важливими культурами є помідори та огірки, оскільки їх обсяг у загальній структурі виробництва овочевої продукції найбільший [1]. Збільшення врожайності помідора вимагає впровадження нових, більш досконалих технологій, зокрема це актуально при їх вирощуванні у теплицях на природних ґрунтах. Погіршення родючості ґрунтів у теплицях пов'язане переважно з недостатньо регулярним чергуванням культур, а також із надмірно активним внесенням мінеральних добрив [2]. Ефективним рішенням щодо скорочення хімічного навантаження на овочеві рослини і покращення їх врожайності вважається впровадження речовин із рістрегулюючою дією. Такі стимулятори здатні сприяти формуванню більш витривалих рослин, що ефективніше протидіють стресовим ситуаціям [3].

Біологічні стимулятори специфічно впливають на певні фізіологічні процеси у рослинному організмі, активізуючи необхідні функції. Проте успішне застосування стимуляторів росту неможливе без попереднього чіткого вивчення механізмів їх впливу на рослину та ретельної характеристики цих препаратів [4–6]. Зважаючи на значний вплив овочевих культур, особливо томатів, на здоров'я людини, питання вдосконалення технологій вирощування для отримання високих урожаїв є актуальним та важливим завданням у сучасній аграрній сфері.

Помідор як овочева культура відіграє суттєву роль у сільськогосподарському виробництві та важливим компонентом харчування людини. Саме тому дослідження аспектів його культивування мають широке значення на глобальному рівні [7–9]. Цінність помідорів обумовлюється наявністю численних біологічно активних речовин, серед яких мінерали, вітаміни, незамінні амінокислоти, цукри та харчові волокна, вони знаходять широке застосування не лише у свіжому, але й у переробленому вигляді, зокрема у консервуванні та сушінні, що дозволяє отримати продукцію з високою економічною цінністю [10].

В умовах України, враховуючи регіональні особливості клімату, томати культивують як безпосередньо у відкритих полях, так і в умовах тепличного господарства. Проте найбільш сприятливим для ранньої товарної продукції вважається спосіб вирощування рослин у закритому ґрунті за допомогою розсади [11, 12]. Основним критерієм ефективності вирощування помідорів є їх продуктивність, яка безпосередньо залежить від правильного добору агротехнічних заходів. Зокрема, покращення умов мінерального живлення є одним із найбільш перспективних способів досягнення зростання врожайності [13].

Дослідження свідчать про позитивний вплив біологічних препаратів на продуктивні показники сільськогосподарських культур. Застосування препаратів мікробного походження сприяє покращенню

проростання насіння, більш ефективному поглинанню поживних речовин коренями, підвищенню біологічної маси рослин, а також стимуляції більш раннього початку цвітіння і плодоношення [14–16]. У складі біостимуляторів використовуються ретельно відібрані штами бактерій, що мешкають у прикореневій зоні. Ці ризосферні бактерії здатні активно стимулювати процеси росту, забезпечувати кращий розвиток рослин, підвищувати їхню резистентність до захворювань та несприятливих умов навколишнього середовища. Крім того, бактерії покращують живлення томатів за рахунок виділення в ґрунт корисних речовин, таких як ферменти, гормони, мінеральні сполуки, сприяють формуванню більш оптимальної структури та підвищують родючість ґрунтів [17–19].

Мета дослідження

Метою досліджень було визначення впливу різної експозиції замочування насіння помідора у дистильованій воді та подальша обробка їх біологічними стимуляторами росту Епін-екстра та АБТ впливають на показники росту, формування і розвитку рослин під час усього періоду вегетації, а також визначення підсумкових показників урожайності досліджуваних гібридів F₁.

Матеріали і методи

Експериментальні дослідження проводили у польовому досліді у виробничих умовах плівкових теплиць, розташованих на базі Державного біотехнологічного університету, територіально у південно-східному регіоні Лівобережного Лісостепу України. Ґрунтовий шар дослідної ділянки теплиць сформований типовим чорноземом на глинистому карбонатному лесі. Проведення дослідів здійснювали відповідно до стандартних загальноприйнятих методик.

Насіннєвий матеріал досліджуваних гібридів помідора висівали у спеціальні розсадні касети в останній декаді лютого. Після появи перших сходів сіянці переносилися до теплиці, де їх пікірували у ємності об'ємом 500 см³, далі протягом доби забезпечували регулярне зрошення та періодичне розпушування субстрату. У кінці квітня – початку травня, коли рослини досягали фази 3–5 справжніх листків з висотою надземної частини близько 30–35 см, їх пересаджували до неопалюваних теплиць, оснащених крапельною системою поливу. Вологість ґрунту підтримували стабільно у межах 80,0–82,4 % найменшої вологоємності, а норма разового зрошення складала від 4,5 до 6,5 л/м², що відповідає 45–65 м³/га.

Предметом досліджень були індетермінантні гібриди помідора Матіас F₁ і Махітос F₁, які адаптовані до умов культивування на території України. Для передпосівної інокуляції насіння використовували біостимулятори росту рослин – АБТ та Епін-екстра, а також здійснювали замочування насіннєвого матеріалу лише у дистильованій воді. Тривалість замочування або інокуляції насіння

варіювали відповідно 4, 6 та 12 годин. Як контрольний варіант використовували рослини, насіння яких не проходило попередньої обробки. Варіанти дослідів були розміщені згідно методу повної рендомізації, повторність дослідів чотирикратна.

Біостимулятор росту рослин АБТ належить до мікробних препаратів комплексної дії, який застосовують у рослинництві для покращення засвоєння азоту рослинами. Основу цього препарату становлять бактерії роду *Azotobacter*, які характеризуються здатністю асоціативно фіксувати атмосферний азот, що сприяє ефективнішому живленню рослин цим елементом [20].

Біологічний препарат Епін-екстра, являє собою синтетичний аналог природного регулятора росту широкого спектру дії, до складу якого входить епібрасинолід у концентрації 0,025 г/л. Препарат має виражені адаптогенний та антистресовий вплив на рослини. Його застосування дозволяє підвищити опірність рослин хворобам, скоротити терміни дозрівання та сформувати більш рівномірний

урожай, а також посилити загальний імунітет рослин до впливу негативних факторів зовнішнього середовища [21].

У ході проведення польового дослідів систематично здійснювали вимірювання фенологічних і біометричних параметрів рослин. Врожай плодів помідора обліковували окремо по кожному з досліджуваних варіантів, результати визначалися у кг/м² площі теплиці.

Результати та їх обговорення

Проведені дослідження дали змогу оцінити ефективність впливу обробки насіння помідора біостимуляторами при різних часових інтервалах замочування на швидкість настання основних фаз розвитку рослин. Застосування біопрепаратів помітно скорочувало строки досягнення ключових стадій розвитку рослин, сприяючи більш ранньому та рівномірному проходженню фаз росту порівняно з контрольним варіантом без обробки (*табл. 1*).

Таблиця 1

Пройдення фаз росту і розвитку рослин помідора залежно від обробки насіння (середнє за 2018–2021 рр.).

Варіант дослідів	Експозиція	Від посіву до			Перший – останній збір, діб
		появи сходів, діб	цвітіння, діб	плодоношення, діб	
Без обробки (контроль)	–	6	65	130	93
Н ₂ O дистильована	4 год.	6	63	130	93
	6 год.	5	61	125	93
	12 год.	5	62	126	93
АБТ	4 год.	5	61	128	93
	6 год.	5	59	123	93
	12 год.	5	60	124	93
Епін-екстра	4 год.	4	59	124	93
	6 год.	4	56	120	93
	12 год.	4	57	121	93
Xsr		4,9	60,3	125,1	93,0
Sx		–	0,8	1,0	0,0
V, %		–	4,3	2,6	0,0

Встановлено засвідчили позитивний вплив передпосівного замочування насіння на швидкість настання фаз розвитку. Обробка насіння помідора біостимулятором АБТ забезпечувала появу поодиноких і масових сходів відбувалась на четверту – шосту добу. Використання біостимулятора Епін-екстра забезпечило появу сходів на четверту добу. За використання Епін-екстра рослини помідора проходили основні фази свого розвитку приблизно на одну добу раніше порівняно з іншими варіантами дослідів. Тривалість фенологічних фаз розвитку за застосування АБТ скорочувалась на 2–6 діб, тоді як після використання Епін-екстра ці показники зменшувалися вже на 6–10 діб, залежно від експозиції. Найбільш ефективним був варіант із замочуванням насіння Епін-екстра протягом 6 годин, де фази росту проходили на добу швидше порівняно з іншими варіантами дослідів.

Сортові особливості гібридів помідора не мали значного впливу на ефективність застосованих варіантів обробки насіння. Ранньостиглий гібрид помідора Махітос F1 характеризувався дещо швидшим початком основних фенологічних фаз порівняно з гібридом Матіас F1, але різниця була неістотною.

За результатами біометричних спостережень було підтверджено позитивну дію використаних біостимуляторів на показники росту рослин помідора у фазу активного масового цвітіння (*рис. 1*).

Результати проведеного експерименту свідчать про позитивний вплив інокуляції насіння АБТ, Епін-екстра або ж замочування у дистильованій воді на темпи росту рослин помідора. Встановлено, що мінімальним показником висоти стебла серед усіх досліджуваних варіантів характеризувались рослини контрольного варіанту, які досягали лише близько 115 см. Найбільша висота рослин (127 см) зафіксована у варіанті, де насіння помідора було оброблено препаратом Епін-екстра, що на 10,4 % перевищувало контроль. У даному варіанті рослини формували стебло завтовшки від 0,7 до 0,8 см. На контролі середня маса рослин була найменшою (1037 г), тоді як після застосування Епін-екстра вона досягала значно вищого рівня (1214 г). Таким чином, максимальна маса рослин спостерігалась у варіантах за обробки біопрепаратами АБТ, Епін-екстра, або замочувалося у воді, перевищуючи контроль відповідно на 10, 17 і 3 %.

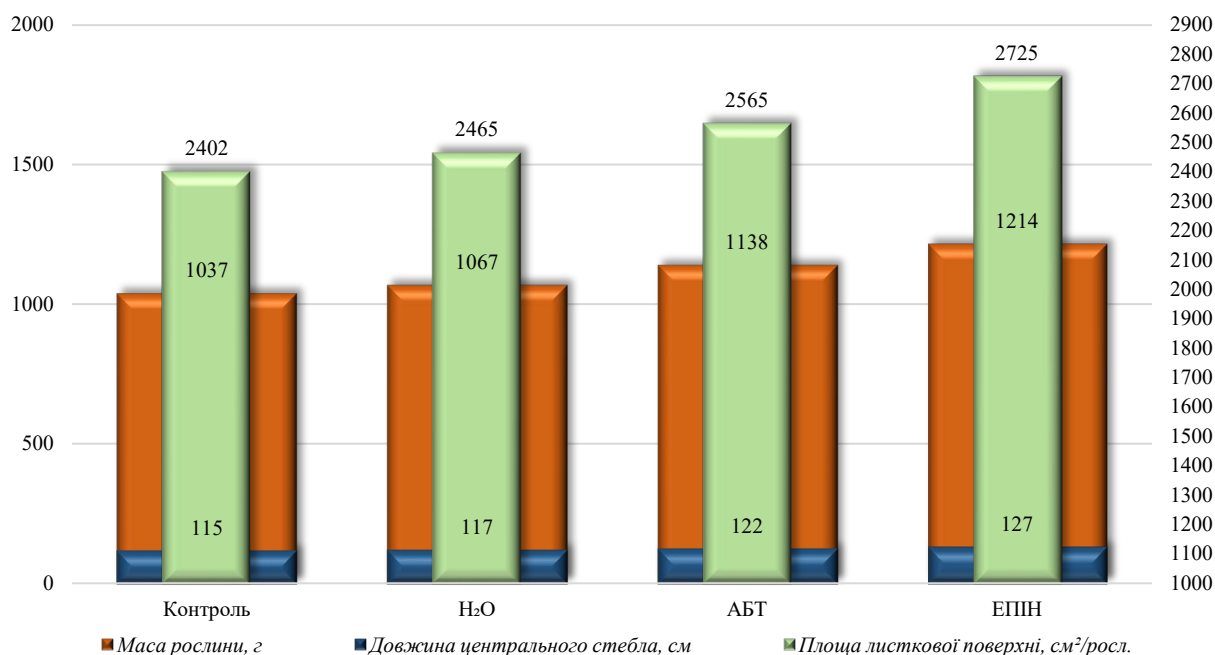


Рис 1. Біометричні показники рослин індетермінантних гібридів помідора у фазу цвітіння (середнє за 2018–2021 рр.).

Проведений аналіз асиміляційної поверхні листкового апарату помідорів підтвердив помітне її збільшення у варіантах з інокуляцією біостимуляторами росту. За обробки насіння препаратом АБТ площа поверхні листків була більшою на 6 % порівняно з контролем, а у разі використання препарату Епін-екстра показник

площі поверхні листків був на 14 % більше контролю.

Отримані біометричні дані рослин помідора за період проведення експерименту дозволили встановити виражені відмінності у розвитку рослин залежно від способу інокуляції насіння із застосуванням біостимуляторів (рис. 2).

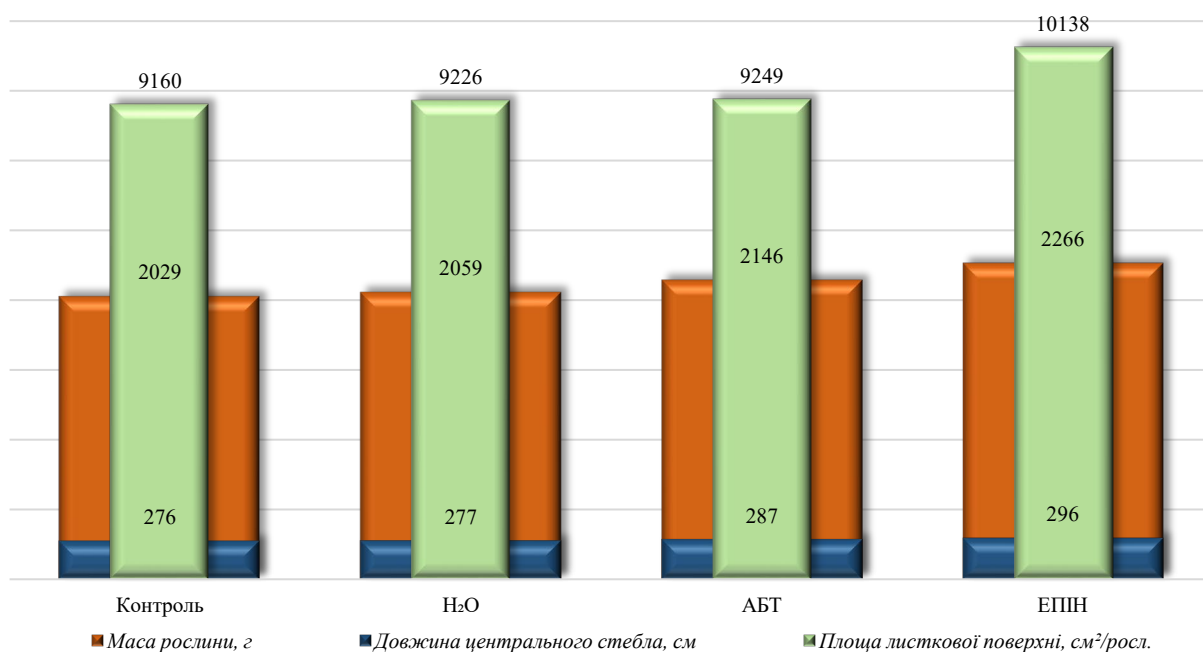


Рис 2. Біометричні показники рослин індетермінантних гібридів помідора у фазу плодоношення (середнє за 2018–2021 рр.).

За обробки насіння препаратом Епін-екстра, мали максимальну довжину стебла, що сягала 297 см, на 7,2 % більше контролю (277 см). В інших досліджуваних варіантах цей показник суттєво не

відрізнявся від контрольних даних. Товщина стебел варіювалася в межах 1,0–1,3 см, що свідчить про відсутність впливу інокуляції насіннєвого матеріалу на цей параметр. Щодо площі асиміляційної поверхні

листіків, відзначено аналогічну тенденцію: за контрольним варіантом середнє значення становило 9160 см², а за застосування Епін-екстра цей показник зріс до 10138 см², що на 11 % більше контролю. За іншими варіантами спостерігали незначне відхилення від контрольних результатів, що не виходило за межі допустимої похибки експерименту. Загальна кількість сформованих листків на одній рослині знаходилась у межах 26–28 штук. Маса рослин варіювала залежно від варіанту досліду у межах 2029–2266 г. Найвищу масу зафіксували у варіанті із застосуванням Епін-екстра – 2266 г, на

12 % більше контролю. Найнижчим значенням маси характеризувались рослини за контрольним варіантом – 2029 г. Відзначено залежність помітна від типу використаного для інокуляції насіння препарату. За всіма досліджуваними параметрами рослини після застосування Епін-екстра мали пере-вищення над контрольним варіантом у межах від 7 до 12 %.

За роки досліджень, найбільш високий показник врожайності відзначено за інокуляції насіння препаратом Епін-екстра (рис. 3).

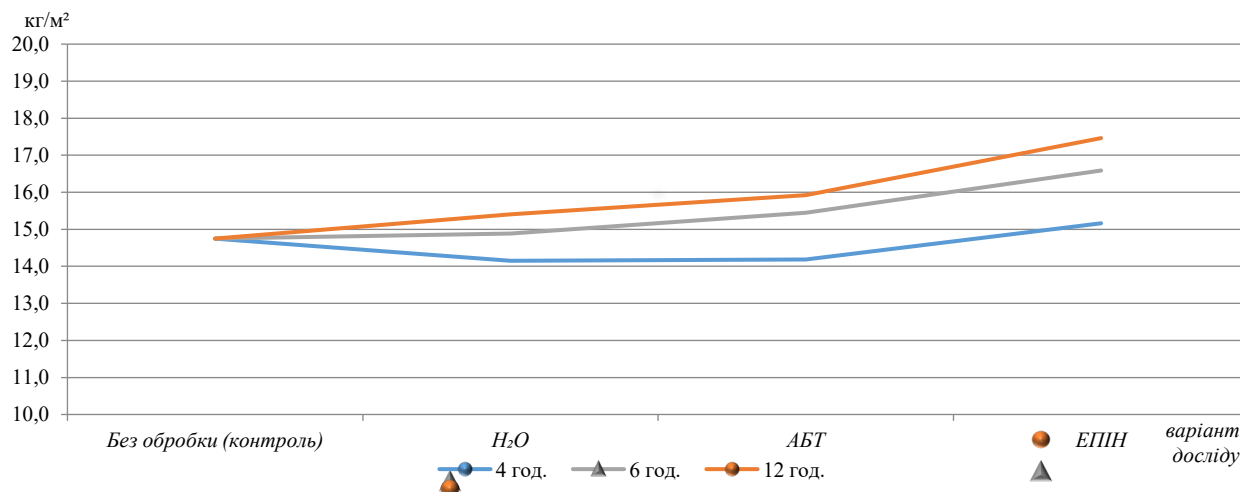


Рис. 3. Врожайність помідора у досліді, залежно від препаратів та експозиції обробки насіння, кг/м² (середнє за 2018–2021 рр.).

Найнижчий рівень врожайності зафіксовано у 2019 році, за обробки препаратом АБТ із терміном 4 годин – 13,3 кг/м². Водночас максимальний рівень

врожайності спостерігався у 2020 на рівні 18,1 кг/м², за інокуляції насіння препаратом Епін-екстра з експозицією 12 год. (табл. 2).

Таблиця 2

Формування загального врожаю порівняно з контролем за варіантами досліду (2018–2021 рр.)

Фактор А (варіант обробки насіння)	Фактор Б (експозиція)	Урожайність, кг/м²					± до контролю	
		2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	в середньому	кг	%
Без обробки (контроль)		13,5	13,4	14,3	15,0	14,1	0,0	0,0
Н ₂ О дистильована	4 год.	13,8	13,8	14,7	14,4	14,2	0,1	0,7
	6 год.	14,5	14,1	15,8	15,3	14,9	0,8	6,0
	12 год.	14,8	15,5	15,8	15,7	15,4	1,4	9,6
АБТ	4 год.	13,5	13,3	15,0	15,0	14,2	0,1	1,0
	6 год.	14,9	15,0	16,2	15,8	15,5	1,4	10,0
	12 год.	14,9	15,9	16,8	16,3	15,9	1,9	13,3
ЕПІН	4 год.	14,8	14,8	15,7	15,5	15,2	1,1	7,9
	6 год.	16,2	15,8	17,2	17,2	16,6	2,5	18,1
	12 год.	17,0	16,9	18,1	17,9	17,5	3,4	24,3

Найнижчий показник урожайності помідора відзначено без обробки насіння, де середнє значення становило – 14,1 кг/м². Інокуляція насіння у дистильованій воді сприяло підвищенню врожайності помідора на 9,6 %, за експозиції інокуляції в 12 годин, становило 16,7 кг/м². Варіанти з меншою експозицією також перевищували контрольний на 0,7–6,0 % (на 0,1–0,8 кг/м²).

Інокуляція насіння препаратом АБТ за експозиції в 12 годин сприяло підвищенню врожайності до 15,9 кг/м², на 13,3 % більше контролю. За експозиції в

6 годин у зазначеному варіанті отримано підвищення врожайності до 15,5 кг/м², що на 10 % більше контролю. За експозиції в 4 години практично на рівні контролю.

Найефективнішим варіантом виявилася обробка насіння препаратом Епін-екстра з експозицією тривалістю 12 годин із підвищенням показника врожайності на рівні 17,5 кг/м², що на 24,3 % більше порівняно із контрольним варіантом. За експозиції в 6 годин отримано підвищення врожайності до 16,6 кг/м², на 18,1 % більше контролю. При менш тривалій обробці насіння у 4 години, приріст

врожайності помідорів склав 15,2 кг/м², на 7,9 %, більше контролю.

Для оцінки достовірності отриманих результатів і встановлення ступеня точності експерименту було проведено дисперсійний аналіз за методом ANOVA, що дозволяє визначити існування статистично значущих відмінностей між середніми значеннями

врожайності за досліджуваними факторами у різних варіантах досліду. При цьому за досліджуваними факторами було використано рівень статистичної значущості 0,95. За результатом проведеного аналізу різниця середніх значень вибірок не може бути пояснена лише випадковістю за обома факторами досліду (*табл. 3*).

Таблиця 3

Підсумкова таблиця дисперсійного аналізу даних за факторами досліду

Фактор досліду		Урожайність в середньому, кг/м ²	Різниця за фактором		Sx%	T%
			А	Б		
А (варіант обробки насіння)	Без обробки (контроль)	14,8	0,0	x*	5,4	94,6
	H ₂ O дистильована	14,8	0,0	x		
	АБТ	15,2	0,4	x		
	ЕПН	16,4	1,6	x		
Б (експозиція)	4 год.	14,4	x	0,0		
	6 год.	15,4	x	1,0		
	12 год.	16,1	x	1,7		
НІР _{0.95} за факторами		АБ = 1.4	0.8	0.7		

Примітка: * x – не застосовується до цього фактора.

Визначено, що за інокуляції насіння гібридів помідора препаратом Епін-екстра суттєві відмінності за фактором А становили 1,6 при значенні НІР_{0,95} – 0,8. Достовірно значимий приріст урожаю плодів помідора за фактором Б спостерігався при експозиціях обробки насіння 6 і 12 годин, показники яких становили відповідно 1,0 і 1,7 за НІР_{0,95} – 0,7. Загальна відносна помилка експерименту становила 5,4 %, що свідчить про високу точність проведення польового досліду на рівні 94,6 %.

Висновки

Найвища ефективність вирощування помідорів досягається за інокуляції насіння індетермінантних гібридів препаратом Епін-екстра, біологічним регулятором росту з вираженими адаптогенними властивостями. Використання препарату позитивно впливає на процеси розвитку та росту рослин помідора незалежно від експозиції обробки насіння. Відзначено, що замочування насіння у воді, а також інокуляція біостимуляторами АБТ і Епін-екстра суттєво скорочують тривалість проходження основних фаз розвитку рослин, в межах 2–10 діб, залежно від обраного часу експозиції. Показники біометричних вимірювань рослин помідора істотно відрізняються в залежності від використаного біостимулятора. Встановлено, що застосування препарату Епін-екстра під час обробки насіння забезпечує найбільш суттєвий приріст біометричних показників у фазу масового цвітіння – на 10–17 %, а у фазу активного плодоношення – на 7–12 %. Іншим важливим аспектом проведеної інокуляції насіння є збільшення врожайності помідора. Найбільший приріст урожаю спостерігається саме за застосування препарату Епін-екстра. Найкращий результат зафіксовано при застосуванні Епін-екстра з експозицією обробки насіння 12 годин, за якого врожайність помідора досягає найвищого значення – 17,5 кг/м².

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Sievidova, I. O. (2013). Vplyv yakosti ovochevoi produktsii na konkurentospromozhnist ovochivnytstva. *Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: Ekonomika APK*, 20 (1), 302–306. [in Ukrainian]
2. Dubovyi, V. I., Tkalych, V. V., & Romanchuk, L. D. (2012). Ahrokhimichni osoblyvosti gruntu v rehulovanykh ahroekosystemakh. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu*, 1 (1), 164–168. [in Ukrainian]
3. Parnell, J. J., Berka, R., Young, H. A., Sturino, J. M., Kang, Y., Barnhart, D. M., & DiLeo, M. V. (2016). From the lab to the farm: an industrial perspective of plant beneficial microorganisms. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01110>
4. Ternavskiy, A. G., Shchetyna, S. V., Slobodanyk, H. Y., & Ketskalo, V. V. (2022). Yield and quality of fruits of cucumber on a vertical trellis depending on the application of plant growth regulators in the Forest Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47 (1), 132–137. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.18>
5. Sievidovadia, V., Serhienko, O., Lebedynskiy, I., & Sievidov, I. (2024). The efficacy of chelated micronutrient fertilisers in tomato cultivation. *Scientific Horizons*, 27 (12), 27–37. <https://doi.org/10.48077/scihor12.2024.27>
6. Oliveira, E. R., Nunes, A., Dutra, F. de S., Azevedo, G. Z., Schneider, A. R., Santos, B. R. dos, Munaro, D., Moura, S., Lima, G. P. P., & Maraschin, M. (2025). Marine and terrestrial biostimulant elicitors of tolerance to cold stress. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1569516>
7. Hil, L. S. (2008). *Suchasni tekhnolohii ovochivnytstva zakrytoho ta vidkrytoho gruntu : navchalnyi posibnyk*. Vinnytsia: Nova knyha [in Ukrainian]
8. Sydiakina, O. V., & Shanhar, O. S. (2014). Produktivnist hibrydiv pomidora v umovakh kraplynnoho zroshennia Pivdnia Ukrainy. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 27–31. [in Ukrainian]
9. Sievidova, I. O. (2018). Tendentsii rozvytku promyslovoho ovochivnytstva u ahrarnykh pidpryemstvakh. *Efektivna ekonomika*, 1. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6057> [in Ukrainian]

10. Hernández-Ochoa, J. S., Levin, L. N., Hernández-Luna, C. E., Contreras-Cordero, J. F., Niño-Medina, G., Chávez-Montes, A., López-Sandín, I., & Gutiérrez-Soto, G. (2019). Antagonistic potential of *Macrolepiota* sp. against *Alternaria solani* as causal agent of early blight disease in tomato plants. *Gesunde Pflanzen*, 72 (1), 69–76. <https://doi.org/10.1007/s10343-019-00484-4>
11. Stefaniuk, S. (2019). Pomidory: hibrydy ta yikhnia urozhainist. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*, 23, 133–136. [in Ukrainian]
12. Yarovy, H., Sievidov, V., & Sievidov, I. (2020). Productivity and productivity of indeterminate type tomato hybrids in plastic film greenhouses. *Vegetable and Melon Growing*, 67, 64–72. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-67-64-72>
13. Tsygankova, V., Andrushevich, Y., Kopich, V., Shtompel, O., Velihina, Y., Pilyo, S., Kachaeva, M., Kornienko, A., Brovarets, V. (2018). Application of Oxazole and Oxazolopyrimidine as New Effective Regulators of Oilseed Rape Growth. *Scholars Bulletin*. 4 (3), 301–312..
14. Vincze, É.-B., Becze, A., Laslo, É., & Mara, G. (2024). Beneficial soil microbiomes and their potential role in plant growth and soil fertility. *Agriculture*, 14 (1), 152. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010152>
15. Wu, Y., Zhao, H., Xiao, M., Liu, H., He, H., Peng, L., Tao, Q., Tang, X., Zhang, Y., Huang, R., Li, B., & Wang, C. (2025). A plant growth-promoting bacterium supports cadmium detoxification of rice by inducing phenylpropanoid and flavonoid biosynthesis. *Journal of Hazardous Materials*, 484, 136795. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136795>
16. Abo-Elyousr, K. A. M., & Mohamed, H. M. (2009). Note biological control of fusarium wilt in tomato by plant growth-promoting yeasts and rhizobacteria. *The Plant Pathology Journal*, 25 (2), 199–204. <https://doi.org/10.5423/ppj.2009.25.2.199>
17. Kafeel, U., Jahan, U., & Khan, F. A. (2023). Role of mineral nutrients in biological nitrogen fixation. *Sustainable Plant Nutrition*, 87–106. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-18675-2.00004-3>
18. Kots, S. Ia., & Patyka, V. P. (2009). Biologichna fiksatsiia azotu ta yii znachennia u zhyvlenni roslyn. In V.V. Morhun (red.). *Fiziologhiia roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku: u 2 tomakh*. (Tom 1, pp. 344–386). Kyiv : Lohos [in Ukrainian]
19. Vdovenko, C. A., Davymoka, O. V., & Mudritska, L. M. (2016). Efektyvnist zastosuvannia deiakykh biopreparativ na produktyvnist tsybuli-porei. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu*, 2 (56), 108–113. [in Ukrainian]
20. Bilokonska, O. M., Khalep, Yu. M., & Kozar, S. F. (2020). Economic and energy efficiency of bacterization with *A. chroococcum* 2.1 when cultivating cucumbers. *Agroecological Journal*, 2, 69–76. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207683>
21. Savuschyk, M. P., Khromulyak, O. I., Shlonchak, G. A., & Yashchuk, I. V. (2020). Influence of plant growth regulators on growth of Scots pine seedlings in open ground (in Kyiv Forest Research Station). *Forestry and Forest Melioration*, 136, 78–82. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.78>

ORCID

V. Sievidov  <https://orcid.org/0000-0002-3826-5149>
 O. Alferov  <https://orcid.org/0000-0002-0357-3141>



2025 Sievidov V. and Alferov O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Optimization of processes in hybrid maize cultivation technology: a managerial perspective

M. Shevnikov | D. Vlasenko✉

Article info

Correspondence Author

D. Vlasenko

E-mail:

dmytro.vlasenko@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Shevnikov, M., & Vlasenko, D. (2025). Optimization of processes in hybrid maize cultivation technology: a managerial perspective. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 44–50. doi: 10.31210/spi2025.28.02.07

The purpose of this review is to analyze the possibilities for optimizing production processes in the cultivation technology of hybrid maize from a managerial perspective, considering the current challenges in agricultural production and aiming to enhance overall efficiency. The review focuses on management approaches that improve agricultural productivity by streamlining key stages of the production cycle – from sowing to harvesting. Special attention is given to decision-making processes, digital technologies, and adaptive planning as tools for increasing the efficiency of hybrid maize production. An analysis of market trends in 2023–2024 reveals that despite a decline in profitability to 11 %, maize remains a strategic crop in crop rotation. This is due to stable yields, partial recovery of export potential, and a favorable price dynamic. The review identifies that managerial efforts are primarily concentrated on technologically and economically sensitive stages – sowing, fertilization, crop protection, and harvesting. Rationalization at these stages allows for yield increases from 5.0–6.0 to 7.0–7.5 t/ha, and profitability growth to 18–22 %. The efficiency of agricultural enterprises increasingly depends on the quality of managerial decisions. Priority areas include optimization of sowing and harvesting schedules, cost control, and modernization of technical support. Based on the analysis of scientific literature and analytical materials, several practical directions for improving management have been identified: the implementation of automated accounting systems, the use of digital monitoring tools (GPS, drones, agro-scouts), and adaptive planning that considers not only agrotechnological factors but also climate variability and market conditions. The generalizations provided in this review can support the development of managerial decisions aimed at enhancing the economic resilience, profitability, and competitiveness of agricultural enterprises. The systematization of approaches to the rationalization of production processes demonstrates that technological renewal, combined with digital tools, enables the transformation of even low-profit production models into profitable ones.

Keywords: hybrid maize, technology rationalization, agroprocess management, Forest-Steppe of Ukraine, economic efficiency, profitability, agromanagement.

Раціоналізація процесів у технології вирощування гібридів кукурудзи: управлінський аспект

М. Я. Шевніков | Д. В. Власенко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Метою проведеного огляду є здійснення аналізу щодо можливостей оптимізації виробничих процесів у технології вирощування гібридів кукурудзи з управлінської точки зору, з урахуванням сучасних викликів аграрного виробництва та з метою підвищення ефективності агровиробництва. У межах огляду акцент зроблено на управлінських підходах до підвищення продуктивності аграрного сектору шляхом вдосконалення ключових етапів виробничого циклу – від сівби до збирання врожаю. Особливу увагу приділено ролі прийняття рішень, цифрових технологій та адаптивного планування як інструментів підвищення ефективності виробництва гібридної кукурудзи. Аналіз ринкових тенденцій 2023–2024 років засвідчив, що, попри зниження рентабельності до 11 %, кукурудза зберігає статус стратегічної культури в сівозміні. Це пояснюється стабільною урожайністю, частковим відновленням експортного потенціалу та позитивною динамікою цін. У процесі огляду встановлено, що управлінське навантаження сконцентровано на технологічно та економічно чутливих етапах – сівбі, удобренні, захисті рослин і збиранні врожаю. Саме ці процеси є ключовими для раціоналізації, оскільки оптимізація їх параметрів дозволяє підвищити урожайність з 50–60 до 70–75 ц/га, а рівень рентабельності – до 18–22 %. Ефективність функціонування аграрного підприємства все більше залежить від якості управлінських рішень. Зокрема, актуальним є впровадження практик оптимізації строків сівби і збирання, контролю виробничих витрат, а також модернізації технічного забезпечення. Огляд літературних джерел та аналітичних матеріалів дозволив виокремити низку практичних напрямів вдосконалення агроуправління: застосування автоматизованих систем обліку, використання цифрових моніторингових інструментів (GPS, дронів, агроскаутів), а також адаптивне планування, яке враховує не лише агротехнологічні чинники, але й мінливість кліматичних умов та ринкової кон'юнктури. Отримані узагальнення можуть бути використані для розробки управлінських рішень, спрямованих на підвищення економічної стійкості, рентабельності та конкурентоспроможності агропідприємств. Здійснене структурування підходів до раціоналізації виробничих процесів демонструє, що технологічне оновлення, у поєднанні з цифровими рішеннями, відкриває можливості трансформації навіть низкорентабельних моделей виробництва у прибуткові.

Ключові слова: гібридна кукурудза, раціоналізація технологій, управління агропроцесами, Лісостеп України, економічна ефективність, рентабельність, агроменеджмент.

Бібліографічний опис для цитування: Шевніков М. Я., Власенко Д. В. Раціоналізація процесів у технології вирощування гібридів кукурудзи: управлінський аспект. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 44–50.

Рациональне управління аграрними технологічними процесами є ключовою умовою підвищення продуктивності та ефективності агробізнесу. В умовах динамічного розвитку сільського господарства, зростання вартості ресурсів та кліматичних змін, особливого значення набуває впровадження ефективних управлінських рішень у виробництві технічних культур, зокрема кукурудзи. Гібриди кукурудзи демонструють високий потенціал урожайності, проте лише за умов дотримання оптимальних елементів технології вирощування та раціонального використання ресурсів. Це зумовлює необхідність дослідження організаційних і управлінських підходів до побудови ефективного продукційного процесу.

Вирощування гібридів кукурудзи є важливим об'єктом наукового аналізу в контексті продовольчої безпеки, ефективності агровиробництва та кліматичних змін. Сучасні дослідження зосереджені на оптимізації технологічних процесів, впровадженні ресурсозберігаючих технологій і обґрунтуванні управлінських рішень на рівні господарства. Актуальність теми зумовлена необхідністю скорочення витрат і стабілізації доходів в умовах економічної нестабільності. Аналіз наукових джерел дає змогу окреслити підходи до раціоналізації вирощування кукурудзи та формування ефективної моделі агроменеджменту.

Aliyu K. T., Shehu B. M., Adam A. M. [1] досліджували ефективність цифрових інструментів у впровадженні системи живлення кукурудзи в умовах пандемії COVID-19 на півночі Нігерії. Узагальнено, що застосування мобільного додатку Nutrient Expert забезпечило підвищення урожайності на 48 % порівняно з традиційними практиками фермерів, що підтверджує доцільність впровадження цифрового управління живленням рослин.

Amiri S., Zakeri N., Yousefi T. [2] присвятили своє дослідження ефективності використання моделі APSIM для оптимізації виробництва гібриду кукурудзи SC 704 в умовах посушливого клімату південно-східного Ірану. Встановлено, що найвищу урожайність забезпечує пізній строк сівби в поєднанні з 15-разовим поливом, що дозволяє уникати температурного стресу у фазі цвітіння і значно підвищити продуктивність культури.

Ефективність інтенсивної адаптивної системи управління вирощуванням кукурудзи (ACMS), яка включала біостимулятори, мінеральне підживлення та фоліарні обробки досліджено у статті Arinaitwe U., Thomason W., Frame W. H., Reiter M. S., Langston D [3]. Узагальнено, що інтенсивні технології підвищували урожайність у 3 з 10 випадків, а ефективність залежала від зрошення та локальних умов, що підтверджує доцільність індивідуалізації агропрактик.

Adrienn Széles, László Huzsvai, Safwan Mohammed, Anikó Nyéki, Péter Zagyi, Éva Horváth, Károly Simon, Sana Arshad, András Tamás [4] дослідили ефективність використання технологій точного землеробства (SPAD і NDVI з БПЛА) для моніторингу урожайності кукурудзи в Угорщині за умов зрошення та без нього. Встановлено, що впровадження PrA-технологій у поєднанні з оптимальними нормами азотного

удобрення (120 кг/га) дозволяє підвищити урожайність на 37,2 % і приймати обґрунтовані агрономічні рішення.

Mahoney K. J., Klapwyk J. H., Stewart G. A., Jay W. S., Hooker D. C. оцінили вплив листових фунгіцидів класу QoI (азоксистробін і піраклостробін) на кукурудзу, пошкоджену градом. Установлено, що хоча фунгіциди зменшували ураженість сірою плямистістю листя, вони не сприяли істотному підвищенню урожайності, тому їх застосування не є виправданим виключно через градобій [5].

У дослідженні Гангура В. В. та Пелих М. А. [6] встановлено вплив строків сівби та густоти стояння рослин на продуктивність середньостиглих гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу. Авторами з'ясовано, що найвищу урожайність забезпечує гібрид P9127, а оптимальним періодом сівби є 20–30 квітня при нормі висіву 65 тис. насінин/га. Виявлено також, що найвища маса 1000 насінин формується при зниженій нормі висіву, а строки сівби мають диференційований вплив на продуктивність залежно від гібриду.

Каленська С. М., Свистунов Ю. В. і Антал Т. В. [7] досліджено ефективність застосування регулятора росту Вітазім у вирощуванні гібридів кукурудзи на чорноземах Лівобережного Лісостепу України за різного рівня мінерального живлення. Встановлено, що оптимальне внесення Вітазіму (1,0 л/га у 17-ту мікростадію BBCH) сприяє приросту урожайності на 10–13 %, зокрема у гібрида Александра, який забезпечив до 11,90 т/га. Обґрунтовано доцільність диференційованого підходу до технологій вирощування залежно від ресурсного забезпечення господарств.

Вожеговою Р. А., Дробітом О. С., Шебаніним В. С., Дробітьком А. В. [8] узагальнено особливості формування продуктивності гібридів кукурудзи інтенсивного типу в умовах зрошення Південного Степу України. Встановлено, що максимальну урожайність зерна забезпечує оптимізація строків сівби та густоти стояння рослин, а основним фактором впливу на продуктивність є гібридний склад. Побудовано кореляційно-регресійні моделі та здійснено економічну оцінку ефективності розроблених технологічних рішень.

Аналіз останніх наукових досліджень показав, що ефективність вирощування гібридів кукурудзи значною мірою залежить від правильного вибору агротехнічних прийомів, оптимізації строків сівби, норм висіву, застосування регуляторів росту та мікродобрив. Особливу увагу науковці приділяють адаптації технологій до кліматичних умов регіону, біологічних особливостей гібридів та забезпеченості вологозапасами ґрунту, що дає змогу мінімізувати ризики і підвищувати економічну ефективність виробництва кукурудзи.

Матеріал присвячено теоретичному узагальненню підходів до раціоналізації технологічних процесів вирощування гібридів кукурудзи шляхом вдосконалення управлінських рішень, орієнтованих на підвищення урожайності, прибутковості та стійкості виробництва в умовах сучасних економічних і кліматичних викликів. Практична цінність даного огляду

полягає в поєднанні економічної оцінки технологічних варіантів із прикладними рекомендаціями щодо оптимізації управління аграрними процесами на основі сучасних цифрових технологій і принципів адаптивного планування.

Для підготовки оглядового матеріалу використано комплекс методичних підходів, що забезпечили всебічне висвітлення аспектів ефективності раціоналізованих технологій вирощування гібридної кукурудзи. Методологічну основу роботи становлять елементи порівняльного та факторного аналізу, системного підходу, економічного моделювання, а також методи контент-аналізу наукових джерел і статистичних даних.

Огляд базується на узагальнених показниках агро-виробництва господарств Лісостепу України, зокрема щодо урожайності, витрат та рентабельності за класичною і раціоналізованою технологією у 2023–2024 роках. З метою інтерпретації управлінських аспектів застосовано підхід до аналізу технологічного циклу (етапи сівби, удобрення, захисту рослин, збирання врожаю) у поєднанні з елементами сценарного моделювання адаптивного планування. Окрему увагу приділено оцінюванню доцільності впровадження цифрових агроінструментів, зокрема GPS-моніторингу, дронів і технологій агроскаутингу, як інструментів підвищення точності управлінських рішень.

Кукурудза посідає одне з провідних місць у світовому та вітчизняному агро-виробництві завдяки універсальності використання, високому потенціалу

врожайності та здатності адаптуватися до різних кліматичних умов. Особливої уваги заслуговують гібриди кукурудзи, які за дотримання сучасних технологій здатні формувати стабільні врожаї на рівні 14–17 т/га. Їх ефективність значною мірою залежить від управлінських рішень, зокрема вибору строків сівби, групи стиглості, систем удобрення та контролю після-збиральних втрат [10].

У контексті кліматичних змін, зростання виробничих витрат і нестабільності світових ринків вирощування кукурудзи набуває стратегічного значення. Україна залишається одним із ключових експортерів цієї культури, що підсилює її роль у глобальній продовольчій безпеці [11]. З 2016 по 2023 рік у структурі витрат на вирощування кукурудзи суттєво зросла частка енергоносіїв, амортизаційних відрахувань та оплати праці, що потребує перегляду підходів до управління виробництвом [13].

У цьому контексті раціоналізація процесів і впровадження сучасних управлінських рішень стають необхідною умовою підвищення економічної ефективності. Для подальшого аналізу важливо дослідити динаміку посівних площ, що відображає рівень попиту на культуру та зміни в аграрній політиці держави. Аналіз динаміки посівних площ кукурудзи в Україні за період 2000–2024 рр. – **рисунк 1**, свідчить про суттєве розширення масштабів її вирощування з початку 2000-х років. Якщо у 2000 році під кукурудзу було відведено лише 1,28 млн а, то вже у 2021 році цей показник досягнув піку – 5,48 млн га [14].



Рис. 1. Динаміка посівних площ кукурудзи в Україні у 2000–2024 рр.

Джерело: узагальнено на підставі [12–15].

Така тенденція зумовлена високим попитом на кукурудзу як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, а також її здатністю забезпечувати стабільні врожаї навіть за умов кліматичних змін. Найінтенсивніше зростання площ спостерігалось у 2010–2021 роках, що збіглося з активним розвитком експортного потенціалу України.

Водночас після 2021 року відбулося помітне скорочення посівних площ: у 2022 році – до 4,13 млн га, у 2023 році – до 3,98 млн га, а за

попередніми оцінками на 2024 рік – до 3,76 млн га. Це скорочення пов'язане з повномасштабною війною, логістичними труднощами, ризиками експорту та загальним падінням інвестиційної активності в агро-секторі. Незважаючи на це, кукурудза зберігає своє стратегічне значення, що підтверджує необхідність удосконалення технологічних і управлінських підходів до її вирощування задля підвищення ефективності та стійкості виробництва [14].

Зменшення посівних площ кукурудзи після

2021 року, попри загальний спад агровиробництва, не призвело до істотного зниження її ролі в структурі зернових культур. Це підтверджують дані щодо

питомої ваги кукурудзи у загальному валовому виробництві зернових та зернобобових культур в Україні у 2018–2024 роках (рис. 2).

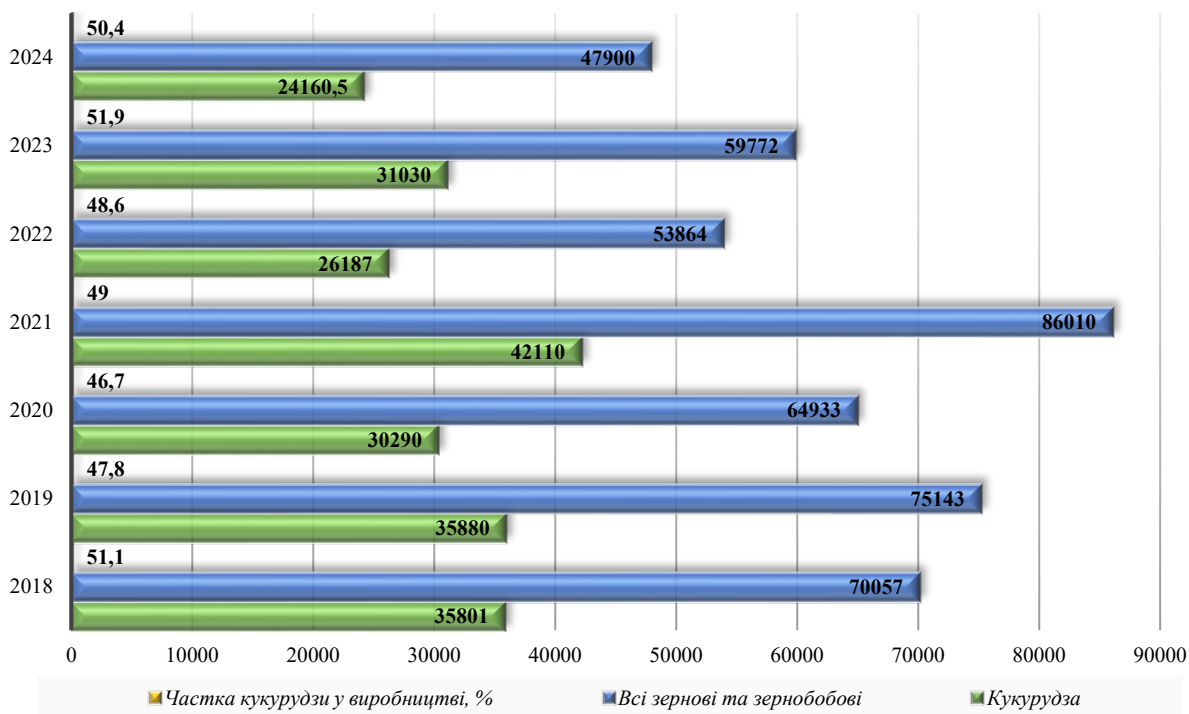


Рис. 2. Аналіз виробництва кукурудзи в Україні (2000–2024 рр.)

Джерело: узагальнено на підставі [12–15].

Поглиблений аналіз динаміки посівних площ кукурудзи в Україні протягом 2000–2024 років свідчить про суттєві зміни у структурі агровиробництва. Починаючи з 2000 року, площі під цією культурою зросли майже у 4,3 раза, досягнувши пікового значення у 2021 році – 5,48 млн га. Зростання посівів у 2010–2021 роках пояснюється зростаючим експортним попитом, високим рівнем врожайності гібридів, порівняною стабільністю доходів від виробництва кукурудзи та модернізацією технічного забезпечення господарств. Проте вже з 2022 року спостерігається помітне скорочення площ – до 4,13 млн га у 2022-му, 3,98 млн га у 2023-му та очікуваних 3,76 млн га у 2024 році. Основними чинниками такого зниження є війна, обмеження на експорт, нестабільність ринків збуту, зростання вартості ресурсів і зниження інвестиційної активності.

Водночас, навіть за умов скорочення посівних площ, кукурудза зберігає домінуючу роль у структурі валового виробництва зернових і зернобобових культур. За даними 2018–2024 років, її частка у загальному виробництві коливається в межах 46–52 %, що свідчить про високу продуктивність та ефективність цієї культури. У 2020 році, через несприятливі погодні умови та нижчі врожаї, питома вага кукурудзи впала до 46,65 %, однак уже у 2023 році вона сягнула рекордних 51,91 %, незважаючи на обмежені ресурси та воєнні умови. Це свідчить про здатність кукурудзи зберігати високу економічну доцільність навіть у складних виробничих обставинах [15].

Таким чином, поєднання динаміки посівних площ та аналізу структури валового виробництва дозволяє зробити висновок про те, що кукурудза залишається ключовою стратегічною культурою в агросекторі України. Її значення не лише як експортного товару, а й як стабільного джерела доходів для сільськогосподарських виробників підтверджує доцільність подальшої раціоналізації технологічних процесів і удосконалення управлінських рішень у сфері її вирощування [18–20].

Результати попереднього аналізу підтверджують, що ефективність вирощування гібридної кукурудзи значною мірою визначається не лише генетичним потенціалом рослин, а й якістю управління на кожному етапі технологічного процесу. В умовах сучасного аграрного менеджменту технологія вирощування розглядається як комплекс взаємопов'язаних рішень, які формують кінцеві виробничі показники - урожайність, рентабельність та якість продукції.

Аналіз ключових технологічних етапів дає змогу виділити найбільш критичні управлінські моменти, що потребують оптимізації:

Підготовка ґрунту

Цей етап включає вибір методу (традиційна, мінімальна чи нульова обробка), глибини та строків обробки з урахуванням типу ґрунтів, попередників і рівня вологозабезпечення. Помилки на цьому етапі можуть призвести до втрати вологи та зростання забур'яненості, що негативно впливає на стартовий розвиток культури [21].

Сівба

Важливими чинниками є правильний вибір гібриду, густота стояння рослин, норма висіву та точність загортання насіння. Особливе значення мають строки сівби – запізнення навіть на кілька днів може знизити потенціал урожайності на 10–15 % [22].

Внесення добрив

Управлінські рішення охоплюють вибір типу добрив (мінеральні, органічні, мікродобрива), системи їх застосування (основне, припосівне, поза-кореневе), обсягів і графіка. Недостатнє живлення обмежує реалізацію генетичного потенціалу гібридів, тоді як надлишкове – підвищує собівартість без пропорційного приросту врожаю [23].

Захист рослин

На цьому етапі критичним є вибір ефективних препаратів (гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів), дотримання строків і норм внесення, а також врахування погодних умов. Важливим є контроль за резистентністю та уникнення надмірного хімічного навантаження [24].

Збирання врожаю

Збір слід здійснювати у фазу оптимальної стиглості, щоб мінімізувати втрати та зменшити витрати на сушіння. Ефективність цього етапу залежить від технічної готовності машинно-тракторного парку, логістики та наявності складських потужностей [25].

Узагальнюючи вищезазначене, можна стверджувати, що ефективне управління технологічним циклом вирощування гібридної кукурудзи вимагає системного підходу, заснованого на поєднанні агрономічних знань, економічних розрахунків і сучасних інструментів контролю. Саме комплексність і своєчасність прийняття управлінських рішень на кожному етапі вирощування є запорукою високої продуктивності та стійкості аграрного виробництва.

З огляду на результати аналізу ключових етапів технологічного процесу вирощування гібридної кукурудзи, стає очевидним, що ефективність виробництва формується не лише агрономічними чинниками, а й управлінськими рішеннями. Кожна технологічна операція – від обробки ґрунту до збирання врожаю – є точкою прийняття рішень, яка потребує обґрунтованого ресурсного та економічного підходу [26]. Саме в цьому контексті важливим є виділення так званих «точок впливу» для раціоналізації, що дозволяють оптимізувати як виробничі процеси, так і фінансові результати.

Раціоналізація в агротехнології – це не лише зниження витрат, а й підвищення загальної ефективності завдяки точному плануванню, уникненню дублювання операцій та використанню агроаналітики. Серед ключових точок впливу можна виокремити [16, 17]:

- оптимізацію строків виконання робіт, де затримка навіть на кілька днів може суттєво знизити урожай або збільшити витрати на сушіння;
- скорочення повторюваних операцій шляхом поєднання механізованих дій (наприклад, обробок ґрунту одночасно з внесенням добрив);
- використання цифрових інструментів – супутникового моніторингу, агроскаутингу, метеоаналітики – для прийняття точкових управлінських рішень;

- раціональне логістичне планування, яке передбачає оптимізацію маршрутів, забезпечення паливом і технічну готовність;

- управління трудовими ресурсами, що дозволяє уникати простоїв і підвищує продуктивність на одиницю часу.

Таким чином, кожен етап технології слід розглядати як управлінську одиницю, вплив на яку через правильне планування дозволяє досягти не лише агрономічного, а й економічного ефекту. Саме це підґрунтя дає змогу перейти до оцінки економічної доцільності впровадження раціоналізованих рішень у виробництво [16, 17].

За останні роки економічна ефективність вирощування кукурудзи зазнала суттєвих коливань. У 2024 році, за даними Інституту аграрної економіки, загальний рівень рентабельності знизився до 11 %, що вдвічі менше порівняно з 2023 роком. Проте результати господарств, які застосовують високопродуктивні гібриди (зокрема MAS 30.M) у поєднанні з помірно-інтенсивною технологією, свідчать про потенціал досягнення рентабельності на рівні 16 %, із прибутком близько 7 500 грн/га [27].

Крім того, аналіз показника EBITDA демонструє позитивну динаміку: якщо на початку 2023 року очікувалась збитковість на рівні –47 \$/га, то за підсумками сезону вона трансформувалася у прибутковість +38 \$/га. Для порівняння, у 2022 році кукурудза залишалась найзбитковішою культурою із показником –227 \$/га, що підкреслює темпи відновлення її економічної життєздатності [28].

Зростання прибутковості у 2023–2024 роках обумовлено відновленням експортної логістики, зменшенням вартості транспортування та підвищенням ціни на кукурудзу на 6,3 % у порівнянні з попередніми прогнозами. Усе це засвідчує, що своєчасне впровадження інструментів раціоналізації та адаптація до ринкових умов забезпечують не лише збереження позицій кукурудзи в агровиробництві, а й формують підґрунтя для підвищення фінансової стійкості підприємств [29].

Проведене дослідження засвідчило, що управлінські рішення є критичним чинником, який безпосередньо впливає на прибутковість агровиробництва, особливо в умовах економічної та геополітичної нестабільності. Раціоналізація технологічних процесів – шляхом оптимізації строків виконання робіт, зниження витрат, використання високопродуктивних гібридів та впровадження цифрових технологій – дозволяє трансформувати виробництво з збиткового у прибуткове. Водночас адаптація до змін на ринку, погодних умов і логістичних обмежень вимагає постійного моніторингу зовнішніх факторів та гнучкості в управлінні. Аналіз економічної ефективності показав, що, навіть за умов зниження загальної рентабельності кукурудзи до 11 % у 2024 році, впровадження раціоналізованих технологій дозволяє досягти рівня прибутковості понад 16 %. Це підкреслює важливість стратегічного агроменеджменту, орієнтованого на ефективне використання ресурсів, аналіз ринку і впровадження інновацій [30].

Раціоналізація вирощування гібридної кукурудзи передбачає не лише агротехнічне вдосконалення, а й

впровадження управлінських інструментів, що забезпечують точність, обґрунтованість і оперативність рішень на всіх етапах виробничого циклу [31]. Нижче наведено три ключові напрями практичного вдосконалення.

1. Автоматизація та цифровізація управління. Інтеграція цифрових технологій в управлінські процеси дозволяє автоматизувати облік витрат, контроль операцій, планування робіт та аналіз продуктивності. Рекомендовано: впровадження ERP-систем, адаптованих до потреб аграрного сектору; використання мобільних польових додатків для фіксації даних у режимі реального часу; формування електронних технологічних карт із GPS-трекінгом виконання операцій. Ці рішення сприяють зменшенню витрат, підвищенню прозорості, скороченню дублювання робіт та ефективнішому використанню ресурсів [26, 30].

2. Системи моніторингу продуктивності. Своєчасний контроль стану посівів дозволяє оперативно реагувати на ризики і приймати зважені рішення. Доцільно застосовувати: дрони для фото- та NDVI-аналізу посівів; GPS-навігацію для контролю руху техніки та маршрутизації; агроскаутів для точкового виявлення проблем на полях; автоматизовані метеостанції для локальних прогнозів і погодного ризик-аналізу. Такі системи дозволяють ідентифікувати загрози на ранньому етапі та зменшити вплив негативних факторів на урожай [27, 32].

3. Адаптивне планування виробничого циклу. В умовах змін клімату, вартості ресурсів і нестабільних ринків, гнучке планування є необхідною умовою стабільної роботи господарства. Рекомендується: формувати резервні сценарії виробничих дій (особливо сівозмін); визначати критичні точки прийняття рішень відповідно до погодних умов; застосовувати прогнозні моделі ризиків (засуха, запізнення вегетації тощо); впроваджувати поетапне ресурсне забезпечення, базоване на очікуваній рентабельності. Адаптивне планування забезпечує більшу стійкість до зовнішніх шоків, підвищує керованість витратами та дозволяє оптимізувати прибуток в реальному часі [31].

Висновки

Метою проведеного огляду є здійснення аналізу щодо можливостей оптимізації (раціоналізації) виробничих процесів у технології вирощування гібридів кукурудзи з управлінської точки зору з метою підвищення ефективності агропромисловості. Проведений аналіз літературних джерел дозволив встановити, що ефективність вирощування гібридної кукурудзи в сучасних умовах визначається не лише агротехнічними параметрами, а передусім якістю управлінських рішень, що приймаються на всіх етапах виробничого циклу. Раціоналізація технологій – через оптимізацію строків робіт, використання високопродуктивних гібридів, впровадження цифрових моніторингових систем і адаптивного планування – дозволяє трансформувати навіть збиткові моделі виробництва у прибуткові. Незважаючи на зниження загального рівня

рентабельності, кукурудза зберігає стратегічне значення для аграрного сектору України, залишаючись однією з найперспективніших культур за умов ефективного менеджменту.

Узагальнення літературних джерел та аналітичних матеріалів свідчать про доцільність впровадження автоматизованих систем управління агропроцесами, які забезпечують контроль витрат і планування в реальному часі, мінімізуючи ризики помилок і непродуктивних витрат. Важливими інструментами управлінської підтримки агропромисловості виступають супутникові дані, GPS-технології, дрони та метеоаналітика, що дають змогу оперативно реагувати на зміну зовнішніх умов. Перехід до адаптивного планування, яке враховує не лише агрономічні особливості, а й ринкову кон'юнктуру, логістичні виклики та потенційні кліматичні ризики, розглядається як ключова передумова підвищення ефективності виробництва. Застосування цих підходів сприятиме підвищенню рентабельності, сталості та конкурентоспроможності аграрних підприємств у довгостроковій перспективі.

Перспективи подальших досліджень варто зосередити на розробці цифрових моделей прогнозування ефективності агропромисловості з урахуванням змін ринкової ситуації, логістичних витрат та кліматичних ризиків. Особливої актуальності набуває вивчення можливостей інтеграції інструментів штучного інтелекту для підтримки управлінських рішень у межах одного підприємства або виробничої одиниці.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Aliyu, K. T., Shehu, B. M., & Adam, A. M. (2024). Digital technology in maize nutrient management research in northern Nigeria amid COVID-19 pandemic. *Scientific Reports*, 14, 8114. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58740-1>
2. Amiri, S., Zakeri, N., & Yousefi, T. (2024). Optimizing crop management to boost maize production using modeling approach. *Circular Agricultural Systems*, 4, e017. <https://doi.org/10.48130/cas-0024-0017>
3. Arinaitwe, U., Thomason, W., Frame, W. H., Reiter, M. S., & Langston, D. (2025). Optimizing maize agronomic performance through adaptive management systems in the Mid-Atlantic United States. *Agronomy*, 15 (5), 1059. <https://doi.org/10.3390/agronomy15051059>
4. Széles, A., Huzsvai, L., Mohammed, S., Nyéki, A., Zagyi, P., Horváth, É., Simon, K., Arshad, S., & Tamás, A. (2024). Precision agricultural technology for advanced monitoring of maize yield under different fertilization and irrigation regimes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100967. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.100967>
5. Mahoney, K. J., Klapwyk, J. H., Stewart, G. A., Jay, W. S., & Hooker, D. C. (2015). Agronomic management strategies to reduce the yield loss associated with spring harvested corn in Ontario. *American Journal of Plant Science*, 6, 372. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-1-0083>
6. Hanhur, V., & Pelykh, M. (2025). The influence of sowing dates and plant density on the yield of corn hybrids in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 75–80. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.13>

7. Kalenska, S., Svystunov, Y., & Antal T. (2025). Crop capacity of corn hybrids depending on fertilizer rates and plant growth regulators on typical chernozems of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 25–31. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.05>
8. Vozhegova, R., Drobit, O., Shebanin, V., & Drobitko, A. (2020). Growing of maize hybrids of intensive type in the conditions of climate change under irrigation. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, (67) 2, 29–43. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-2)
9. Marchenko, T. Yu., Piliarska, O. O., Mishchenko, S. V., Bazylenko, Ye. O., Marchenko, V. D., & Lavrynenko, Yu. O. (2024). Economic assessment of growing of maize hybrids of different FAO groups in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 138, 115–124. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.14>
10. Yurchenko, S., Stepanenko, B., & Khachaturian, A. (2024). Grain yield of corn hybrids depends on their maturity group. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 66–71. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.11>
11. Mishchenko, O., Hanhur, V., & Danilenko, Y. (2024). Productivity formation of maize hybrids depending on plant density in the conditions of Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 16–21. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.03>
12. Vemer, I. Ye. (Red.). (2024). *Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2023 rik*. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Retrieved from: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_23_u.pdf [in Ukrainian]
13. Husarova, A. (2025). Kukurudziana statystyka: ploschi, valovyi zbir ta urozhainist zernovoi za 2017–2024 rr. *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/articles/764-kukurudziana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urozhainist-zernovoi-za-2017-2024-rr> [in Ukrainian]
14. Nesmachna, M. (2024). Zhnyva-2024: v Ukraini namolocheno 19,2 mln tonn zemovykh. *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/19303-jniva-2024-v-ukrayini-namolocheno-192-mln-tonn-zbijjya> [in Ukrainian]
15. Perun, V. (2024). Minahropolityky pro vrozhai 2024: zibraly 47,9 mln tonn zemovykh i 18,8 mln tonn oliinykh kultur. *LB.ua*. Retrieved from: https://lb.ua/economics/2024/11/01/642911_minagropolityki_pro_vrozhay_2024.html [in Ukrainian]
16. Tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy na 2025. (2023). *Ahroekspert-Treid*. Retrieved from: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyrashchivaniya-kukuruzu> [in Ukrainian]
17. Vozhehova, R., Vlashchuk, A., Drobit, O., Shapar, L., & Marchenko, T. (2021). Innovatsiine vyroshchuvannia suchasnykh hibrydiv kukurudzy na zroshuvanni: stroky sivby. *Ahrobiznes Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/21179-innovatsiine-vyroshchuvannia-suchasnykh-hibrydiv-kukurudzy-na-zroshuvanni-stroky-sivby.html> [in Ukrainian]
18. Ozturk, I. (2023). Ekonomika dlia kukurudzy: kurs na rentabelnist i novi pidkhody do vyroshchuvannia. *GrowHow.in.ua*. Retrieved from: <https://www.growhow.in.ua/ekonomika-dlia-kukurudzy-kurs-na-rentabelnist-i-novi-pidkhody-do-vyroshchuvannia/> [in Ukrainian]
19. Prybutkovist s/h kultur. (n.d.). *MAS Seeds Ukraine*. Retrieved from: <https://www.masseeds.ua/prybutkovist-s-h-kultur> [in Ukrainian]
20. Yaki silhospkultury maly naibilshu rentabelnist u 2024 rotsi. (2025). *Ahronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/yaki-silgospkultury-maly-naibilshu-rentabelnist-u-2024-rotsi/> [in Ukrainian]
21. Tekhnolohii posivu kukurudzy: tradytsiini ta innovatsiini metody. (n.d.). *Hycs*. Retrieved from: <https://hycs.ua/tehnologiyi-posivu-kukurudzy-tradytsijni-ta-innovatsijni-metody/> [in Ukrainian]
22. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy rozshyriat mozhlyvosti vyrobnykiv u sviti – “Baier”. (2022). *Agravery*. Retrieved from: <https://agravery.com/uk/posts/show/novi-tehnologii-virosuvanna-kukurudzi-rozsirat-mozlivosti-virobnikiv-u-sviti-bajer> [in Ukrainian]
23. Palamarchuk, V. D., & Kolisnyk, O. M. (2022). *Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku sil'skykh terytorii: Monohrafiia*. Vinnytsia: Drukarnia “Druk”. Retrieved from: <https://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/31508.pdf> [in Ukrainian]
24. Gutsul, T., & Sulima, N. (2022). Assessment of the level of economic efficiency of maize production on grain and directions of its increase. *European Science*, 3 (sge10-03), 44–53. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2022-10-03-024>
25. Kaminskyi, V., & Asanishvili, N. (2020). Economic efficiency of maize growing technologies of different levels of intensity. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 107 (3), 27–34. [https://doi.org/10.31521/2313-092x/2020-3\(107\)-4](https://doi.org/10.31521/2313-092x/2020-3(107)-4)
26. Morozov, O. V., Morozova, O. S., Ivaniv, M. O., & Kerimiv, A. N. (2021). Efficiency of growing corn for grain in Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 119, 83–91. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.12>
27. Krutyakova, V., Pilyak, N., & Nikipelova, O. (2021). Economic efficiency of growing grain corn using new biofertilizers based on sewage sludge. *Agroecological Journal*, 2. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234458>
28. Semeniaka, I. (2023). Bioenerhetychna ta ekonomichna efektyvnist' vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti. *Ahrobiznes Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/26206-bioenerhetychna-ta-ekonomichna-efektyvnist-vyroshchuvannia-hibrydiv-kukurudzy-riznykh-hrup-styhlosti.html> [in Ukrainian]
29. Stasiv, O., Kachmar, O., Vavrynovych, O., & Arabska, E. (2021). Ecological and economic efficiency of growing maize for grain in short-rotation cultivation of the Western region. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 7 (2), 182–199. <https://doi.org/10.51599/are.2021.07.02.10>
30. Shkatula, Yu. M., Zabarna, T. A., & Ostapchuk, R. V. (2024). Current state of corn production in Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 2 (139), 182–187. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.22>
31. Vasylishyn, S., Vynohradenko, S., & Dyakonov, S. (2022). Potential of maize for grain production in the context of strengthening food security of Ukraine and the world. *Taurida Scientific Herald. Series: Economics*, 12, 10–19. <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.2>
32. Parkhomets, M. K., & Uniat, L. M. (2018). Innovatsiini metody upravlinnia vyrobnytstvom zerna kukurudzy u silskohospodarskykh pidpriemstvakh. *Ekonomichnyi Analiz*, 28 (3), 176–183. [in Ukrainian]

ORCID

M. Shevnikov 

<https://orcid.org/0000-0003-0810-523X>



2025 Shevnikov M. and Vlasenko D. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Features of enhancement and development of mushroom diseases of alfalfa in the minds of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine

V. Turenko ✉ | Ye. Oleynikov

Article info

Correspondence Author

Ye. Oleynikov

E-mail:

evgeniy_oleynikov@ukr.netState Biotechnological
University, 44 Alchevskikh
Str., Kharkiv, Kharkiv region,
61000, Ukraine

Citation: Turenko, V., & Oleynikov, Ye. (2025). Features of enhancement and development of mushroom diseases of alfalfa in the minds of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 51–56. doi: 10.31210/spi2025.28.02.08

The creation of a powerful fodder base for livestock is impossible without obtaining vegetable fodder proteins, the source of which are perennial leguminous grasses, among which alfalfa is the most important. At this stage of development of the agro-industrial complex of Ukraine, the yield of the crop is low, and the reason for this is the prevalence of alfalfa sowings due to disease buds. In the phytopathogenic complex of alfalfa in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine, diseases of fungal etiology prevailed, the prevalence of which ranged from 9.8 to 68.7 %. When alfalfa was affected, depending on the degree of weakness to strength, from 17.4 to 56.2 % of the leaves fell off. Leaves make up 30 % of alfalfa hay. We found that the most widespread and harmful was spotting. Brown spotting of alfalfa was 11.8–42.7 %, and disease development was 7.6–22.5 %. The incubation period was 3–6 days, and the development cycle was 26–30 days, and 2 generations of the pathogen were recorded. Alfalfa was most affected by the yellow spot pathogen at the beginning of budding and flowering of alfalfa in the second half of May. The highest prevalence of the disease was 15.3–32.6 %, and the development of the disease was 11.4–17.8 %. The development of the disease was observed during a change in dry weather with a temperature of +25 °C and a relative humidity of 43%. The incubation period lasted 4–16 days, and the development cycle – 12–26 days. The prevalence of downy mildew was 4.8 %, and the development of the disease was 2.6 %. The manifestation of the disease was observed when the air temperature changed above +10 °C and GTK 0.8–1.6 in the growth phase of alfalfa. The pathogen was preserved on fallen leaves in the form of oospores or mycelium. The first signs of rust in alfalfa grass were observed at the end of budding at an air temperature range of +20+22 °C and a relative humidity of 75–80 %. The main source of infection is the Eurotiomycetes. Powdery mildew developed significantly with a disease prevalence of 17.4–29.3 % and an intensity of 13.2–20.1 % at an average daily air temperature of +25+27 °C and an average daily air humidity of 68–75 %.

Keywords: perennial herbs, pathogens, prevalence, intensity of development, harmfulness, development restrictions.

Особливості поширення та розвитку грибних хвороб люцерни в умовах Східного Лісостепу України

В. П. Туренко | Є. С. Олейніков

Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

Створення потужної кормової бази тваринництва неможливе без одержання рослинних кормових білків, джерелом яких є багаторічні бобові трави, серед яких найбільшу значимість має люцерна. На даному етапі розвитку агропромислового комплексу України врожайність насіння цієї культури низька і причина цьому є ураженість посівів люцерни збудниками хвороб. У фітопатогенному комплексі люцерни Східного Лісостепу України переважали хвороби грибної етіології, розповсюдженість яких складала від 9,8 до 68,7 %. При ураженні люцерни в залежності від слабого до сильного ступеня опадало від 17,4 до 56,2 % листя. Листя складає 30 % люцернового сіна. Нами встановлено, що найбільшу розповсюдженість та шкідливість мали плямистості. Бура плямистість люцерни складала 11,8–42,7 %, розвиток хвороби 7,6–22,5 %. Інкубаційний період тривав 3–6 діб, а цикл розвитку становив 26–30 діб та було зафіксовано 2 покоління збудника. Найбільше люцерна уражувалася збудником жовтої плямистості на початку бутонізації та цвітіння люцерни в другій половині травня. Розповсюдженість хвороби складала 15,3–32,6 %, а розвиток хвороби 11,4–17,8 %. Хвороба розвивалася при зміні посушливої погоди з температурою +25 °C та відносною вологістю повітря 43%. Інкубаційний період тривав 4–16 діб, а цикл розвитку – 12–26 діб. Поширеність пероноспорозу становила 4,8%, а розвиток хвороби 2,6%. Прояв хвороби спостерігався при зміні температури повітря вище +10 °C та ГТК 0,8–1,6 у фазі відростання люцерни. Збудник зберігався на опалому листі у вигляді ооспор або міцелію. Перші ознаки іржі в травості люцерни спостерігалися в кінці бутонізації при діапазоні температурі повітря +20+22 °C та відносній вологості повітря 75–80 %. Основним джерелом інфекції є уредініогрибниця. Значного розвитку борошниста роса набувала за поширеності хвороби 17,4–29,3 % та інтенсивності 13,2–20,1 % при середньодобовій температурі повітря +25+27 °C і середньодобовій вологості повітря 68–75 %.

Ключові слова: багаторічні трави, збудники, розповсюдженість, інтенсивність розвитку, шкодочинність, обмеження розвитку.

Бібліографічний опис для цитування: Туренко В. П., Олейніков Є. С. Особливості поширення та розвитку грибних хвороб люцерни в умовах Східного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 51–56.

Вступ

Важлива роль в створенні міцної кормової бази тваринництва належить багаторічним травам. Можливість отримання повноцінного кормового білку без значних енергетичних затрат сьогодні багато в чому визначає цінність даних культур [1, 3].

Серед багаторічних трав найбільшу значимість і поширення в світовому землеробстві отримала люцерна. Це одна з найбільш урожайних кормових трав, що забезпечує достатньо високий збір протеїну з одиниці площі. По узагальненим даним, вихід протеїну з одиниці площі, засіяною люцерною в 3,6 рази вищий, чим у посівах сої і в 6,3 рази вищий, чим у посівах пшениці. В зеленій масі люцерни міститься 20 % протеїну, в сіні 28 %, 100 кг зеленої маси відповідають 17 кормовим одиницям, а 100 кг сіна – 53,4 %. Крім того вона містить багато вітамінів, білка, мінеральних речовин. Насіннєва продуктивність люцерни становить 10–14 ц/га і більше [4, 20].

Таким чином, підвищення урожайності насіння цієї культури є одним із важливих резервів збільшення виробництва сільськогосподарських продуктів в Україні. Практика ведення насінництва люцерни показує, що отримання високих і стійких урожаїв цієї культури можливе при проведенні комплексу заходів, в якому значна роль відводиться заходам захисту від хвороб, серед яких найбільшу розповсюдженість і шкідливість мають хвороби грибної етіології, що значно знижують урожай зеленої маси і насіння люцерни [2, 13, 15].

Під час вегетації люцерна уражувалася збудниками аскохітозу, плямистостями, фузаріозом, бактеріальними, вірусними та мікоплазмовими хворобами. Вплив хвороб люцерни проявлявся по-різному [14, 19]. Недостатня вивченість біо-екологічних особливостей збудників хвороб цієї культури обумовили проведення наших досліджень.

Подальші дослідження в регіоні за цим напрямом мають важливе значення в одержанні високих і стабільних урожаїв та обґрунтуванні заходів захисту люцерни в умовах Східного Лісостепу України.

Мета дослідження

Метою досліджень було проведення моніторингу поширеності та вивчення шкідливості основних хвороб люцерни грибної етіології.

Матеріали і методи

Польові та лабораторні дослідження були проведені впродовж 2018–2024 рр. в господарствах Харківського району Харківської області Східного Лісостепу України.

Використовували сорти: Каміла, Роксолана, Регіна, Світоч.

Обстеження посівів люцерни здійснювали використовуючи модифіковану нами шкали М. А. Каримова (1961) [9]. Для визначення поширеності хвороб відбирали 5 проб у кожній із них аналізували по 10 стебел, на двох із них визначали

ступінь ураження для встановлення родової і видової належності збудників хвороб, застосовували методи мікроскопічного аналізу і чистих культур.

Мікрокопіювання органів спороношення проводили за допомогою біологічного мікроскопу Біолам 70-С при збільшенні об'єктів досліджень $\times 300$ – 600 , виміри інфекційних структур збудників хвороб – окулярним мікрометром МОВ-1-15, мікрофотографування структур грибів виконували за допомогою фотонасадки МФН.

Результати та їх обговорення

Проведені нами дослідження в даній кліматичній зоні засвідчили, що посівам люцерни 2018–2024 рр. суттєву шкідливість причиняли хвороби грибної етіології, поширеність яких становила 9,8–68,7 %.

У Східному Лісостепу України значного зниження урожайності люцерни завдавали грибні хвороби. Поширеність основних хвороб становила від 10,2 до 66,8 %. Втрати листя люцерни в залежності від ступеня ураженості збудниками складали 17,4–56,2 %, а недобір урожаю насіння 43,6–61,8 %.

Нами встановлено, що найбільшу поширеність та шкідливість мали плямистості [6, 8, 11, 16].

Бура плямистість (збудник *Pseudopeziza medicaginis* (Lib Sacc.)) розвивалась протягом всієї вегетації культури, розповсюдженість хвороби становила 11,8–42,7 %, а розвиток 7,6–22,5 % (рис. 1 та рис. 2).



Рис. 1. Симптоми прояву бруї плямистості люцерни (ННВЦ «Докучаєвське», 2023)

При слабкому ступені ураженості втрати листя становили 5,2–11,4 %, при сильному ступені – 9,4–48,5 %. Втрати врожаю насіння сягали 36,7–41,8 %.

На плямах утворювалися групами від 2 до 8 штук апотецій на одній плямі, в яких знаходилися сумки з сумкоспорами, поширенню і розвитку яких сприяли температура повітря $+19,2$ – $+29,7$ °C та середньодобова вологості повітря 74,7–86,2 % [1, 3, 17].

Доведено, що за низького рівня ураження опадання листя становило 5,2–10,4 %, за помірного –

12,9–24,5%, за сильного – 15,6–60,7 %. Втрати врожаю насіння становили 27,8–34,6 %. Це призвело до опадання листя всіх ярусів і зниження врожайності культури. Патоген розповсюджувався сумкоспорами, розповсюдженість хвороби була 11,8–42,7 %, розвиток 7,6–22,5 %.



Рис. 2. Сумчаста стадія збудника бурої плямистості люцерни

Інкубаційний період складав 3-6 діб, а цикл розвитку становив 26–30 діб та було зафіксовано 2 покоління збудника. Проміжки між періодами максимального збільшення розповсюдженості та розвитку хвороби складали 27–40 діб. Основним джерелом інфекції були апотеції на опалому листі та стеблах люцерни.

Жовта плямистість (збудник *Pseudopeziza yonesii* Nann.). Хвороба поширена в усіх регіонах вирощування люцерни, особливо в східних областях України. Перші симптоми хвороби були відмічені на початку бутонізації люцерни в другій половині травня. Збудник уражував спочатку листя нижнього ярусу, а потім листя верхніх ярусів (рис. 3). Значний розвиток хвороби був відмічений коли періоди сухої жаркої погоди чергувалися з вологими при середньодобовій температурі + 18 °С, відносній вологості повітря 70 % та ГТК 1,1. Максимальна розповсюдженість жовтої плямистості сягала 15,9–32,6 % при розвитку 11,4–17,8 % [6, 7, 10, 18, 20].

У першій декаді червня з верхнього боку листків на плямах утворювалися пікніди, які були добре помітні у вологу погоду. Це – конідіальна стадія збудника. Конідії з'являлись у пікнідах майже одночасно з першим проявом жовтої плямистості на поверхні листків.

Нашими дослідженнями встановлено, що конідії не уражують рослини. Після дощів плями темніли, листя висихало, скручувалося нижньою поверхнею догори і на ньому утворювалися чорні апотеції. За нашими дослідженнями апотеції утворювалися як

на листі, що залишалося на стеблах, так і на опалому, яке лежало в ґрунті.

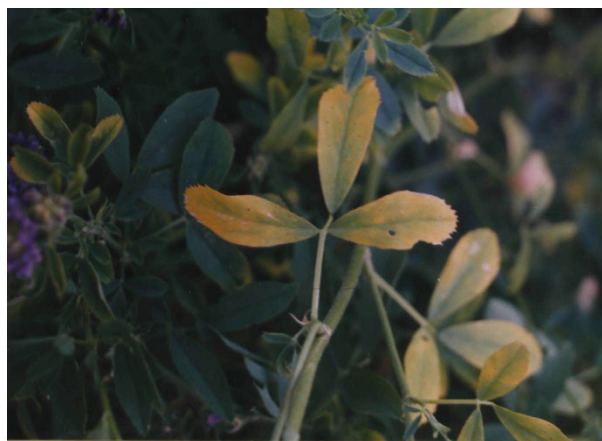


Рис. 3. Травостій люцерни, уражений збудником жовтої плямистості (ННВЦ «Докучаєвське», 2023)

Процес дозрівання і викидання сумкоспор відбувався повільно. Найбільше люцерна уражувалася жовтою плямистістю під час цвітіння та у фазу утворення бобів.

Основним джерелом інфекції були апотеції патогенна, з яких навесні відбувалося первинне зараження люцерни.

Аскохітоз (збудник – *Ascochyta imperfecta* Peck.). Перші ознаки хвороби відмічені (рис. 4) після встановлення середньодобової температури повітря вище +10 °С. Розповсюдженість хвороби складала 6,8–16,2 % за інтенсивності 3,6–8,4 %.



Рис. 4. Діагностичні ознаки проявлення аскохітозу на листі люцерни (ННВЦ «Докучаєвське», 2023)

За сильного ступеня ураженості рослин збудником аскохітозу відбувалося зниження урожайності насіння на 8–10 %. На листі утворювалися темно-бурі плями, округлі до 2 мм в діаметрі з темно-бурою облямівкою і концентричною зональністю. У місцях плям на відмерлих тканинах утворювалися чорні крапки – пікніди, на стеблах плями видовжені часто охоплювали все стебло, рослини часто відмирили [2, 5, 15, 18].

Хвороба надзвичайно шкідлива, спричиняла передчасне засихання листків, стебел, бобів і приводила до недобору урожаю зеленої маси і насіння до 20 %.

Джерелом інфекції є міцелій у хворих рослинах і насінні та пікніди на рештках рослин.

Пероноспороз (збудник – *Peronospora aestivalis* Sya.) проявлявся у фазі відростання люцерни у вигляді блідих розпливчастих плям дифузного і місцевого ураження. Рослини відстають у рості, листки в них хлоротичні, часто закручуються донизу, з нижнього боку пластинки у вологу погоду уражена тканина покривається буро-фіолетовим нальотом (рис. 5), уражені рослини в'януть і гинуть.



Рис. 5. Спороношення збудника пероноспорозу люцерни (ННВЦ «Докучаєвське», 2023)

У разі місцевого ураження на листках з верхнього боку пластинки з'являються світло-жовті розпливчасті плями, з нижнього вони вкриваються буро-фіолетовим нальотом. Уражені листки відмирають, рослини засихають, насіння втрачає схожість або дає сходи з дифузним ураженням.

Прояв хвороби спостерігався при температури повітря вище +10 °C при гідротермічному коефіцієнті Селянинова 0,8–1,6.

Із збільшенням температури повітря від +29 до +32 °C та зниженням середньодобової вологості повітря до 45–50 % розвиток хвороби знижувався. На поширеність та інтенсивність розвитку пероноспорозу значно впливали збудники грибної етіології [8, 11, 12, 18].

Доведено, що для проростання конідій збудника пероноспорозу не обов'язкове занурення їх у рідину, їм необхідний вільний кисень, а вода потрібна для зволоження оболонки конідій і їх розбухання. Із настанням необхідних умов через 8–12 днів з'являвся новий наліт, а розповсюдженість хвороби та її розвиток стрімко збільшувалися.

За тривалої засухи конідієносці не утворювались, а міцелій, що містився в середині тканини рослин, тимчасово призупиняв свій розвиток. Джерелом інфекції є ооспори гриба в уражених рештках і грибниця в уражених рослинах і зараженому насінні.

Іржа люцерни (збудник *Uromyces striatus* Schrot) з'являлася наприкінці червня-початку липня на листках та інших надземних органах рослин. Симптоми хвороби частіше з'являлися на стеблах, рідше листках у вигляді бурих уредіній що порошать. Першими ознаками прояву хвороби були дрібні світло-коричневі подушечки з еціями на нижньому боці листків, у них розвивалися еціоспори, що заражали люцерну. Пізніше на нижній частині листя люцерни утворювалися уредінії з уредініоспорами (рис. 6). Наприкінці вегетації у місцях ураження утворювалися чорні телії. При інтенсивному розвитку хвороби листки засихали і опадали.



Рис. 6. Листя люцерни, уражене збудником іржі (ННВЦ «Докучаєвське», 2023)

Шкідливість хвороби полягала в тому, що уражені рослини втрачали значну кількість вуглеводів, протеїну та інших речовин. Недобір врожаю сягав 25 % [10, 14, 19, 20].

Основне джерело інфекції – еціогрибниця в кореневищах молочаю і уредініогрибниця в ураженій тканині живих рослин, а додаткове – уражені рештки, на яких зберігаються теліоспори гриба.

Борошниста роса (*Erysiphe communis* Iret.). Перші симптоми хвороби з'являлися на листках у вигляді білих плям, на яких згодом з'являлися чорні крапки – клейстотеції (рис. 7). Нами доведено, що розповсюдженість хвороби була в межах 17,4–29,3 %, а розвиток 13,2–20,1 % за середньодобової температури повітря + 25+27 °C і середньодобової вологості повітря 68–75 %.



Рис. 7. Симптоми прояви борошнистої роси люцерни (ННВЦ «Докучаєвське», 2023)

Тривалість періоду від прояву перших ознак до спаду розвитку хвороби становила 40 діб [11, 16, 19].

Розвитку хвороби сприяли висока температура повітря вдень, прохолодні ночі, а також ґрунтова посуха. На динаміку поширеності борошнистої роси впливали конкурентні відносини з іншими збудниками, які проявлялися на листі раніше. Основним джерелом інфекції була грибниця на уражених рослинах і клейстотеції гриба на рослинних рештках.

Висновки

Проведений моніторинг стану посівів люцерни засвідчив, що в Східному Лісостепу України впродовж 2018–2024 рр. у фітосанітарному комплексі переважали бура та жовта плямистості, аскохітоз, пероноспороз, іржа, борошниста роса, а їх розповсюдженість коливалася у межах від 9,8 до 68,7 %. Найбільшу розповсюдженість та шкідливість мали плямистості. Бура плямистість люцерни складала 11,8–42,7 %, розвиток хвороби 7,6–22,5 %, інкубаційний період триває 3–6 діб, а цикл розвитку становив 26–30 діб. Визначено, що найбільше люцерна уражалася збудником жовтої плямистості, розповсюдженість хвороби складала 15,3–32,6 %, а розвиток хвороби 11,4–17,8 %, інкубаційний період тривав 4–16 діб, а цикл розвитку – 12–26 діб. На основі їх біологічних особливостей розвитку, поширеності та шкідливості можна передбачити їх інтенсивний розвиток у поточному вегетаційному році у відповідності з метеорологічними умовами та органогенезом культури і провести заходи захисту.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Antoniv, S. F., (Red.). (2022). *Nasinnnytstvo yosnovy nasinnieznavstva kormovykh kultur: monohrafiia*. Vinnytsia: TOV «Tvory» [in Ukrainian]
2. Antoniv, S., Kolisnyk, S., & Zapruta O. (2023). Alfalfa: history of the name origin, agroecological importance, basis for high-protein feed. *Feeds and Feed Production*, 96, 208–214. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytsvo202396-19>
3. Biletskyi, Ye. M., & Turenko, V. P. (2002). Metodolohiia prohnazu. *Zakhyst Roslyn*, 7, 4. [in Ukrainian]
4. Bushulian, O. V., Luttonina, M. M., & Holub, M. A. (2012). Liutserna v stepu na sukhodoli. *Nasinnnytstvo*, 10, 9–11. [in Ukrainian]
5. Forbes, V. E., Hommen, U., Thorbek, P., Heimbach, F., Van den Brink, P. J., Wogram, J., Thulke, H.-H., & Grimm, V. (2009). Ecological models in support of regulatory risk assessments of pesticides: developing a strategy for the future. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 5 (1), 167–172. <https://doi.org/10.1897/ieam.2008-029.1>
6. Koriahin, O. M., Povydale, M. V., & Ostapets, T. A. (2020). *Udoskonalenyi metod otrymannia ta otsiniuvannia vykhidnoho materialu liutserny dlia stvorennia sortiv z pidvyshchenoiu nasinnievoiu produktyvnistiu: naukovometodychni rekomendatsii*. Vinnytsia : TOV «Tvory» [in Ukrainian]
7. Kobylukh, V. O. (2017). *Praukraina i Sanskryt*. Ternopil: Mandrivets [in Ukrainian]
8. Mykhalkiv, L. M., Kots, S. Ya., & Yakimchuk, R. A. (2008). The alfalfa productivity under conditions of insufficient water supply and treatment with plant growth regulators. *Agricultural Microbiology*, 7, 115–121. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.7.115-121>
9. Rudska, N. A. (2016). Formation of harmful entomofauna of alfalfa agrocenosis in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Agriculture and Plant Protection*, 6 (109), 24–28.
10. Hetman, N. Ia., Kvitko, M. H., & Tsyhanskyi, V. I. (2021). *Liutserna posivna :monohrafiia*. Vinnytsia: Tvory [in Ukrainian]
11. Holoborodko, S. P., Snehovoi, V.S., & Sakhno, H. V. (2007). *Liutserna*. Kherson: Ailant [in Ukrainian]
12. Turenko, V. P., & Mieshkova, V. L. (2005). Prohnazuvannia sezonnoho rozvytku khvorob liutserny. *Visnyk KhNAU. Seriia «Entomolohiia ta Fitopatolohiia»*, 6, 58–65. [in Ukrainian]
13. Telekalo, N. V., & Melnyk, M. V. (2020). Feed productivity of medic (*Medicago sativa*) depending on agroecological growing methods. *Agroecological Journal*, 2, 76–83. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207684>
14. Turenko B., Horiainova B., & Zhukova, L. (2022). Alfalfa diseases and conceptual foundations of protection in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, 26, 132–136. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.132>
15. Turenko, V., Horiainova, V., & Zhukova, L. (2022). Integrated protection of alfalfa against fungal diseases in the Eastern Forest Steppe of Ukraine. In: S. Stankevych and O. Mandych (Eds.) *Modern trends in the development of agricultural production: problems and perspectives: monograph*. (P. 165–173). Tallinn: Teadmus OÜ.
16. Tyshchenko, A. V., Tyshchenko, O. D., Kuts, H. M., Piliarska, O. O., Liuta, Yu. O., & Halchenko, N. M. (2021). Nasinnieva produktyvnist liutserny pershoho roku zhyttia zalezho vid zakhodiv borotby shi zshkidykamy. *Ahrarni Innovatsii*, 6, 69–81. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.6.12> [in Ukrainian]
17. Tyshchenko, A., Tyshchenko, O., Lyuta, Y., & Piliarska, O. (2021). Features of alfalfa population development under different growing conditions. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 17 (4), 72–87. <https://doi.org/dopovidi2021.04.007>

18. Vyhera, S. M. (2002). Zakhyst posiviv nasinnievoi liutserny v umovakh biolohichnoho ta intensyvnoho zemlerobstva. *Zakhyst Roslyn*, 2, 6–8. [in Ukrainian]
19. Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., Tyshchenko, O. D., Tyshchenko, A. V., Dymov, O. M., Zaiets, S. O., Halchenko, N. M., Reznichenko, N. D., Dubynska, O. D., Nesterchuk, V. V., & Serhiienko, S. V. (2020). *Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia liutserny na nasinnia u stepovii zoni Ukrainy : naukovo-metodychni rekomendatsii*. Kherson: Oldi-Plus [in Ukrainian]
20. Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Tyshchenko, O. D. (2012). *Vyroshchuvannia liutserny na nasinnia v pivdennomu Stepu Ukrainy*. Kherson: Ailant [in Ukrainian]

ORCID

V. Turenko 

<https://orcid.org/0000-0002-7432-6965>

Ye. Oleynikov 

<https://orcid.org/0000-0001-7702-7875>



2025 Turenko V. and Oleynikov Ye. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Effect of plant density and fertilization on winter rapeseed yield

V. Shuleshchenko✉

Article info

Correspondence Author

V. Shuleshchenko

E-mail:

vadym.shuleshchenko@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Shuleshchenko, V. (2025). Effect of plant density and fertilization on winter rapeseed yield. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 57–62. doi: 10.31210/spi2025.28.02.09

The aim of this review was to assess the impact of climate change on the distribution and phytopathogenic pressure of chickpea (*Cicer arietinum* L.) diseases under the agroclimatic conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. Statistical data analysis revealed significant fluctuations in chickpea cultivation areas and a notable shift in production from the Steppe to the Forest-Steppe zone over the past decade. The expansion of chickpea cultivation into new agroclimatic zones has increased phytosanitary risks associated with local pathogenic organisms. The plant's vulnerability to diseases is largely determined by its developmental stage, climatic conditions, and physiological state, which collectively influence the likelihood of disease outbreaks and potential yield losses. In the Forest-Steppe zone of Ukraine, phytopathogenic fungi of the genera *Fusarium* and *Ascochyta* remain the most damaging, significantly reducing crop productivity. Concurrently, climate change is facilitating the spread of new pathogens, including rust, Macrophomina blight, Alternaria leaf spot, and viral infections, necessitating enhanced phytosanitary monitoring and the adaptation of disease management strategies. Particular attention is given to the emerging threat of *Pea necrotic yellow dwarf virus*, which has already been detected in several European countries, including Germany. Rising annual mean air temperatures, changes in precipitation patterns, and the increasing frequency of extreme weather events have altered the epidemiology of major chickpea pathogens. Observed trends include an increased number of pathogen generations, a shift in periods of peak disease activity, prolonged plant infection periods, and the appearance of atypical disease symptoms, complicating field diagnostics. The resulting disruption of the "plant-pathogen-environment" system leads to heightened phytopathogenic pressure. In this context, the study underscores the need to adapt existing chickpea cultivation technologies to new climate realities by improving agronomic practices, implementing systematic phytosanitary monitoring, and integrating modern plant protection measures.

Keywords: *Cicer arietinum* L., phytopathogens, phytosanitary risk, ascochyta blight, fusarium wilt, disease epidemiology.

Хвороби нуту в Лісостепу України в умовах кліматичних змін

В. А. Шулещенко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Метою огляду було оцінити вплив кліматичних змін на поширення та фітопатогенний тиск хвороб нуту (*Cicer arietinum* L.) в агрокліматичних умовах Лісостепу України. Аналіз статистичних даних засвідчив значні коливання у площях вирощування культури та тенденцію до її поширення із зони Степу до Лісостепу протягом останнього десятиліття. Вирощування нуту в нових агрокліматичних зонах супроводжується зростанням фітосанітарних ризиків, зумовлених дією місцевих патогенних організмів. Вразливість рослин до хвороб значною мірою визначається фазою онтогенезу, кліматичними умовами та фізіологічним станом, що впливає на ймовірність розвитку захворювань і рівень можливих втрат урожаю. У Лісостепу України основними фітопатогенами нуту залишаються мікроміцети родів *Fusarium* та *Ascochyta*, які істотно знижують урожайність культури. Водночас кліматичні зміни сприяють поширенню нових небезпечних захворювань, таких як іржа, макрофомоз, альтернаріоз і вірусні інфекції, що потребує посиленого фітосанітарного нагляду й удосконалення системи захисту. Особливу загрозу становить вірус жовтого некрозу гороху (*Pea necrotic yellow dwarf virus*), зафіксований у низці європейських країн, зокрема в Німеччині. Підвищення середньорічної температури повітря, зміни режиму зволоження та зростання частоти екстремальних погодних явищ призводять до трансформації епідеміології основних хвороб нуту. Зокрема, фіксується збільшення кількості генерацій патогенів, зміщення періодів їх максимальної шкодочинності, подовження строків ураження та поява атипових симптомів, що ускладнює діагностику в польових умовах. Виявлено, що порушення балансу у системі «рослина – патоген – середовище» підсилює фітопатогенний тиск у посівах. У зв'язку з цим обґрунтовано необхідність адаптації існуючих технологій вирощування нуту до нових кліматичних умов шляхом удосконалення агротехнічних прийомів, запровадження систематичного фітосанітарного моніторингу та впровадження сучасних засобів захисту культури.

Ключові слова: *Cicer arietinum* L., фітопатогени, фітосанітарний ризик, аскохітоз, фузаріозне в'янення, епідеміологія хвороб.

Бібліографічний опис для цитування: Шулещенко В. А. Хвороби нуту в Лісостепу України в умовах кліматичних змін. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 57–62.

Нут (*Cicer arietinum* L.) набуває все більшого значення в структурі агровиробництва України, особливо в контексті глобальних кліматичних трансформацій і необхідності диверсифікації сільськогосподарського виробництва [1]. Максимальні показники культивування дослідної бобової культури спостерігалися у 2013 р. і становили 20–25 тис. га. Проте період 2014–2016 рр. характеризувався значним скороченням посівних площ, що було детерміновано депресією цінової кон'юнктури та загальною волатильністю аграрного ринку. Починаючи з 2017 р., відбулася ревіталізація інтересу сільгоспвиробників до вирощування нуту, що сприяло позитивній динаміці посівних площ, які в 2018 р. досягли безпрецедентного для України максимуму – 36 тис. га [2]. Така тенденція була обумовлена не лише економічною рентабельністю культури як експортоорієнтованої зернобобової, але й її вагомими агроекологічними перевагами в контексті сівозмін і підвищення родючості ґрунтів [3]. У наступний період спостерігалася тенденція до поступової редукції посівних площ, які у 2021 р. становили 20 тис. га. Внаслідок військової агресії та повномасштабного вторгнення у 2022 р. відбулося катастрофічне скорочення площ під культурою – до 3,1 тис. га. За таких умов регіональним лідером з вирощування нуту у 2022 р. стала Полтавська область із показником 0,7 тис. га [4]. Утім, за результатами сезону 2023 р. зафіксовано півтораразове збільшення посівних площ під нутом, з тенденцією до подальшого розширення у 2024 р. Це свідчить про адаптацію українських аграріїв до умов воєнного стану й успішне коригування технологічних підходів до вирощування культури відповідно до нових викликів [5].

Нут відіграє ключову роль у забезпеченні сталого функціонування агроєкосистем завдяки здатності до біологічної фіксації атмосферного азоту в симбіозі з бульбочковими бактеріями роду *Mesorhizobium*, що дозволяє накопичувати у ґрунті до 150 кг/га біологічного азоту, з яких 30 % залишається наступним у сівозміні культурам [6]. Крім того, культура має значну посухостійкість, що набуває особливого значення в умовах прогресуючої аридизації клімату України [7]. У контексті продовольчої безпеки нут є цінним джерелом рослинного білка (22–31 %), незамінних амінокислот, мікроелементів і вітамінів, що особливо важливо в умовах зростаючого глобального попиту на рослинні протеїни [8].

У традиційній аграрній структурі України нут вирощували переважно в південних регіонах – Одеській і Миколаївській областях, де агрокліматичні умови найбільше відповідали біологічним потребам культури [9]. Однак у зв'язку з кліматичними змінами, зокрема підвищенням температури повітря в період вегетації, а також внаслідок повномасштабної війни, що унеможливила обробіток значних площ у південних областях, виробництво нуту поступово зсувається в зону Лісостепу – передусім у Полтавську, Черкаську та Кіровоградську області [10, 11]. Тут останніми роками спостерігається нарощування посівних площ цієї культури, хоча умови її вирощування є менш сприятливими.

Варто зазначити, що згідно з результатами кліматологічних досліджень, підвищення середньорічної температури лише на один градус Цельсія в агрокліматичних умовах України призводить до суттєвого зміщення меж природно-кліматичних зон приблизно на 160 км у північному напрямку [12]. Це явище детермінує не лише трансформацію традиційних ареалів вирощування сільськогосподарських культур, але й створює передумови для розширення зони культивування нуту в регіонах, де раніше його виробництво було обмеженим через невідповідність термічного режиму біологічним вимогам культури [13].

Поширення нуту в нових агрокліматичних зонах супроводжується зростанням фітосанітарних ризиків, зумовлених впливом місцевих патогенних організмів. У Лісостепу культура часто вирощується у сівозмінах після зернових культур, за підвищеної вологості повітря та ґрунту, що сприяє активізації збудників грибкових хвороб, зокрема *Ascochyta rabiei*, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* [14–16]. Додатковим ускладненням виступає кліматична нестабільність, яка спричиняє абіотичний стрес у рослин, знижуючи їхню імунну відповідь і сприяючи розвитку захворювань [17].

Кліматичні зміни, що проявляються у підвищенні середньорічної температури на 1,2 °C за останні 30 років в Україні, збільшенні частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ (посух, злив, різких температурних коливань), призводять до суттєвих трансформацій у структурі та динаміці патогенних комплексів сільськогосподарських культур [18, 19]. Зміщення меж агрокліматичних зон на 100–150 км на північ створює передумови для міграції південних фітопатогенів у центральні та північні регіони України [20].

У цих умовах особливої актуальності набуває дослідження патогенного комплексу нуту в Лісостеповій зоні України, трансформації його структури та шкодочинності під впливом кліматичних змін з метою розробки ефективних стратегій захисту культури від хвороб з урахуванням нових екологічних реалій.

Біологічні особливості нуту, що впливають на його ураження

Нут характеризується комплексом біологічних особливостей, які визначають його сприйнятливість до різних груп патогенів. Культура має специфічну анатомо-морфологічну будову – наявність залозистих волосків на всіх надземних органах, які виділяють яблучну та щавлеву кислоти, створюючи кисле середовище на поверхні рослини (pH 4,5–5,5) [8]. Це середовище сприяє розвитку багатьох патогенних грибів, зокрема збудників аскохітозу та фузаріозу. Водночас, опушення рослин забезпечує довге утримання краплинної вологи на поверхні органів, що також створює сприятливі умови для проростання спор фітопатогенів і розвитку інфекційного процесу [21].

Хімічний склад тканин нуту також впливає на його ураження патогенами. Насіння нуту містить

близько 22 % білка, що створює сприятливе поживне середовище для розвитку некротрофних патогенів, таких як *Fusarium* spp. та *Ascochyta rabiei*. Однак у відповідь на інфекційне ураження рослина синтезує фітоалексини – захисні сполуки, серед яких основними є медикарпін і маакіайн, що належать до птерокарпанів. Ці речовини мають фунгіцидні властивості та пригнічують ріст патогенних грибів, зокрема *Fusarium oxysporum* [22]. Крім того, у тканинах нуту виявлено ізофлавонон формононетин і біоханін А, які можуть бути попередниками фітоалексинів або мати власну захисну функцію. Рівень накопичення цих сполук може варіювати залежно від генотипу та ступеня стійкості сорту до патогенів [23].

Нут є вразливим до широкого спектру фітопатогенів, що включають грибові, бактеріальні та вірусні збудники [24]:

1. Грибові патогени: *Ascochyta rabiei* (збудник аскохітозу), *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (збудник фузаріозного в'янення), *Botrytis cinerea* (збудник сірої гнилі), *Rhizoctonia solani* (збудник корневих гнилей), *Sclerotinia sclerotiorum* (збудник білої гнилі), *Alternaria alternata* (збудник альтернаріозу), *Uromyces ciceris-arietini* (збудник іржі).

2. Бактеріальні патогени: *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* (збудник бактеріального опіку), *Xanthomonas campestris* pv. *cassiae* (збудник бактеріального в'янення).

3. Вірусні патогени: вірус мозаїки нуту (*Chickpea chlorotic dwarf virus*, CpCDV), вірус некротичної плямистості бобових (*Bean yellow mosaic virus*, BYMV).

Ці патогени можуть спричиняти значні втрати врожаю, особливо за сприятливих для їх розвитку умов, таких як висока вологість і помірні температури. За інтенсивного розвитку захворювань втрати врожаю можуть сягати 100 % [25].

Сприйнятливість нуту до збудників хвороб значною мірою залежить від фази онтогенезу. Найбільш чутливими до інфекційного навантаження є такі етапи вегетації:

1. Фаза сходів (особливо за низьких температур і підвищеної вологості) – особливо чутливі до збудників корневих гнилей, таких як *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. та *Pythium* spp. [26]

2. Фаза бутонізації-цвітіння (за високої вологості повітря та помірної температури) – критичний період для ураження аскохітозом (*Ascochyta rabiei*), альтернаріозом (*Alternaria alternata*) й іржею (*Uromyces ciceris-arietini*) [27].

3. Фаза формування бобів (за підвищеної вологості та щільності посівів) – максимальна сприйнятливість до збудників сірої гнилі (*Botrytis cinerea*), аскохітозу та бактеріальних хвороб, спричинених *Pseudomonas* та *Xanthomonas* [28].

Доцільно відзначити, що кліматичні зміни, зокрема підвищення температури та зміни режиму опадів, впливають на фенологічні фази розвитку нуту, що, в свою чергу, змінює його сприйнятливість до хвороб [29]. Підвищення температури може призвести до скорочення тривалості вегетаційного періоду, що змінює час появи критичних фаз розвитку рослини. Зміни у фізіологічному стані рослин під

впливом абіотичних стресів, таких як посуха або надмірна вологість, можуть знижувати їхню стійкість до патогенів [30].

Основні хвороби нуту в умовах Лісостепу України

У результаті проведених фітопатологічних досліджень встановлено, що максимальний негативний вплив на продуктивність і життєздатність рослин нуту спричиняють фітопатогенні мікроміцети родів *Fusarium* та *Ascochyta*. Дані грибіні патогени характеризуються високим рівнем вірулентності та здатністю індукувати комплекс деструктивних процесів у тканинах рослини-господаря. Менший рівень шкодочинності, проте також істотний з агрономічної точки зору, демонструють представники відділу *Oomycota*, зокрема види родів *Pythium* та *Aphanomyces*. Сукупна патогенна дія вищезазначених мікроорганізмів призводить до формування некротичних уражень тканин, дисфункції судинної системи рослин, розвитку різноманітних гнилей і фітотоксикозів, що суттєво знижує продуктивний потенціал культури [31, 32].

Варто відмітити, що в умовах глобальних кліматичних змін існує високий ризик появи нових патогенів нуту в Лісостеповій зоні України, переважно шляхом міграції з південніших регіонів. За останнє десятиліття в посівах нуту в Лісостепу зафіксовано перші випадки таких хвороб [33–36]:

1. Іржа нуту (*Uromyces ciceris-arietini*) – раніше поширений переважно в Степовій зоні, з 2018 р. регулярно фіксується в південних районах Лісостепу України. Поширення іржі нуту пов'язане з підвищенням середньодобових температур у весняно-літній період, що створює сприятливі умови для розвитку хвороби.

2. Макрофомоз (*Macrophomina phaseolina*) – некротрофний гриб, який викликає вугільну гниль коренів та основи стебла, зафіксований у центральних областях України з 2020 року. Поширення хвороби пов'язане з підвищенням температур і посухами, що створюють стресові умови для рослин.

3. Альтернаріоз (*Alternaria alternata*) раніше вважався вторинним патогеном, але в останні роки набуває все більшого поширення (до 15–20 %) та шкодочинності в умовах контрастних гідротермічних умов. Зміни клімату, зокрема чергування періодів посухи та злив, сприяють активізації цього патогену.

На тлі кліматичних змін, що сприяють розширенню ареалів переносників вірусів, зокрема попелиць, фіксація вірусу жовтого некрозу гороху (*Pea necrotic yellow dwarf virus*, PNYDV) у нуту в Німеччині вказує на реальну загрозу його поширення і в Україні. З огляду на здатність PNYDV уражувати широкий спектр бобових культур і створювати інфекційний тиск у зоні просторового сусідства з гороховими посівами, постає необхідність моніторингу його циркуляції в агроценозах Лісостепу. Адаптація фітосанітарних стратегій до нових викликів є ключовою умовою забезпечення стабільного вирощування нуту в умовах кліматичної нестабільності [37].

Таким чином, кліматичні зміни сприяють як поширенню вже відомих патогенів нуту на нові

території, так і потенційній появі нових хвороб. Це підкреслює необхідність постійного фітосанітарного моніторингу й адаптації агротехнічних заходів для забезпечення стабільного виробництва нуту в Лісостеповій зоні України [38, 39].

Вплив кліматичних змін на поширення та фітопатогенний тиск хвороб нуту в агрокліматичних умовах Лісостепу

Кліматичні зміни на території України проявляються у вигляді комплексу взаємопов'язаних явищ, які суттєво впливають на епідеміологію хвороб нуту. Аналіз динаміки середньомісячної температури повітря за період 1913–2022 рр. свідчить про її стійку тенденцію до підвищення у довгостроковому часовому вимірі. Зокрема, порівняно з найнижчим середньорічним значенням температури, зафіксованим у 1920–1930 рр. (+6,9 °C), її підвищення у 1998–2004 рр. становило +1,4 °C. У період 2015–2022 рр. середньорічна температура зросла вже на +2,3 °C, що свідчить про посилення темпів кліматичного потепління [40].

Підвищення температури (на $0,6 \pm 0,2$ °C/100 років, що корелює з показниками глобального потепління) супроводжується трансформацією режиму зволоження (збільшення річної суми опадів лише на 5–7 % за 100 років): за загального збереження річної кількості опадів відбувається їх перерозподіл – зменшення у літній період (на 5–15 %) та збільшення в осінньо-зимовий (на 10–20 %) [41]. Крім того, зростає частота екстремальних погодних явищ – посух, злив, градобой, пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків [42].

Вплив кліматичних змін на патогенний комплекс нуту проявляється у кількох аспектах:

1. **Збільшення кількості генерацій патогенів.** Підвищення температури повітря призводить до скорочення тривалості вегетаційного періоду нуту, проте одночасно спостерігається подовження загального періоду з температурами вище 5 °C, що є біологічним мінімумом для розвитку більшості фітопатогенів. Цей період збільшився в середньому на 3 дні по території України, створюючи більш сприятливі умови для життєдіяльності патогенних мікроорганізмів як до початку вегетації культури, так і після її завершення. Такі зміни сприяють накопиченню більшої кількості інокулюму патогенів у агроценозах та підвищують ризик інфікування рослин [43].

2. **Стресові погодні умови як фактори ослаблення імунітету рослин.** Стресові погодні умови, зокрема посухи, перезволоження та різкі перепади температур, негативно впливають на фізіологічний стан рослин нуту та знижують їхню природну стійкість до патогенів. Це особливо помітно за умов посухи, яка призводить до зниження тургору тканин, порушення водного балансу та синтезу захисних сполук, таких як фітоалексини, феноли та лігнін.

Дослідження показують, що за умов водного стресу, коли вологість ґрунту знижується до 60 % польової вологості або нижче, ураженість нуту фузаріозним в'яненням, спричиненим *Fusarium*

oxysporum f. sp. *ciceris*, значно зростає. Це пов'язано не лише з ослабленням рослин, але й з активізацією патогенних властивостей збудника за підвищених температур. Зокрема, дослідження вказують на те, що водний стрес може впливати на розмноження, поширення та інфекційну здатність патогенів, залежно від тривалості й інтенсивності стресу.

Крім того, контрастні гідротермічні умови, такі як чергування посух і злив, створюють сприятливе середовище для розвитку комплексу хвороб. Наприклад, після тривалої посухи різке збільшення вологості може провокувати масовий розвиток сірої гнилі та бактеріозів на фізіологічно ослаблених рослинах. Це пов'язано з тим, що стресові умови можуть змінювати поведінку патогенів, посилюючи їхню агресивність і здатність до інфікування [44].

Таким чином, стресові погодні умови суттєво впливають на фізіологічний стан рослин нуту й їхню взаємодію з патогенами, що може призводити до збільшення ураженості та втрат урожаю.

3. **Порушення традиційних циклів ураження.** Кліматичні зміни призводять до трансформації традиційних циклів ураження нуту патогенами. В останнє десятиліття спостерігаються такі тенденції [18, 20, 36, 37]:

1. Ранні спалахи хвороб – якщо традиційно масовий розвиток аскохітозу в Лісостепу України спостерігався у фазі цвітіння-формування бобів (червень), то в останні роки перші спалахи фіксуються вже у фазі гілкування (травень).

2. Зміщення періодів максимальної шкодо-чинності – пік розвитку фузаріозного в'янення змістився з літнього періоду (липень) на більш ранні строки (кінець травня – червень), що пов'язано з раннім прогріванням ґрунту та створенням сприятливих умов для патогена.

3. Затяжне ураження – традиційно розвиток більшості хвороб нуту припинявся у фазі наливу зерна через несприятливі для патогенів умови (високі температури, низька вологість), проте в останні роки спостерігається тенденція до подовження періоду активного розвитку хвороб до фази повної стиглості, що пов'язано з більш нестабільним гідротермічним режимом у літній період [27].

4. Поява нетипових симптомів – в умовах кліматичного стресу спостерігається модифікація традиційних симптомів хвороб, що ускладнює їх діагностику. Наприклад, за умов посухи аскохітоз може проявлятися у вигляді дрібних некротичних плям без характерної зональності, а фузаріоз – у вигляді загального пожовтіння рослин без чіткого в'янення.

За останнє десятиліття в Лісостепу України спостерігається розширення кола збудників, здатних спричинити епіфітотії на посівах нуту. Якщо раніше епіфітотійного розвитку набували лише аскохітоз та фузаріозне в'янення, то в останні роки до них додалися сіра гниль та бактеріози, що створює передумови для комплексного ураження рослин.

Висновки

Метою проведеного огляду було оцінити вплив кліматичних змін на поширення та фітопатогенний

тиск хвороб нуту в агрокліматичних умовах Лісостепу України. Встановлено, що найзначніший негативний вплив на продуктивність і життєздатність рослин чинять фітопатогенні мікроміцети родів *Fusarium* та *Ascochyta*, тоді як меншу загрозу становлять представники відділу *Oomycota*. З'ясовано, що зміни клімату сприяли появі протягом останніх десятиліть у регіоні захворювань, раніше нетипових для зони Лісостепу, зокрема іржі, макрофомозу й альтернативіозу. Обґрунтовано припущення, що виявлення вірусу жовтого некрозу гороху у нуту в Німеччині на тлі кліматично зумовленого розширення ареалів переносників, зокрема попелиць, свідчить про актуальну загрозу його інтродукції та поширення в агроценозах нуту України. Показано, що вплив кліматичних чинників на патогенний комплекс нуту проявляється через збільшення кількості генерацій патогенів, зниження імунної відповіді рослин внаслідок стресових погодних умов та трансформацію традиційної сезонної динаміки ураження. Отже, нагальною є потреба адаптації стратегій захисту нуту з урахуванням прогнозованих кліматичних змін.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

- Honchar, M. V. (2024). Dynamika vyrobnytstva nutu v ukraini ta sviti. *Ahrarni Innovatsii*, 24, 60–66. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.8> [in Ukrainian]
- Ukraina narostyla ploshchi pid nutom do 36 tysyach hektariv. (2019). *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://super-agronom.com/news/6458-ukrayina-narostila-ploshchi-pid-nutom-do-36-tisyach-gektariv> [in Ukrainian]
- Panasiuk, I. (2023). Nut: alternatyva miasu ta rentabelnist vyrobnytstva. *AgroPortal*. Retrieved from: <https://agroportal.ua/agro-check/rozvinchuyemo-mifi-nut-alternatyva-m-yasu-ta-rentabelnist-vyrobnictva> [in Ukrainian]
- Urozhai bobovykh v Ukraini u 2023 rotsi analityky otsiniuiut na rivni 390 tys. t. (2023). *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://super-agronom.com/news/17437-urojay-bobovykh-v-ukrayini-u-2023-rotsi-analitiki-otsinyuyut-na-rivni-390-tis-t> [in Ukrainian]
- Honchar, M. V. (2024). Zastosuvannya innovatsiynykh tekhnolohii vyroshchuvannya nutu v umovakh skorochennia ploshchi vyroshchuvannya bobovykh v umovakh viiny. *Suchasni tekhnolohichni aspekty vyrobnytstva zerna ta pererobky silskohospodarskoi produktsii: materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii z nahody 100-richchia vid dnia narodzhennia doktora silskohospodarskykh nauk, profesora Hryhoriia Rodionovycha Pikusha. (Dnipro, 20–21 march 2024).* (s. 50–52). Dnipro: DU IZK NAAN [in Ukrainian]
- Korchan, A. (2024). Kultura nut (osoblyvosti vyroshchuvannya ta zberihannya). *Regga.zapisi*. Retrieved from: <https://regga.zapisi.cx.ua/ukraincyam/nut-norma-visivu-v-kg.html> [in Ukrainian]
- Asati, S., Tripathi, M. K., Tiwari, S., Yadav, R. K., & Tripathi, N. (2022). Molecular breeding and drought tolerance in chickpea. *Life*, 12 (11):1846. <https://doi.org/10.3390/life12111846>
- Bushulian, O. V., & Sichkar, V. I. (2009). *Nut: henetyka, selektsiia, nasinnytstvo, tekhnolohiia vyroshchuvannya : monohrafiia*. Odesa: SHI NTsNS [in Ukrainian]
- Kolesnikov, M. O., & Kadyrov, T. R. (2022). *Rekomendatsii po vyroshchuvannya nutu v umovakh pivden Ukrainy*. Melitopol: TDATU [in Ukrainian]
- Marynych, M. (2023). Vrozhai bobovykh v Ukraini: rezultaty 2022 r. ta perspektyvy 2023 r. *UkrAgroConsult*. Retrieved from: <https://ukragroconsult.com/news/vrozhaj-bobovykh-v-ukrayini-rezultaty-2022-r-ta-perspektyvy-2023-r/> [in Ukrainian]
- Chernik, I., & Tryhuba, O. (2023). Common chickpea (*Cicer arietinum* L.) – a prospective legume culture of the western forest steppe of Ukraine. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 83 (3-4), 117–126. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.23.3-4.13>
- Kyrychenko, O. S., & Radina, V. D. (2020). Naslidky zminy klimatu v Lisostepu Ukrainy. *Piati Sumski naukovy heohrafični chytannia: zbirnyk materialiv Vseukrainskoi naukovoï konferentsii. (Sumy, 9–11 October 2020).* (s. 35–40). Sumy [in Ukrainian]
- Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. (2022). Vplyv pryrodno-klimatychnykh umov na urozhainist i adaptyvnist hrechky. In T. O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkholody vidnovlennia tekhnohennu zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (s. 159–165). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
- Singh, R., Kumar, K., Purayannur, S., Chen, W., & Verma, P. K. (2022). Ascochyta blight: A threat to global chickpea production. *Molecular Plant Pathology*, 23 (9), 1241–1261. <https://doi.org/10.1111/mpp.13235>
- Soomi, J., Loni, F., Daryani, P., Amirbakhtiar, N., Pourhang, L., Pouralibaba, H. R., Khoshro, H. H., Ramandi, H. D., & Shobbar, Z.-S. (2025). Developing resistance to Fusarium wilt in chickpea: From identifying meta-QTLs to molecular breeding. *Plant Genome*, 18 (1):e70004. <https://doi.org/10.1002/tpg2.70004>
- Pande, S., Sharma, M., Gaur, P. M., & Gowda, C. L. L. (2010). Host plant resistance to ascochyta blight of chickpea. *Information Bulletin*, 82. Project Report. India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Moysiienko, V. V. (2017). Naukove obgruntuvannya shliakhiv pidvyshchennia produktyvnosti nutu (*Cicerarietinum* L.) v Ukraini. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 2 (1), 3–11 [in Ukrainian]
- Adamenko, T. I. (2022). *Zmina klimatu ta adaptatsiia vyrobnykh soi v Ukraini*. Kyiv: Dunaiska soja [in Ukrainian]
- Letiak, V. (2021). Lito voseny i doshchi vyznaku: yak zminytsia klimat Ukrainy do 2100 roku. *Fakty*. Retrieved from: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20210824-lito-voseny-i-doshhi-vyznaku-yak-zminytsia-klimat-ukrayiny-do-2100-roku/> [in Ukrainian]
- Melnyk, S. (2018). Zminy klimatu vzhe poznachaiutsia na silskomu hospodarstvi. *Ahropolityka*, 4, 8–11 [in Ukrainian]
- Markov, I. L. (Red). (2019). *Fitopatolohiia : pidruchnyk*. Kyiv: Lira-K [in Ukrainian]
- Cachinero, J. M., Hervás, A., Jiménez-Díaz, R. M., & Tena, M. (2002). Plant defence reactions against fusarium wilt in chickpea induced by incompatible race 0 of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* and nonhost isolates of *F. oxysporum*. *Plant Pathology*, 51 (6), 765–776. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2002.00760.x>
- Keßmann, H., & Barz, W. (1987). Accumulation of isoflavones and pterocarpin phytoalexins in cell suspension cultures of different cultivars of chickpea (*Cicer arietinum*). *Plant Cell Reports*, 6 (1), 55–59. <https://doi.org/10.1007/BF00269739>
- Rocha, F. S., Sharma, M., Tarafdar, A., Chen, W., Azevedo, D. M. Q., Castillo, P., Costa, C. A., & Chobe, D. R. (2023). Diseases of Chickpea. *Handbook of Vegetable and Herb Diseases*, 1–44. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35512-8_26-1
- Bushulian, O. V., Sichkar, V. I., & Babaiants, O. V. (2014). Zakhyt nutu vid shkidlyvykh orhanizmiv. *Ahronom*, 2, 156–161 [in Ukrainian]
- Kalil, A., McKelvy, U., & Porter, L. D. (2022). Chickpea disease diagnostic series. Retrieved from: <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-12/pp2072.pdf>
- Foresto, E., Carezzano, M. E., Giordano, W., & Bogino, P. (2023). Ascochyta blight in chickpea: An update. *Journal of Fungi*, 9 (2), 203. <https://doi.org/10.3390/jof9020203>
- Chen, W. (2016). Diseases of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The American Phytopathological Society*. Retrieved from: <https://www.apsnet.org/edcenter/resources/common-names/Pages/Chickpea.aspx>
- Ochkala, O. S. (2021). Vykhidnyi material nutu zvychainoho (*Cicer arietinum* L.) z vysokym tempom prorstannia za nyzkykh temperatur v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Doktor's filosofii thesis*. Instytut Zroshuvannia Zemlerobstva Natsionalnoi Akademii Ahramykh Nauk Ukrainy, Kherson [in Ukrainian]
- Arriagada, O., Cacciottolo, F., Cabeza, R. A., Carrasco, B., & Schwember, A. R. (2022). A comprehensive review on chickpea (*Cicer arietinum* L.) breeding for abiotic stress tolerance and climate change resilience. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(12), 6794. <https://doi.org/10.3390/ijms23126794>

31. Morozov, O. M., Pospelova, H. D., & Nechiporenko, N. I. (2021). Osoblyvosti infikuvannya nutu mikromitsetamy. *Suchasni aspekty i tekhnologii u zakhysti roslin : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. (Poltava, 26 November 2021). (s. 75–78). Poltava: PDAA [in Ukrainian]
32. Pospelova, G., Kovalenko, N., Nechiporenko, N., Sherstuk, O., & Morozov, O. (2022). Influence of pre-seed treatment on sowing qualities and phytosanitary condition of nuttle seeds. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 127–134. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.15>
33. Irzha nutu. (n.d.). *Agrarii-Razom*. <https://agrarii-razom.com.ua/plant-diseases/irja-nutu> [in Ukrainian]
34. Makrofomina (*Macrophomina phaseolina*): opys, profilaktyka ta borotba z khvoroboiu. (2024). *Ahroekspert Treid*. Retrieved from: <https://agroexp.com.ua/uk/makrofomina> [in Ukrainian]
35. Sichka, V. (2022). Nut ne dlia nadprybutkiv, a zarady sivozminy. *Ahronomiia Sohodni*. Retrieved from: <https://agronomy.com.ua/statti/bobovi/1353-nut-ne-dlia-nadprybutkiv-a-zarady-sivozminy.html> [in Ukrainian]
36. Markov, I. (2019). Shcho zahrozhuie posivam nutu. *Ahrobiznes Sohodn*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/15667-shcho-zahrozhuie-posivam-nutu.html> [in Ukrainian]
37. Husarova, A. (2025). Nimetski doslidnyky vyiavyly virus, yakyy zarazhuie vyroshchenyi u kraini nut. *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/20349-nimetski-doslidniki-viyavili-virus-yakyy-zarajuye-viroscheniy-u-krayini-nut> [in Ukrainian]
38. Pospelova, H. D., Barobolia, O. V., & Morozova, O. O. (2018). Influence of biological preparations on the phytosanitary state of soybean seeds. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 37–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.05> [in Ukrainian]
39. Pospelova, G. D., Kovalenko, N. P., Nechiporenko, N. I., Stepanenko, R. O., & Sherstuk, O. L. (2021). Influence of fungicidal disinfectants on pathogenic complex and laboratory germination of soybean seeds. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 72–79. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.08>
40. Demydenko, O. (2023). Vikova zmina klimatu ta produktyvnosti ahrotsenoziv tsentralnoho Lisostepu Ukrainy. *Ahronomiia Sohodni*. Retrieved from: <https://agronomy.com.ua/statti/2155-vikova-zmina-klimatu-ta-produktyvnosti-ahrotsenoziv-tsentralnoho-lisostepu-ukrainy.html> [in Ukrainian]
41. Boychenko, S., Voloshchuk, V., Movchn, Ya., Serdiuchenko, N., Tyshchenko, O., Tkachenko, V., & Savchenko, S. (2016). Features of climate change on Ukraine: scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of the National Aviation University*, 4 (69), 96–113. <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>
42. Climate Centre. (2024). Climate fact sheet. Red Cross Red Crescent Climate Centre. Retrieved from: https://www.climatecentre.org/wp-content/uploads/RCCC-Country-profiles-Ukraine_2024_final.pdf
43. Shvidenko, A., Buksha, I., Krakovska, S., & Lakyda, P. (2017). Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*, 9 (7), 1152. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
44. Sinha, R., Gupta, A., & Senthil-Kumar, M. (2017). Concurrent Drought Stress and Vascular Pathogen Infection Induce Common and Distinct Transcriptomic Responses in Chickpea. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00333>

ORCID

V. Shuleshchenko 

<https://orcid.org/0009-0002-9057-7382>



2025 Shuleshchenko V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The formation of corn yield capacity depending on hybrids' choice under the conditions of unstable moistening

M. Marenych✉ | K. Kuriacha

Article info

Correspondence Author

M. Marenych

E-mail:

mykola.marenych@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda St., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Marenych, M., & Kuriacha, K. (2025). The formation of corn yield capacity depending on hybrids' choice under the conditions of unstable moistening. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 63–67. doi: 10.31210/spi2025.28.02.10

The analysis of hybrids' yield capacity showed that they can conventionally be divided into those, which react on seeding rate and those ones, which have weak reaction. The following hybrids responded positively to increasing the seeding rate up to 85 thou/ha: EC Sirius, EC Paroles, Mas 23.K, Mas 30.K, DKC 3795, DKC 3472, DKC 4964, P7709, PR39H32, however in the majority of variants, the increase in the seeding rate up to 85 thou/ha resulted in yield decrease. The reaction of the following hybrids should be especially mentioned: EC Method, Mas 33.A, Mas 37.V, DKC 4014, DKC 3511, DKC 4408, and P9175, which lowered yield capacity not so sharply under the effect of the sowing rate increase. The decrease in the sowing rate also led to the considerable yield capacity lowering in several hybrids. Special attention should be paid to Mas 37.V, DKC 3509, DKC 3795, DKC 4014, PR39H32, and P9175. In case of the seeding rate decrease, in some hybrids, the indicator of yield capacity grew, which is especially noticeable in such hybrids as EC Method, Mas 30.K, DKC 3472, DKC 4964, and PR39B76. The main precondition for obtaining stable corn yields is choosing hybrids for cultivation. Under the conditions of unstable moistening, the following hybrids can form the yields of more than 10 t/ha: DKC 4964 (10.96 t/ha), DKC 4490 (10.81 t/ha), Mas 30.K (10.73 t/ha), EC Sensor (10.69 t/ha), P9241 (10.43 t/ha), DKC 3509 (10.16 t/ha), and EC Concord (10.05 t/ha). The seeding rate of 75 thou/ha turned out to be the optimal one, which enabled to form the yield capacity of DKC 4014 and P9241 hybrids of more than 11 t/ha. For DKC 4964 and EC Sensor hybrids, the seeding rate of 65 thou/ha turned out to be the optimal one, which enabled to receive the yields of 11.2 t/ha. The reliable criterion for selecting hybrids is also their characteristics according to FAO – it was determined that corn hybrids having the value of 370 formed the highest yields. However, taking into account the unpredictable conditions, it is expedient to expand this interval to 310–370, also paying attention to the hybrids' genetic peculiarities, as some of mid-ripening varieties may have lower yield capacity. In particular, DKC 4964 (FAO 380) had the yield capacity of 10.96 t/ha in case of the sowing rate, while Mas 44.A yielded only 8.33 t/ha.

Keywords: corn, hybrids, sowing (seeding) rates, yield capacity.

Формування урожайності кукурудзи залежно від підбору гібридів в умовах нестійкого зволоження

М. М. Маренич | К. О. Куряча

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Аналіз урожайності гібридів показав, їх можна умовно розділити на ті, які реагують на норму висіву і ті, які мають слабку реакцію. На збільшення норми висіву насіння до 85 тис./га позитивно реагували гібриди EC Сіріус, EC Паролі, Мас 23.К, Мас 30.К, DKC 3795, DKC 3472, DKC 4964, P7709, PR39H32, але в переважній більшості варіантів збільшення норми висіву до 85 тис. призводило до зменшення врожайності. Особливо слід відмітити реакцію таких гібридів: EC Метод, Мас 33.А, Мас 37.В, DKC 4014, DKC 3511, DKC 4408, P9175, які не так різко знижували урожайність під впливом збільшення норми висіву. Зменшення норми висіву також призводило до істотного зменшення врожайності у цілої низки гібридів. Особливу увагу слід звернути на Мас 37.В, DKC 3509, DKC 3795, DKC 4014, PR39H32, P9175. В деяких же гібридів у разі зменшення норми висіву показник урожайності зростає, що особливо помітно у гібридів EC Метод, Мас 30.К, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76. Головною передумовою отримання стабільних врожаїв кукурудзи є підбір гібридів для вирощування. В умовах нестійкого зволоження урожайність більше 10 т/га здатні формувати гібриди DKC 4964 (10,96 т/га), DKC 4490 (10,81 т/га), Мас 30.К (10,73 т/га), EC Сенсор (10,69 т/га), P9241 (10,43 т/га), DKC 3509 (10,16 т/га) та EC Конкорд (10,05 т/га). Оптимальною виявилася норма висіву насіння 75 тис./га, яка дала можливість сформувати урожайність гібридів DKC 4014 та P9241 більше 11 т/га. Для гібридів DKC 4964 і EC Сенсор оптимальною виявилася норма висіву 65 тис./га, що дало змогу отримати врожайність 11,2 т/га. Надійним критерієм для підбору гібридів також є їхня характеристика за FAO – встановлено, що найбільшу врожайність сформували гібриди кукурудзи з значенням 370. Однак враховуючи непрогнозованість умов цей інтервал доцільно розширити до 310–370, звертаючи увагу при цьому й на генетичні особливості гібридів, оскільки деякі з середньостиглих можуть мати меншу врожайність. Зокрема DKC 4964 (FAO 380) мав урожайність за норми висіву 10,96 т/га, а Мас 44.А – лише 8,33 т/га.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, норми висіву, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Маренич М. М., Куряча К. О. Формування урожайності кукурудзи залежно від підбору гібридів в умовах нестійкого зволоження. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 63–67.

Вступ

Аналіз збільшення врожайності кукурудзи, який був проведений українськими вченими свідчить, що її приріст становить близько 31 ц/га завдяки використанню нових сортів і гібридів цієї культури [1, 2]. Саме тому актуальним є завдання створення і впровадження нових гібридів кукурудзи [3]. Для ефективного управління продукційними процесами агроценозів необхідно враховувати навіть конкретну локацію розміщення посівів [4]. У зв'язку з цим деякі автори піднімають питання створення гібридів за двома напрямками – чи то для конкретних умов вирощування чи таких, що мають широкий діапазон пластичності [5, 6].

В умовах нашої країни, на думку вітчизняних вчених, для такої оцінки необхідно враховувати суми ефективних температур за період травня вересня вище 10 градусів, скоростиглість гібридів, тривалість спекотного періоду та суму опадів [7, 8].

Критеріями оцінки пластичності гібридів вважають довжину й масу качана, кількість зерен у ньому, масу зерна тощо. А для посушливих умов доцільно враховувати тривалість цвітіння [9–13]. У зв'язку з цим існує думка, що в посушливих умовах урожайність ранньостиглих гібридів може бути майже на 74 % більшою від пізньостиглих [14]. При цьому також слід враховувати кут нахилу листків, маси кореневої системи та багатокачанність, яка може бути індикатором посухостійкості [15, 16].

Обов'язковою умовою вибору гібриду для вирощування в умовах зростання температури є стійкість до хвороб, що й спостерігається в останні роки [17], але на передньому плані розробки технологій вирощування має бути врахування конкретних умов господарства [18]. Відповідно

до цього слід запроваджувати й регулювання агротехнічних факторів: строки сівби, норми висіву тощо [19–20].

Мета дослідження

Мета досліджень полягала в оцінці урожайності гібридів різного походження та різної тривалості вегетаційного періоду.

Завдання досліджень: проаналізувати вплив генетичних властивостей та норм висіву насіння на рівень врожайності гібридів кукурудзи.

Матеріали і методи

Дослідження проводилися в АФ ім. Довженка Миргородського району Полтавської області. Матеріалом для експерименту стали гібриди кукурудзи селекції брендів Euralis Semences, MAS Seeds, Dekalb та Pioneer. В польових дослідках визначали реакцію гібридів на норми висіву та вплив генетичних властивостей на формування врожайності. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий середньогумусний. Повторність дослідів – трикратна, розміщення варіантів – рандомізоване, облікова площа ділянки – 100 м².

Результати та їх обговорення

Найбільшу врожайність в умовах нестійкого зволоження продемонстрували гібриди Dekalb – за норм висіву насіння 85 тис./га вона становила, в середньому 9,8 т/га, що неістотно відрізнялося від варіантів з нормою висіву 65 тис./га – 9,87 т/га. Варіанти з нормою висіву 75 тис./га демонстрували середній показник врожайності 9,95 т/га (*рис. 1*).

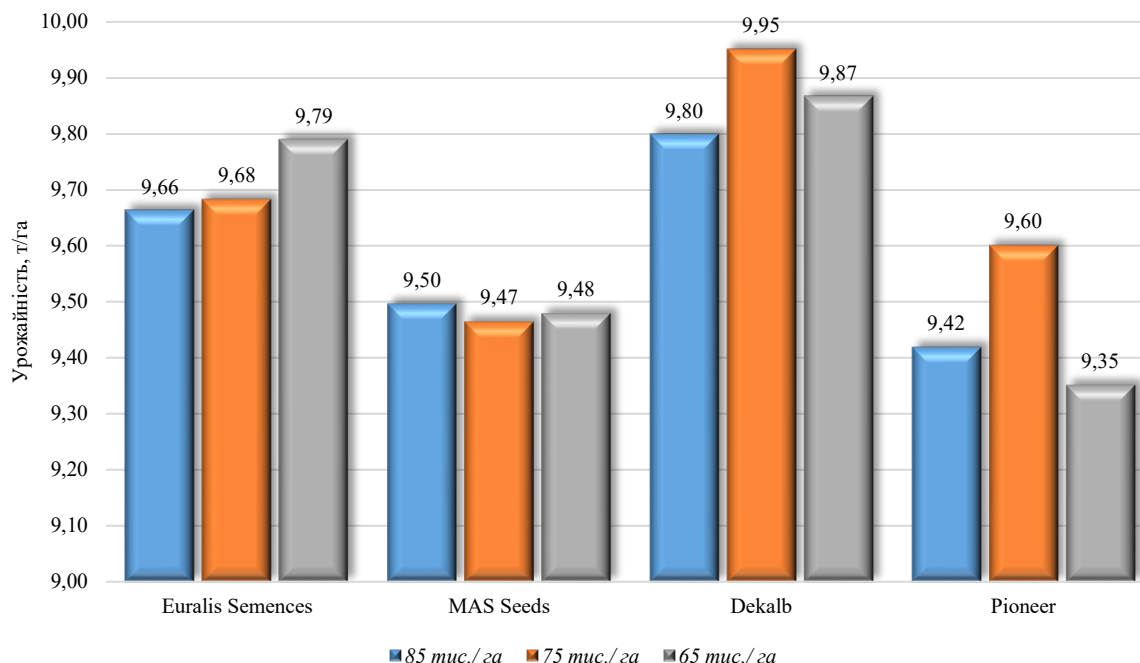


Рис. 1. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від походження

Дещо нижчі показники урожайності спостерігалися у гібридів Euralis Semences і при цьому найбільший рівень врожайності був сформований за найменшої норми висіву насіння. Гібриди кукурудзи селекції MAS Seeds мали фактичну однакову середню врожайність незалежно від норми висіву. Помітна реакція урожайності на норми висіву спостерігалася у гібридів Pioneer, які були найпродуктивнішими за норми висіву насіння 75 тис./га.

Детальний аналіз урожайності гібридів показав, їх можна умовно розділити на ті, які реагують на норму висіву і ті, які мають слабку реакцію (*табл. 1*). Так, наприклад, на збільшення норми висіву насіння до 85 тис./га позитивно реагували гібриди ЕС Сіріус, Е Паролі, Mas 23.K, Mas 30.K, DKC 3795, DKC 3472,

DKC 4964, P7709, PR39H32, але в переважній більшості варіантів збільшення норми висіву до 85 тис. призводило до зменшення врожайності. Особливо слід відмітити реакцію таких гібридів: ЕС Метод, Mas 33.A, Mas 37.V, DKC 4014, DKC 3511, DKC 4408, P9175 та інших, які не так різко знижували урожайність під впливом збільшення норми висіву.

Зменшення норми висіву також призводило до істотного зменшення врожайності у цілої низки гібридів. Особливу увагу слід звернути на Mas 37.V, DKC 3509, DKC 3795, DKC 4014, PR39H32, P9175. В деяких же гібридів у разі зменшення норми висіву показник урожайності зростав, що особливо помітно у гібридів ЕС Метод, Mas 30.K, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76.

Таблиця 1

Відхилення урожайності гібридів кукурудзи залежно від норм висіву насіння

Гібрид	ФАО	Норма висіву насіння, тис. шт./га			Реакція гібриду порівняно до норми висіву 75 тис./га	
		85	75	65	85 тис./ га	65 тис./ га
ЕС Сіріус	200	9,15	8,74	9,42	0,41	0,68
ЕС Конкорд	250	10,05	10,00	9,46	0,05	-0,54
ЕС Паролі	260	9,29	9,07	8,80	0,23	-0,27
ЕС Сенсор	370	10,69	10,99	11,16	-0,29	0,17
ЕС Метод	380	9,13	9,62	10,11	-0,49	0,49
Середнє		9,66	9,68	9,79	-0,02	0,11
Mas 23.K	240	9,82	8,40	8,17	1,41	-0,23
Mas 30.K	280	10,73	9,90	10,94	0,83	1,04
Mas 33.A	320	9,09	9,72	9,60	-0,64	-0,12
Mas 37.V	340	9,52	10,48	9,83	-0,96	-0,65
Mas 44.A	380	8,33	8,82	8,86	-0,49	0,04
Середнє		9,50	9,47	9,48	0,03	0,01
DKC 3509	240	10,16	10,01	9,36	0,15	-0,66
DKC 3795	250	9,81	9,34	8,36	0,47	-0,99
DKC 3415	260	8,92	8,77	8,71	0,15	-0,06
DKC 3472	270	9,49	9,19	9,81	0,30	0,62
DKC 3717	280	9,68	9,49	8,97	0,19	-0,52
DKC 4014	310	9,77	11,67	10,87	-1,90	-0,80
DKC 3511	330	9,04	10,20	10,44	-1,16	0,24
DKC 4408	340	9,34	10,04	10,04	-0,71	0,00
DKC 4490	370	10,81	10,63	10,94	0,18	0,31
DKC 4964	380	10,96	10,16	11,17	0,80	1,01
Середнє		9,80	9,95	9,87	-0,15	-0,08
P7709	190	9,43	9,08	8,72	0,36	-0,36
PR39H32	200	7,92	7,42	6,13	0,51	-1,28
P8521	220	9,56	9,47	9,05	0,09	-0,41
P8000	230	9,04	8,96	8,59	0,08	-0,36
PR39D81	260	9,41	9,51	9,47	-0,10	-0,03
PR39B76	280	9,48	9,23	10,37	0,26	1,15
P9175	330	9,73	10,67	9,88	-0,95	-0,79
P9400	340	9,97	10,16	10,45	-0,19	0,29
P9578	350	9,23	10,53	10,16	-1,30	-0,37
P9241	360	10,43	11,00	10,68	-0,57	-0,31
Середнє		9,42	9,60	9,35	-0,18	-0,25
НІР05					0,22	

В ході аналізу результатів досліджень було виявлена особливість деяких гібридів формувати більшу врожайність як за збільшеної норми висіву насіння так і в разі її зменшення. Це стосувалося гібридів ЕС Сіріус, Mas 30.K, DKC 3472, DKC 4964, PR39B76. Враховуючи, що всі варіанти досліду перебували в однакових умовах, за винятком досліджуваних, можна зробити припущення про те, що ці гібриди здатні реалізовувати свій генетичний потенціал продуктивності незалежно від норми висіву насіння в межах 65–85 тис./га. Очевидно, слід відмітити також доцільність проведення

досліджень з нормами висіву меншого кроку – 65, 70, 75, 80 і 85 тис./га для визначення оптимального висіву.

Аналіз урожайності гібридів для вирощування за показником ФАО показав, що в умовах нестійкого зволоження України кращу врожайність спостерігали при значенні ФАО 310–370 (*рис. 2*), що також може бути відносно надійним критерієм підбору. Однак при цьому слід мати на увазі, що генетичні особливості гібридів відіграють домінуючу роль. Зокрема DKC 4964 (ФАО 380) мав урожайність за норми висіву 10,96 т/га, а Mas 44.A – лише 8,33 т/га.

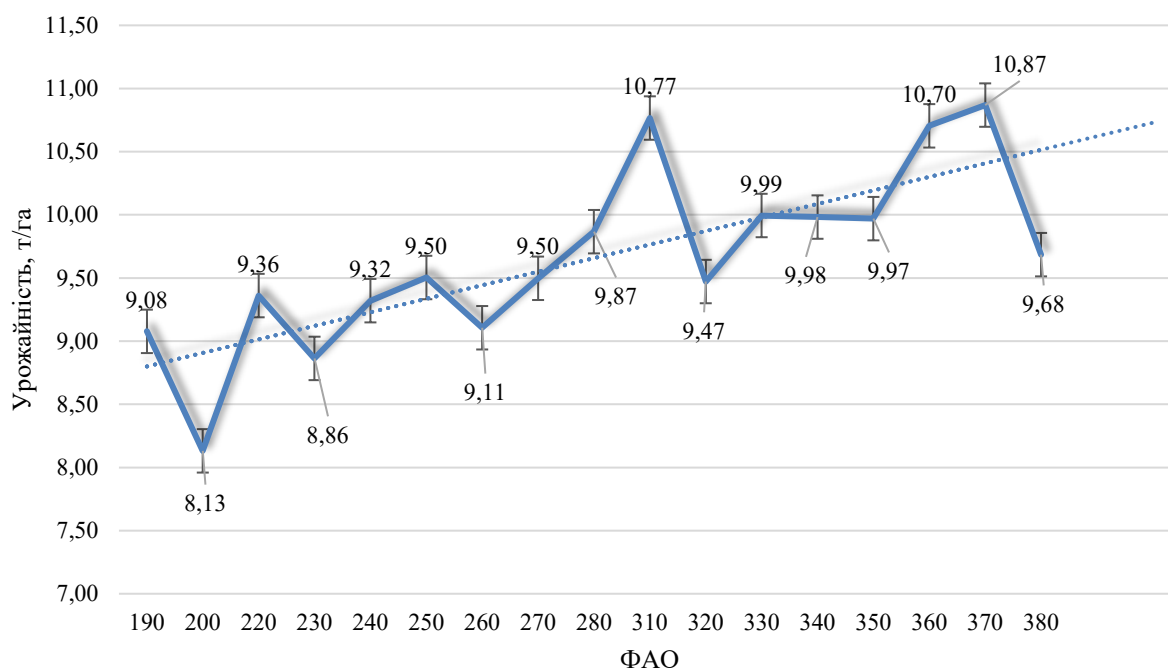


Рис. 2. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від значення ФАО

У зв'язку з такою поведінкою рівня врожайності, очевидно, було б помилковим робити висновки про переваги тієї чи іншої селекції, оскільки в портфоліо кожної селекційної компанії є гібриди кукурудзи, які формують найбільшу врожайність. Зокрема за результатами дворічних досліджень урожайність більше 10 т/га на варіантах з нормою висіву насіння 85 тис./га була сформована гібридами DKC 4964 (10,96 т/га), DKC 4490 (10,81 т/га), Mas 30.K (10,73 т/га), ЕС Сенсор (10,69 т/га), P9241 (10,43 т/га), DKC 3509 (10,16 т/га) та ЕС Конкорд (10,05 т/га).

Ті самі ж гібриди сформували максимальну врожайність й на варіантах з нормою висіву 75 тис./га, але слід відмітити, що DKC 4014 та P9241 сформували врожайність 11,67 і 11,0 т/га відповідно, а за норми висіву насіння 65 тис./га кращими виявилися гібриди DKC 4964 і ЕС Сенсор – 11,2 т/га.

Висновки

Результати досліджень свідчили про те, що головною передумовою отримання стабільних врожаїв кукурудзи є підбір гібридів для вирощування. В умовах нестійкого зволоження урожайність більше 10 т/га здатні формувати гібриди DKC 4964 (10,96 т/га), DKC 4490 (10,81 т/га), Mas 30.K (10,73 т/га), ЕС Сенсор (10,69 т/га), P9241 (10,43 т/га), DKC 3509 (10,16 т/га) та ЕС Конкорд (10,05 т/га). Оптимальною виявилася норма висіву насіння 75 тис./га, яка дала можливість сформувати урожайність гібридів DKC 4014 та P9241 більше 11 т/га. Для гібридів DKC 4964 і ЕС Сенсор оптимальною виявилася норма висіву 65 тис./га, що дало змогу отримати врожайність 11,2 т/га. Надійним критерієм для підбору гібридів з такою є їхня характеристика за ФАО – встановлено, що найбільшу врожайність сформували гібриди кукурудзи з значенням 370. Однак враховуючи непрогнозованість

умов цей інтервал доцільно розширити до 310–370, звертаючи увагу при цьому й на генетичні особливості гібридів, оскільки деякі з середньостиглих можуть мати меншу врожайність.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Rezende, W. S., Beyene, Y., Mugo, S., Ndou, E., Gowda, M., Sserumaga, J. P., Asea, G., Ngolinda, I., Jumbo, M., Oikeh, S. O., Olsen, M., Borém, A., Cruz, C. D., & Prasanna, B. M. (2020). Performance and yield stability of maize hybrids in stress-prone environments in eastern Africa. *The Crop Journal*, 8 (1), 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.08.001>
2. Kalenskaya, S. M., Ermakova, L. M., Krestyaninov, E. V., & Antal, T. V. (2019). The reaction of corn hybrids of different maturity groups to fertilization and economic efficiency of their cultivation. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 106, 63–69.
3. Lavrynenko, Iu. O., Vozgegova, R. A., Bazaliy, V. V., Marchenko, T. Yu., & Ivanyv, M. O. (2020). Adaptive abilities of corn hybrids under different irrigation modes and moisture supply in the arid Steppe of Ukraine. *Faktori Eksperimental'noi Evolucii Organizmiv*, 27, 125–131. <https://doi.org/10.7124/feco.v27.1314>
4. Omar, M., Rabie, H. A., Mowafi, S. A., Othman, H. T., El-Moneim, D. A., Alharbi, K., Mansour, E., & Ali, M. M. A. (2022). Multivariate analysis of agronomic traits in newly developed maize hybrids grown under different agro-environments. *Plants*, 11 (9), 1187. <https://doi.org/10.3390/plants11091187>
5. Katsenios, N., Sparangis, P., Chanioti, S., Giannoglou, M., Leonidakis, D., Christopoulos, M. V., Katsaros, G., & Efthimiadou, A. (2021). Genotype × environment interaction of yield and grain quality traits of maize hybrids in Greece. *Agronomy*, 11 (2), 357. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020357>
6. Raj, R. N. (2019). G × E interaction and stability analysis of maize hybrids using eberhart and russell model. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 12 (01). <https://doi.org/10.30954/0974-1712.03.2019.1>

7. Yamamoto, E. L. M., Gonçalves, M. C., Davide, L. M. C., Santos, A. dos, & Candido, L. S. (2021). Adaptability and stability of maize genotypes in growing regions of central Brazil. *Revista Ceres*, 68 (3), 201–211. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202168030006>
8. Palamarchuk, V., & Aliexsieiev, O. (2020). Mathematical models of high-starch maize hybrids of different ground groups. *Agriculture and Forestry*, 1, 28–47. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-1-3>
9. Marenych, M. M., Verevska, O. V., & Shkurko, V. S. (2011). *Prohnozuvannia vrozhaivosti silskohospodarskykh kultur*. Poltava: Simon [in Ukrainian]
10. Spriazhka, R., & Zhemoida, V. (2022). Environmental plasticity and stability of corn hybrids during selection for grain quality. *Naukovi Dopovidy Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 2022 (5). <https://doi.org/10.31548/dopovidy2022.05.007>
11. Aakash, Thakur, N. S., Singh, M. K., Bhayal, L., Meena, K., Choudhary, S. K., Kumawat, N., Singh, R. K., Singh, U. P., Singh, S. K., Sanodiya, P., Kumar, A., & Singh, A. K. (2022). Sustainability in rainfed maize (*Zea mays* L.) production using choice of corn variety and nitrogen scheduling. *Sustainability*, 14 (5), 3116. <https://doi.org/10.3390/su14053116>
12. Fadhli, N., Farid, Muh., Rafiuddin, Effendi, R., Azrai, M., & Anshori, M. F. (2020). Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21 (8). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210826>
13. Kim, J., Sullivan, P., Caldwell, L., Downey, J., Hooker, D. C., & Nasielski, J. (2024). Kernel number and kernel weight stability can vary across corn hybrids. *Agronomy Journal*, 116 (5), 2446–2457. <https://doi.org/10.1002/agj2.21640>
14. Sserumaga, J. P., Beyene, Y., Pillay, K., Kullaya, A., Oikeh, S. O., Mugo, S., Machida, L., Ngolinda, I., Asea, G., Ringo, J., Otim, M., Abalo, G., & Kiula, B. (2018). Grain-yield stability among tropical maize hybrids derived from doubled-haploid inbred lines under random drought stress and optimum moisture conditions. *Crop and Pasture Science*, 69 (7), 691. <https://doi.org/10.1071/cp17348>
15. Silva, P. C., Sánchez, A. C., Opazo, M. A., Mardones, L. A., & Acevedo, E. A. (2022). Grain yield, anthesis-silking interval, and phenotypic plasticity in response to changing environments: Evaluation in temperate maize hybrids. *Field Crops Research*, 285, 108583. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108583>
16. Kharchenko, Y. V., Kharchenko, L. Y., Kutsenko, O. M., & Liashenko, V. V. (2020). Selection value of corn variety diversity of ustymivka experimental plant growing station collection. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 33–43. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.03>
17. Bernhard, B. J., & Below, F. E. (2020). Plant population and row spacing effects on corn: Phenotypic traits of positive yield-responsive hybrids. *Agronomy Journal*, 112 (3), 1589–1600. Portico. <https://doi.org/10.1002/agj2.20206>
18. Kalenska, S. M., Taran, V. G., Danyliv, P. O. (2018). Features of yield formation in corn hybrids depending on fertilization, plant density and weather conditions. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 101, 42–48.
19. Sharypina, Ya. Yu., Borovska, I. Yu., Pariy, M. F., Halushchenko, S. V., Smirnova, V. A., Kostenko, Yu. S., Kulish, O. Yu., & Shpakovych, I. V. (2020). Ecological plasticity of maize hybrids, development by ukrainian scientific institute of plant breeding, under the conditions of Ukraine. *Plant and Soil Science*, 11 (1), 69–78. <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.069>
20. Urechean, V., Borleanu, I. C., & Cola, F. (2019). Response of some corn hybrids to drought stress. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXII (1), 480–485. Retrieved from: <https://agronomyjournal.usamv.ro/index.php/scientific-papers/past-issues?id=994>

ORCID

M. Marenych 
K. Kuriacha 

<https://orcid.org/0000-0002-8903-3807>
<https://orcid.org/0009-0008-4665-9835>



2025 Marenych M. and Kuriacha K. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Innovative technologies in growing and storing agricultural crops

A. Olkhovskyi✉

Article info

Correspondence Author

A. Olkhovskyi

E-mail:

olhovs@proton.meTOMI GROUP LLC,
Zadniprovska Str., 23,
Zaporizhzhia, 269114,
Ukraine**Citation:** Olkhovskyi, A. (2025). Innovative technologies in growing and storing agricultural crops. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 68–74. doi: 10.31210/spi2025.28.02.11

The study presents a comprehensive analysis of modern innovative technologies used in the cultivation and storage of agricultural crops, with particular attention to the development of precision agriculture, digitalization, and biotechnological advances. The aim of the article is to characterize the main technological solutions that contribute to improving the efficiency, sustainability, and adaptability of agro-industrial systems under current global challenges. The methodology is based on the synthesis of recent scientific studies, sectoral analytics, and practical cases of technology implementation in Ukraine and internationally. The core findings indicate that precision agriculture technologies – such as variable rate application, remote field monitoring, automated equipment control, and satellite-based agroanalytics – enable farmers to optimize input use and reduce environmental pressure while increasing productivity. In parallel, the development of sensor systems and the Internet of Things significantly expands the possibilities of continuous real-time monitoring and automation across all stages of crop production. Internet of Things integration with farm management platforms also facilitates digital transformation at the enterprise level. The article also highlights the role of gene-editing tools, particularly CRISPR-Cas9, in developing stress-resistant and high-yielding crop varieties, which are essential for adapting to climate change. Furthermore, the research emphasizes the growing relevance of automated smart storage systems in Ukraine, which improve grain preservation efficiency, minimize post-harvest losses, and enhance logistical operations through microclimate control and digital interfaces. The article concludes that the integration of advanced agrotechnologies in Ukraine has great potential, despite existing challenges such as wartime disruption and limited investment. Practical implementation depends on the expansion of digital infrastructure, financial and educational support, and strengthening partnerships between agribusinesses and technology developers. The results confirm the strategic importance of innovations for building a resilient and competitive agricultural sector aligned with principles of sustainable development. Practical implementation depends on the expansion of digital infrastructure, financial and educational support, and strengthening partnerships between agribusinesses and technology developers. These findings may serve as a valuable reference for policy-makers, researchers, and practitioners seeking to modernize agricultural production and ensure long-term food security.

Keywords: crop production, crop storage, agro-innovation, sustainable development, biotechnologies, agriculture.

Інноваційні технології у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур

А. С. ОЛЬХОВСЬКИЙ

ТОВ «Томі Груп»,
м. Запоріжжя, Україна

У дослідженні представлено комплексний аналіз сучасних інноваційних технологій, що застосовуються у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур, із особливою увагою до розвитку точного землеробства, цифровізації та біотехнологічних досягнень. Метою огляду є охарактеризувати основні технологічні рішення, які сприяють підвищенню ефективності, сталості та адаптивності агропромислових систем в умовах сучасних глобальних викликів. Методологія базується на узагальненні сучасних наукових досліджень, галузевої аналітики та практичних кейсів впровадження технологій в Україні та за кордоном. Основні результати вказують на те, що технології точного землеробства – зокрема, технології змінних норм внесення, дистанційний моніторинг полів, автоматизоване управління технікою та супутникова агроаналітика – дозволяють агровиробникам оптимізувати використання ресурсів, знизити екологічне навантаження та підвищити продуктивність. Паралельно розвиток сенсорних систем та Інтернету речей суттєво розширює можливості безперервного моніторингу в реальному часі та автоматизації на всіх етапах виробництва сільськогосподарських культур. Інтеграція Інтернету речей із платформами аграрного менеджменту сприяє цифровій трансформації на рівні підприємств. У статті також наголошено на ролі інструментів редагування геному, зокрема технології CRISPR-Cas9, у створенні високоврожайних і стійких до стресів сортів культур, що є критично важливим для адаптації до змін клімату. Крім того, підкреслюється зростаюча актуальність автоматизованих інтелектуальних систем зберігання в Україні, які забезпечують ефективне збереження зерна, мінімізацію післязбиральних втрат та вдосконалення логістичних процесів завдяки контролю мікроклімату та цифровим інтерфейсам. У роботі зроблено висновок, що інтеграція передових агротехнологій в Україні має значний потенціал, незважаючи на існуючі виклики, такі як воєнні нестабільності та обмежені інвестиційні можливості. Практичне впровадження залежить від розвитку цифрової інфраструктури, фінансової та освітньої підтримки, а також посилення співпраці між агробізнесом і розробниками технологій. Отримані результати підтверджують стратегічну важливість інновацій для формування стійкого та конкурентоспроможного аграрного сектору, що відповідає принципам сталого розвитку. Представлені висновки можуть слугувати цінною базою для політиків, дослідників і агропідприємств, зацікавлених у модернізації агровиробництва та забезпеченні довгострокової продовольчої безпеки.

Ключові слова: землеробство, зберігання врожаю, агроінновації, сталий розвиток, біотехнології, сільське господарство.

Бібліографічний опис для цитування: Ольховський А. С. Інноваційні технології у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 68–74.

Сільське господарство залишається однією з ключових сфер, що забезпечує стабільність продовольчої системи, економічну безпеку та добробут населення в усьому світі. Водночас аграрна галузь перебуває під постійним тиском глобальних викликів, таких як зміна клімату, зростання населення, деградація ґрунтів, зниження врожайності та втрати продукції на етапі зберігання. Традиційні методи вирощування культур і зберігання продукції вже не відповідають вимогам часу, оскільки не забезпечують належного рівня ефективності, екологічної стійкості та економічної доцільності.

Упродовж останнього десятиліття значна увага у світовій науковій літературі приділяється дослідженню інноваційних технологій в агро-виробництві. Зокрема, у роботі Hrynevych et al. (2022) досліджено тенденції розвитку точного землеробства в Україні [1], де підкреслено роль «розумних» інструментів як чинників кооперації серед агро-виробників. Petrović et al. (2024) у своєму огляді щодо Центральної Європи акцентують увагу на потенціалі використання точного землеробства для підвищення ефективності вирощування культур [2]. Camenzind, & Yu (2024) довели можливість оцінки врожайності сортів пшениці вже до фази цвітіння на основі даних дистанційного зондування з БПЛА [3]. Крім того, Shamshiri et al. (2024) відзначають, що цифровізація аграрної галузі сприяє сталому виробництву культур за рахунок застосування IoT, AI та автоматизованого управління процесами [4].

Науковці також звертають увагу на стратегічне значення України у світовій продовольчій безпеці – Bazhal, & Koutchma (2022) підкреслюють роль наукових інновацій у зміцненні позиції України як глобального зернового хабу [5], вказуючи на необхідність впровадження сучасних технологій вирощування та зберігання.

Окрему увагу слід приділити новітнім технологіям зберігання сільськогосподарської продукції, як приклад, інтегрована платформа глибокого навчання для моніторингу умов зберігання зерна та автоматичного виявлення ризиків [6].

Серед українських науковців, які досліджують різні аспекти впровадження інновацій у сільському господарстві, варто відзначити низку авторів, що зробили суттєвий внесок у розвиток цього напрямку. Зокрема, уваги заслуговують Уланчук та Загребельний [7], Ліщук, Парфенюк, Карачинська та Безноска [8], Пузік, Пузік, Постнова, Сафронська, Червоний, Могутова та Калюжний [9], Кічігіна, Дем'янюк, Куценко, Гаврилюк та Куценко [10], Терновий та Теличко [11], Дрозд та Мельник [12], Городиська та Кравчук [13], Derevianko, Maherramzade, & Derevianko [14], Дребот та Дишлик [15]. Їхні дослідження охоплюють широкий спектр питань – від точного землеробства, ефективного обробітку ґрунту, збереження якості та лежкості сільськогосподарської продукції до впливу біологічних і нанотехнологічних засобів на ріст і розвиток культур, а також забезпечення екологічної безпеки й збереження родючості ґрунтів.

Попри наявність широкого спектру міжнародних досліджень, в Україні ще недостатньо система-

тизовано підходи до впровадження інновацій в аграрній сфері, особливо з урахуванням локальних умов, технічної бази та фінансових обмежень сільгоспвиробників. У зв'язку з цим актуальним є вивчення зарубіжного досвіду та його адаптація до вітчизняного агропромислового комплексу.

У статті робиться акцент на адаптації світових інноваційних технологій до особливостей вітчизняного аграрного сектора – розглядається міжнародний досвід з урахуванням українських економічних умов, кліматичних і інфраструктурних особливостей, а також впливу війни на АПК, що створює місток між глобальними технологіями та їхньою практичною імплементацією в Україні.

В Україні технології точного землеробства набирають обертів, особливо з урахуванням потреб адаптації до кліматичних змін і раціонального використання ресурсів. Як показано у дослідженні Інституту агро-екології НААН [15], точне землеробство дозволяє знизити екологічні ризики в агроecosистемах. Зокрема, йдеться про зменшення навантаження на ґрунти та водні ресурси за рахунок диференційованого внесення добрив і мінімізації хімічного забруднення.

Використання дронів, GPS-навігації, супутникових зображень і технологій Інтернету речей є важливим інструментом для диференційованого обробітку полів. У багатьох країнах, зокрема у США, Великій Британії та державах Європейського Союзу, ці рішення вже широко впроваджені: автономна техніка ефективно виконує сільськогосподарські операції, а спеціалізоване програмне забезпечення допомагає аграріям приймати точні управлінські рішення на основі аналізу зібраних даних [16]. Серед ключових інструментів точного землеробства варто виділити змінні норми внесення, моніторинг полів у реальному часі, автоматичне керування технікою та агроаналітику на основі супутникових даних. Компанія EOSDA зазначає [17], що завдяки цим технологіям фермери можуть значно скоротити витрати, підвищити врожайність та краще контролювати стан посівів. У результаті зменшується залежність від людського фактора, а також підвищується рентабельність виробництва. Хоча точне землеробство може підвищувати врожайність і знижувати витрати, в Україні його впроваджують здебільшого великі агрохолдинги, які мають ресурси для значних інвестицій у GPS-навігацію, датчики та агродрони.

У той же час багато малих і середніх господарств через високу вартість обладнання та дефіцит фахівців продовжують працювати традиційними методами, що обмежує масштаб розповсюдження нових технологій. У воєнних умовах додатковими бар'єрами стали нестабільність GPS-сигналу і місцеві обмеження на польоти безпілотників: в таких умовах агро-виробники пристосовуються, переходячи на наземні системи автопілоту та датчики навігації замість дронів [35].

Ефективне використання інструментів точного землеробства неможливе без якісного та безперервного збору аграрних даних. Саме тому наступним кроком у розвитку цифрових технологій в агросекторі стало впровадження сенсорних систем та Інтернету речей, які розширюють можливості моніторингу й автоматизації на всіх етапах вирощування культур.

Розвиток сенсорних технологій та Інтернету речей є логічним продовженням і складовою точного землеробства – ці рішення забезпечують безперервний збір даних з полів, теплиць, техніки та елеваторів, що дозволяє аграріям контролювати процеси з максимальною точністю. У ґрунт або на рослини встановлюються датчики, які фіксують рівень вологості, температуру, рН, вміст поживних речовин. Дані в реальному часі надходять у програмні платформи, де аналізуються та використовуються для ухвалення оперативних рішень.

В Україні фермери використовують IoT для обліку оброблених площ, контролю витрат пального, моніторингу роботи техніки й автоматичного нарахування заробітної плати. Крім того, інтеграція IoT-пристроїв із ІС/ERP-системами забезпечує повноцінну цифрову трансформацію господарства [18].

Інтеграція цифрових технологій та IoT-систем дозволяє оптимізувати моніторинг полів і керування ресурсами, однак на практиці її впровадженню в Україні перешкоджають технічні та інфраструктурні обмеження. Зокрема, у віддалених регіонах для стабільного зв'язку аграрії часто застосовують супутниковий інтернет (термінали Starlink), оскільки традиційні канали зв'язку можуть бути недоступні в зоні бойових дій. Крім того, масштабні кібератаки (найгучніша – на агрохолдинг МХП у 2025 р.) виявили вразливість цифрової інфраструктури і підкреслили необхідність посилення заходів кібербезпеки [36].

Очікується, що глобальний ринок технологій «smart farming» до 2029 року зросте до \$ 56,9 млрд із середнім щорічним приростом у 18,5 %, що підкреслює актуальність IoT для сталого розвитку аграрної галузі, особливо з урахуванням зміни клімату та зростання попиту на безпечну і якісну продукцію [19].

Поряд із цифровізацією агровиробництва, важливим напрямом технологічного прогресу у сільському господарстві є розвиток біотехнологій. У поєднанні з інтелектуальними системами управління, генетичні інновації забезпечують комплексний підхід до підвищення стійкості агросистем і продуктивності культур в умовах кліматичних змін. Деякі вчені наголошують, що генномодифіковані культури не є загрозою, а навпаки – можуть стати важливим ресурсом для підвищення продовольчої безпеки – деякі культури вже давно вирощуються у США, Бразилії, Канаді та інших країнах (соя, кукурудза, бавовник, ріпак) [20]. Особливу увагу американські вчені приділяють потенціалу технології CRISPR-Cas9, яка дозволяє з високою точністю виводити нові сорти без тривалих етапів класичної селекції. Окремим прикладом успішного застосування CRISPR є створення японськими вченими сорту ячменю, у якого усунуте передчасне проростання зерна в колосі, що вирішує реальну проблему фермерів, пов'язану з втратами врожаю під час дощів у період збирання. Такі селекційні рішення дають змогу адаптувати культури до складних погодних умов та мінімізувати втрати [21].

В Україні їх впровадження гальмують жорстке регулювання та фінансові обмеження: за чинним законодавством культивування генетично модифікованих культур заборонена і жоден ГМО-сорт не затверджений [37], тоді як значна частка посівів, до 15–30 % у рядках із окремих культур, фактично містить ГМ-сорти [38].

Деякі українські стартапи намагаються запропонувати локальні рішення: наприклад, проєкт AgRE розробив біохімічний реагент для нейтралізації солей у ґрунті та відновлення його структури, що особливо актуально для зон зрошення та відбудови після бойових дій [39].

В умовах нестабільного експорту, зміни логістичних ланцюгів та зростання внутрішнього виробництва аграрії в Україні активно впроваджують інтелектуальні системи зберігання сільськогосподарської продукції. Сучасні зерносховища, обладнані автоматизованими технологіями, дозволяють значно підвищити ефективність логістики та зберігання. Зокрема, автоматизація процесу завантаження забезпечує щільніше розміщення зерна, що підвищує заповненість складу на 20–30 % у порівнянні з традиційними методами [22].

Ключовим чинником ефективності таких сховищ є система контролю мікроклімату. Високоточні сенсори безперервно вимірюють температуру, вологість, вміст CO₂ та інші показники, що впливають на збереження якості зерна. Зібрані дані обробляються спеціалізованим програмним забезпеченням, яке в режимі реального часу інформує про відхилення від оптимальних умов і дозволяє автоматизовано вмикати системи вентиляції, охолодження або здійснювати аерацію.

Особливу увагу приділяють системам проточної вентиляції, які мінімізують ризики конденсації вологи, перегрівання зернової маси та накопичення пилу. У свою чергу, це дозволяє запобігти розвитку пліснявих грибів, розмноженню комах-шкідників і втратам харчової цінності продукції.

Згідно з дослідженнями, втрати зерна під час зберігання в країнах з розвиненою аграрною інфраструктурою не перевищують 7–9 %, тоді як у державах із низьким рівнем автоматизації цей показник може сягати 50 %, що ще раз підтверджує важливість інтелектуального підходу до управління запасами сільськогосподарської продукції [23].

Крім того, сучасні системи зберігання активно інтегруються із цифровими платформами агроменеджменту, що дозволяє поєднати дані про врожай, зони його походження, якість і стан у сховищі. Такий підхід відкриває нові можливості для відстеження партій продукції, формування точних звітів, оптимізації логістики та планування збуту.

Інноваційні технології, що впроваджуються в аграрному секторі, охоплюють широкий спектр рішень – від цифрових інструментів управління до біотехнологічних досягнень. Їх застосування забезпечує перехід до більш точного, ресурсоефективного та сталого землеробства. Щоб систематизувати ключові підходи та їхню практичну значущість, у **таблиці 1** узагальнено основні інноваційні технології, які використовуються у сучасному сільському господарстві, їх характеристику та головні переваги впровадження.

Подані у таблиці рішення розкривають потенціал як технологій точного землеробства (зокрема змінних норм внесення, супутникового моніторингу, застосування дронів), так і цифрових систем на основі сенсорів та Інтернету речей, що забезпечують оперативний контроль за польовими процесами.

Таблиця 1

Переваги впровадження інноваційних технологій в аграрному секторі

Назва технології	Характеристика	Основні переваги
Precision Farming «точне землеробство» [24, 25]	Комплексна система управління агровиробництвом, що базується на зональному підході до обробітку ґрунту, догляду за культурами та управлінні ресурсами.	Зниження витрат ресурсів, підвищення точності агротехнічних операцій, адаптація до змін клімату.
Variable Rate Technology «технології змінних норм внесення» [26, 27]	Технологія, що дозволяє здійснювати диференційоване внесення добрив, насіння та засобів захисту рослин залежно від властивостей конкретних ділянок поля.	Оптимізація використання добрив, зменшення екологічного навантаження, підвищення ефективності живлення культур.
Сенсорні системи та Інтернет речей [28, 29]	Система збирання, передавання та аналізу аграрних даних у режимі реального часу з використанням сенсорів, датчиків і хмарного ПЗ.	Покращення моніторингу виробництва, оперативне виявлення відхилень, підтримка сталого розвитку фермерських господарств.
Безпілотні літальні апарати (дрони) [30, 31]	Аерофотозйомка, моніторинг стану посівів, визначення стресових зон, контроль за рівнем вологості та ураженням шкідниками.	Швидке й детальне виявлення проблем на полі, зниження витрат на польові огляди, підвищення точності картування.
Супутниковий моніторинг та GIS-технології [32]	Отримання супутникових знімків та просторової інформації для агроаналізу, картографування полів, оцінки біомаси та вегетаційних індексів.	Глобальне охоплення, можливість моніторингу великих площ, аналітика стану посівів у динаміці.
Генетичні модифікації та CRISPR-селекція [33, 34]	Використання генної інженерії та точного редагування геному для створення високопродуктивних, стресостійких і хворобостійких сортів культур.	Підвищення врожайності, зниження втрат від біотичних і абіотичних стресів, скорочення термінів селекції.

Однак, попри значний потенціал сучасних агротехнологій, їхнє широкомасштабне впро-

вадження в українських реаліях нашо́вхується на низку суттєвих перешкод (*табл. 2*)

Таблиця 2

Ключові виклики впровадження інноваційних технологій в аграрному секторі України: деталізований аналіз

Категорія викликів	Конкретний виклик	Наслідки
Економічні та кадрові виклики [40–42]	Висока вартість інноваційних агротехнологій та обладнання	Фінансове навантаження на фермерів, особливо дрібних
	Обмежений доступ до фінансування	Брак підтримки з боку банків і приватних інвесторів
	Нестача кваліфікованих кадрів	Низький рівень підготовки до роботи з інноваційними технологіями
Інфраструктурні обмеження [43, 44]	Недостатній розвиток ІТ-інфраструктури в сільській місцевості	Ускладнює впровадження IoT, хмарних сервісів, точного землеробства
	Руйнування інфраструктури внаслідок війни	Втрати елеваторів, складів, техніки та логістичних мереж
	Брак структурованих аграрних даних	Господарства працюють без системної інформації
Воєнні виклики та безпекові ризики [42, 43]	Втрати орних земель	6+ млн га тимчасово втрачено через окупацію та мінування
	Загроза знищення техніки та інвестицій	Невизначеність в прифронтових регіонах стримує інновації
	Переорієнтація галузі з інновацій на виживання	Пріоритетом є базове функціонування, а не модернізація
Регуляторні та інституційні проблеми [41–43]	Застаріле законодавство	Складні та тривалі процедури реєстрації нових технологій
	Відсутність цілісної державної стратегії	Ініціативи є фрагментарними, без системного підходу
	Недостатня взаємодія між наукою, бізнесом і державою	Наукові розробки не доходять до практичного впровадження

Інтеграція інноваційних технологій у сільське господарство України має значний потенціал з огляду на природно-кліматичні умови, ресурсну базу та досвід агровиробників. Попри низку об'єктивних викликів – воєнний стан, порушення логістики, обмежене фінансування – український АПК демонструє здатність до адаптації та впровадження сучасних технологічних рішень. Уже сьогодні велика частина господарств використовує елементи точного землеробства, цифрові системи моніторингу, а також впроваджує автоматизовані комплекси зберігання продукції.

Подальше поширення інновацій залежатиме від низки факторів: доступності фінансових інструментів (грантів, кредитів, інвестицій), освітньо-консультаційної підтримки, а також розширення співпраці між аграрними підприємствами та розробниками технологій. Важливою умовою залишається розвиток інфраструктури даних, що забезпечить повноцінну інтеграцію інформаційних систем на рівні фермерських господарств і агрохолдингів.

Окрему перспективу становить розвиток національних стартапів у сфері аграрних технологій, біотехнологій та автоматизації, які, за умови державної та міжнародної підтримки, здатні сформувати конкурентний інноваційний ринок. Варто також враховувати зростання глобального попиту на екологічно безпечну та контрольовану за походженням продукцію, що стимулює українських виробників до активнішого впровадження технологій сталого

Уже зараз в Україні з'являються автономні роботизовані обприскувачі на базі ІІІ та автоматизовані системи збору даних, а протягом 5–10 років ця тенденція може перерости у масове впровадження «розумної» техніки в господарствах [42]. За деякими оцінками, до 2030 року понад 30 % польових робіт в Україні можуть бути автоматизовані, що суттєво компенсує дефіцит робочої сили та підвищить продуктивність. Окрім роботизації, очікується широкомасштабна цифровізація: агровиробники активно впроваджуватимуть електронні карти полів, системи моніторингу посівів у реальному часі, платформи обліку та планування врожайності.

Великий акцент робитиметься на Big Data та штучному інтелекті для аналізу агрономічних даних, прогнозування врожаїв і оптимізації рішень. Сьогодні рішення на основі AI для агробізнесу демонструють глобальне зростання ~25 % на рік, а застосування технологій Big Data дозволяє господарствам підвищити ефективність на 15–25 % [45].

Висновки

Метою статті є охарактеризувати основні технологічні рішення, які сприяють підвищенню ефективності, сталості та адаптивності агропромислових систем в умовах сучасних глобальних викликів. В роботі розглянуто сучасні інноваційні технології, що застосовуються у вирощуванні та зберіганні сільськогосподарських культур. Серед них ключове місце посідають технології точного землеробства, сенсорні системи та Інтернет речей, а також біотехнології та автоматизовані системи зберігання. Проаналізовано основні принципи роботи зазначених рішень, їх вплив на ефективність агровиробництва та можливості адаптації до змін клімату й ринкових умов.

Встановлено, що впровадження інновацій дозволяє істотно підвищити продуктивність, знизити витрати ресурсів і мінімізувати втрати на етапах зберігання. Технології точного внесення, автоматизоване управління технікою, а також використання супутникових і сенсорних даних сприяють оптимізації агротехнологічних операцій та екологізації виробництва. Зі свого боку, біотехнології (зокрема, CRISPR-селекція) відкривають нові можливості для створення стійких до стресів сортів із покращеними споживчими властивостями.

Особливої актуальності набувають інтелектуальні системи зберігання, що забезпечують збереження якісних показників продукції та зменшення втрат завдяки контролю мікроклімату, автоматизації вентиляції та цифровій інтеграції з агроменеджмент-платформами. Такі рішення вже демонструють свою ефективність в українських умовах, і їх застосування має значні перспективи подальшого масштабування. Результати огляду літературних джерел підтверджують, що інноваційні підходи є необхідною умовою сталого розвитку агросектору України. Враховуючи поточну динаміку розвитку агротехнологій та інституційні зрушення, можна прогнозувати, що в найближчі 3–7 років в аграрному секторі України спостерігатиметься поступова автоматизація та цифровізація основних виробничих процесів. Зокрема, очікується поширення безпілотної техніки, автономних систем обробітку ґрунту, дронів для моніторингу посівів та впровадження штучного інтелекту для агрономічної аналітики. Водночас в умовах дефіциту робочої сили та зростання ризиків воєнного часу такі технології можуть стати не лише джерелом підвищення продуктивності, а й засобом адаптації до нестабільного середовища. Прискорене впровадження інновацій, на нашу думку, стане можливим за умов інституційної підтримки та адекватного реагування на зовнішні виклики.

Найбільший потенціал мають технології точного землеробства, цифрові платформи управління фермою, автономна техніка та біотехнології, орієнтовані на стійкість до змін клімату. Уже сьогодні спостерігається зростання кількості українських стартапів у сфері автоматизації, сенсорного моніторингу та агроаналітики. Враховуючи це, найближчим часом очікується масштабування розробок у цих напрямках, зокрема в частині електронного картографування полів, застосування big data для прогнозування врожайності, а також використання біостимуляторів і мікробіологічних добрив.

З метою подолання наявних бар'єрів та створення умов для довгострокового інноваційного прориву в агросфері, доцільно реалізувати комплекс заходів державної підтримки. Насамперед це впровадження пільгових механізмів фінансування, розбудова системи дорадництва та аграрної освіти, відновлення аграрної інфраструктури, а також інвестиції в цифрову інфраструктуру. Важливим аспектом є також гарантії захисту інвестицій, зниження регуляторного тиску та створення умов для публічно-приватного партнерства.

На наш погляд, саме ті інновації, які швидко окуповуються, є адаптивними до умов обмежених ресурсів і здатні працювати в нестабільному середовищі, матимуть найбільші шанси на масштабне впровадження. У цьому контексті держава має відігравати не лише регуляторну, а й партнерську роль, сприяючи створенню стійкої інноваційної екосистеми в агросекторі України.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Hrynevych, O., Blanco Canto, M., & Jiménez García, M. (2022). Tendencies of Precision Agriculture in Ukraine: Disruptive Smart Farming Tools as Cooperation Drivers. *Agriculture*, 12 (5), 698. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050698>
2. Petrović, B., Bumbálek, R., Zoubek, T., Kuneš, R., Smutný, L., & Bartoš, P. (2024). Application of precision agriculture technologies in Central Europe-review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101048. <https://doi.org/10.1016/j.jafri.2024.101048>
3. Camenzind, M. P., & Yu, K. (2024). Multi temporal multispectral UAV remote sensing allows for yield assessment across European wheat varieties already before flowering. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1214931>
4. Shamshiri, R. R., Sturm, B., Weltzien, C., Fulton, J., Khosla, R., Schirrmann, M., Raut, S., Basavegowda, D. H., Yamin, M., & Hameed, I. A. (2024). Digitalization of agriculture for sustainable crop production: a use-case review. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1375193>
5. Bazhal, M., & Koutchma, T. (2022). Ukraine as a food and grain hub: Impact of science and technology development on food security in the world. *Frontiers in Food Science and Technology*, 2. <https://doi.org/10.3389/frfst.2022.1040396>
6. Li, X., Wu, W., Guo, H., Wu, Y., Li, S., Wang, W., & Lu, Y. (2025). Smart grain storage solution: integrated deep learning framework for grain storage monitoring and risk alert. *Foods*, 14 (6), 1024. <https://doi.org/10.3390/foods14061024>
7. Ulanchuk, V. S., & Zahrebelnyi, B. V. (2017). Innovatsiini tekhnologii obrobittu ґruntu ta efektyvnist yikh zastosuvannya pry vyroshchuvanni zernovykh kultur na Cherkashchyni. *Modern Economics*, 6, 210–220. [in Ukrainian]

8. Lishchuk, A., Parfeniuk, A., Karachynska, N., & Beznosko, I. (2024). Innovations of precision agriculture in reducing environmental risks in agroecosystems of Ukraine. *Balanced Nature Using*, 3, 105–113. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314928>
9. Pusik, L., Pusik, V., Postnova, O., Safronska, I., Chervonyi, V., Mohutova, V., & Kaluzhnyj, A. (2020). Research of winter garlic storage depending on the elements of the post-harvest refinement. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (3 (51)), 31–37. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.197959>
10. Kichihina, O., Demianiuk, O., Kutsenko, N., Havryliuk, L., & Kutsenko, O. (2023). Influence of storage period on the quality indicators of *Astragalus falcatus* Lam. seed. *Balanced Nature Using*, 2, 103–113. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2023.282751>
11. Ternovyi, Yu. V., & Telychko, L. P. (2020). Biological preparations as an element of environmentally safe technology of sugar corn growing. *Balanced Nature Using*, 1, 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203937>
12. Drozd, O. O., & Melnyk, O. V. (2021). Storage efficiency of Reinette Simirenko apples treated with different doses of ethylene inhibitor. *Taurian Scientific Herald*, 117, 189–194. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.26>
13. Horodyska, I., & Kravchuk, Yu. (2023). Sideration – a factor of the formation of the main indicators of the soil in organic agriculture. *Balanced Nature Using*, 4, 135–144. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292740>
14. Derevyanko, O., Maherramzade, N., & Derevianko, S. (2022). Evaluation of the biological effect of Zn nanocarboxylates and MoS₂ nanoparticles on corn sprouts (*Zea mays* L.). *Plant and Soil Science*, 13 (2). [https://doi.org/10.31548/agr.13\(2\).2022.7-13](https://doi.org/10.31548/agr.13(2).2022.7-13)
15. Drebok, O., & Dyshlyk, V. (2023). Impact of technological factors of agriculture on the processes of carbon release from the soil. *Balanced Nature Using*, 4, 50–56. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292709>
16. Dotsilnist vykorystannia tochnoho zemlerobstva ta svitovyi dosvid. (2024). *E Farm Pro*. Retrieved from: <https://efarm.pro/dotsilnist-vykorystannia-tochnoho-zemlerobstva-ta-svitovyi-dosvid/> [in Ukrainian]
17. Kohut, P. (2021). Tochno zemlerobstvo i tekhnologii v silskomu hospodarstvi. *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/uk/blog/tochno-zemlerobstvo> [in Ukrainian]
18. Kravets, I. (2019). Yak otsyfruvaty fermerske hospodarstvo. *Zhurnal «Propozitsiya»*, 11. Retrieved from: <https://propozitsiya.com/articles/analitika/yak-otsyfruvaty-fermerske-hospodarstvo> [in Ukrainian]
19. TOP-5 prychyn, chomu potribno vykorystovuvaty sensorni agtech tekhnologii u 2023 rotsi. (2023). *Agriteka*. Retrieved from: <https://agriteka.com/2405-top-5-prichin-chomu-potrбно> [in Ukrainian]
20. Woźniak-Gientka, E., & Tyczewska, A. (2023). Genome editing in plants as a key technology in sustainable bioeconomy. *EFB Bioeconomy Journal*, 3, 100057. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2023.100057>
21. Hisano, H., Hoffee, R. E., Abe, F., Munemori, H., Matsuura, T., Endo, M., Mikami, M., Nakamura, S., Kumlehn, J., & Sato, K. (2021). Regulation of germination by targeted mutagenesis of grain dormancy genes in barley. *Plant Biotechnology Journal*, 20 (1), 37–46. <https://doi.org/10.1111/pbi.13692>
22. Ukrainski ahrarii aktyvno buduiut avtomatyzovani zernoskhovishcha, yaki dozvoliaut zavantazhuvaty na 30% bilshе vrozhaiu (2023). *AgroNews*. Retrieved from: <https://agronews.ua/news/ukrayinski-agrariyi-aktyvno-buduyut-avtomatyzovani-zernoskhovishcha-yaki-dozvoliyayut-zavantazhuvaty-na-30-bilshе-vrozhayu> [in Ukrainian]
23. Dergun, R. (2020). Datchyky dlia skhovyshch. *AgroTimes*. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/article/datchyky-dlya-skhovyshh> [in Ukrainian]
24. Filipovic, C. (2024). How precision agriculture helps farmers navigate rising input costs and climate challenges. *Farming First*. Retrieved from: <https://farmingfirst.org/2024/12/precision-agriculture-helps-farmers-navigate-climate-challenges/>
25. Getahun, S., Kefale, H., & Gelaye, Y. (2024). Application of precision agriculture technologies for sustainable crop production and environmental sustainability: a systematic review. *The Scientific World Journal*, 2024 (1). <https://doi.org/10.1155/2024/2126734>
26. Sergieieva, K. (2024). Variable rate technology: Benefits and uses in agriculture. *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/blog/variable-rate-technology/>
27. Späti, K., Huber, R., & Finger, R. (2021). Benefits of increasing information accuracy in variable rate technologies. *Ecological Economics*, 185, 107047. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107047>
28. Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100776. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>
29. Agriculture Sensors & IoT Tracking Devices. (n.d.). *Digital Matter*. Retrieved from: <https://digitalmatter.com/applications/iot-agriculture-sensors/>
30. Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K., & Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107017. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>
31. Durian orchard spraying in vietnam with XAG P100 drone. (2023). *XAG Australia*. Retrieved from: <https://xag-au.com/xag-case-studies/durian-orchard-spraying-in-vietnam-with-xag-p100-drone>
32. Sergieieva, K. (2025). GIS for agriculture: Solutions, applications, benefits. *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/blog/gis-in-agriculture/>
33. Ndudzo, A., Sibanda Makuvise, A., Moyo, S., & Bobo, E. D. (2024). CRISPR-Cas9 genome editing in crop breeding for climate change resilience: Implications for smallholder farmers in Africa. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101132. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101132>
34. Chen, F., Chen, L., Yan, Z., Xu, J., Feng, L., He, N., Guo, M., Zhao, J., Chen, Z., Chen, H., Yao, G., & Liu, C. (2024). Recent advances of CRISPR-based genome editing for enhancing staple crops. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1478398>
35. Nestabilna robota navihatsii ta zaborona na poloty ahrodronomy. Rozbyraemo osnovni problemy tochnoho zemlerobstva pid chas viiny. (2023). *Latifundist.com*. Retrieved from: <https://latifundist.com/blog/read/2998-nestabilna-robota-navigatsiyi-ta-zaborona-na-poloti-agrodronomi-rozbirayemo-osnovni-problemi-tochnogo-zemlerobstva-pid-chas-viiny> [in Ukrainian]
36. Kazantsev, D. (2025). Na ahrokhodnyh MKhP Yuriia Kosiuka nevidomi khakery zdiisnyly naibilshu v istorii kompanii kiberataku. *Mezha.Media*. Retrieved from: <https://mezha.media/2025/01/22/na-kholdynh-mkhp-zdiisnyly-kiberataku/> [in Ukrainian]
37. Agricultural biotechnology annual: Ukraine. (2018). USDA Foreign Agricultural Service. Agricultural biotechnology annual: Ukraine. U.S. Retrieved from: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Kiev_Ukraine_10-30-2018.pdf
38. Ukraine farmers demand fewer restrictions on GM crops. (2023). Genetic Literacy Project. Retrieved from: <https://geneticliteracyproject.org/2013/11/18/ukraine-farmers-demand-fewer-restrictions-on-gm-crops>
39. Ukrainskyi ahrarnyi startap AgRE posiv druhe mistse na EIT Jumpstarter 2024 u katehori ReBuild Ukraine. (2024). *Open4Business*. Retrieved from: <https://open4business.com.ua/ukrayinskyj-agrarnyj-startap-agre-posiv-drugе-misce-na-eit-jumpstarter-2024-u-kategori-rebuild-ukraine/> [in Ukrainian]
40. Polishchuk, D. (2024). Innovatsiini tekhnologii v ahrosektori Ukrainy. *News IO*. Retrieved from: <https://io.ua/innovatsiini-tehnologiyi-v-agrosektori-ukrayiny/> [in Ukrainian]

41. Koval, V. (2025). Bezbariarnist v ahrosetori cherez stvorennia rivnykh mozhlyvostei. *LB.ua*. Retrieved from: https://lb.ua/blog/vitalii_koval/677570_bezbariarnist_agrosetori_i_cherez.html [in Ukrainian]
42. Ovsienko, S. (2025). AgriTech v Ukraini: Tsyfrovizatsiia, robotyzatsiia ta rozvytok startapiv. *SPEKA.media*. Retrieved from: <https://speka.media/agritech-v-ukrayini-cifrovizatsiia-robotyzatsiia-ta-maibutnje-sektoru-pl46zq> [in Ukrainian]
43. Ahrosetor pislia trokh rokiv viiny: Vyklyky sohodennia ta plany na vidnovlennia. (2025). *UKAB*. Retrieved from: https://www.ucab.ua/ua/pres_sluzhba/novosti/agrosetor_pislya_trokh_rokiv_viyni_viklyki_sohodennia_ta_plani_na_vidnovlennia [in Ukrainian]
44. Velykyi, B. (2024). DroneUA doluchylasia do obhovorennia innovatsiinoi stratehii rozvytku ukrainskykh Agro-Tech ta Food-Tech sektoriv. *DroneUA*. Retrieved from: <https://drone.ua/blogs/news/droneua-joined-the-discussion-of-the-innovative-strategy-for-the-development-of-the-ukrainian-agro-tech-and-food-tech-sectors> [in Ukrainian]
45. 5 AgTech tekhnolohii, yaki zminiat ukrainskyi ahrobiznes do 2030 roku. (2025). *Newsteka*. Retrieved from: <https://newsteka.com/5-tehnologij-agtech-yaki-formuvatymut-agrobiznes-ukrayiny-u-2025-2030-rokah> [in Ukrainian]

ORCID

A. Olkhovskyi 

<https://orcid.org/0009-0001-1991-6815>



2025 Olkhovskyi A. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Impact of climate change on vegetable crop diseases in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

B. Mukha✉

Article info

Correspondence Author

B. Mukha

E-mail:

boryslav.mukha@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Mukha, B. (2025). Impact of climate change on vegetable crop diseases in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 75–80. doi: 10.31210/spi2025.28.02.12

The aim of this review is to provide a comprehensive analysis of the impact of global climate change on the phytosanitary status of vegetable crop agrocenoses in the context of agroecosystem transformation in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Based on long-term meteorological observations, a stable trend of climate aridization in the region has been identified, characterized by an increase in the mean annual temperature by 1.1 °C and a 5 % decrease in annual precipitation during 1991–2020 compared to previous periods. An increase in the frequency of drought conditions from 47 % to 61 % and greater thermal instability has been verified, manifesting in abrupt cold snaps (15.4 days/year) and extreme temperature fluctuations, particularly in spring. It was found that the prolongation of the growing season, the increase in accumulated effective temperatures, and the absence of stable winter chilling create conditions for: cultivating 2–3 harvests of vegetable crops; introducing overwintering vegetable crops in most regions of Ukraine; and producing ultra-early vegetable and melon crops and potatoes at reduced production costs. The review explores the mechanisms by which climate change affects the pathogenic complex of vegetable crops, including range expansion, shifts in epidemiological cycles, and increased aggressiveness of phytopathogens. The northward expansion of thermophilic pathogens (e.g., *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) has been recorded, and five new disease-causing agents have been identified in the region, including *Acidovorax citrulli* and *Tomato brown rugose fruit virus*. It has been established that the extended growing season enables the development of additional pathogen generations, while the coincidence of spring cold spells with summer hyperthermia and water deficit creates multistress conditions that suppress plant immunity. It is argued that climate change drives the transformation of phytopathosystems, promoting the emergence of new pathogen races with increased ecological plasticity and virulence. Given these findings, the Left-Bank Forest-Steppe should be considered a model testing ground for developing adaptive cultivation technologies and effective plant protection systems under a changing climate, which is vital for ensuring Ukraine's food security.

Keywords: climate aridization, pathogens, aggressiveness, immunity, growing season, thermal instability.

Вплив кліматичних змін на хвороби овочевих культур в умовах Лівобережного Лісостепу України

Б. Г. Муха

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Метою огляду є комплексний аналіз впливу глобальних кліматичних змін на фітосанітарний стан агроценозів овочевих культур у контексті трансформації агроєкосистем Лівобережного Лісостепу України. На основі багаторічних метеорологічних спостережень встановлено стійку тенденцію до аридизації клімату регіону, що характеризується елевацією середньорічної температури на 1,1 °C та зниженням річної кількості опадів на 5 % протягом 1991–2020 рр. порівняно з попередніми періодами. Верифіковано зростання частоти виникнення посушливих умов з 47 % до 61 % та збільшення температурної нестабільності, що проявляється у вигляді різких похолодань (15,4 днів/рік) та екстремальних температурних флуктуацій, особливо у весняний період. Визначено, що подовження вегетаційного періоду, зростання суми ефективних температур та нестача стійкого зимового охолодження створюють передумови для: вирощування 2–3 врожаїв овочевих культур; впровадження озимих овочевих культур у більшість регіонів України; отримання надранньої продукції овочевих культур зі зниженими витратами на її виробництво. Досліджено механізми впливу кліматичних трансформацій на патогенний комплекс овочевих культур, зокрема модифікацію ареалів поширення, зміну епідеміологічних циклів і підвищення шкодочинності фітопатогенів. Виявлено експансію теплолюбних патогенів (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) у північному напрямку й ідентифіковано 5 нових для регіону збудників хвороб, серед яких *Acidovorax citrulli* та *Tomato brown rugose fruit virus*. Встановлено, що пролонгація вегетаційного періоду створює умови для формування додаткових генерацій збудників, а коінциденція весняних похолодань із літніми періодами гіпертермії та гідродefіциту формує мультистресові умови, що супресують імунну систему рослин. Обґрунтовано, що кліматичні зміни детермінують трансформацію фітопатосистем, сприяючи формуванню нових рас патогенів із підвищеною екологічною пластичністю та вірулентністю. Враховуючи вищезазначене, Лівобережний Лісостеп доцільно використовувати як модельний полігон для розробки адаптивних технологій вирощування й ефективних систем захисту рослин в умовах мінливого клімату, що має ключове значення для забезпечення продовольчої безпеки України.

Ключові слова: аридизація клімату, патогени, шкодочинність, імунітет, вегетаційний період, температурна нестабільність.**Бібліографічний опис для цитування:** Муха Б. Г. Вплив кліматичних змін на хвороби овочевих культур в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 75–80.

Глобальні кліматичні зміни становлять одну з найактуальніших проблем сучасності, що чинить безпосередній вплив на сільськогосподарське виробництво в усьому світі [1, 2]. Для України, як аграрної держави з розвиненим сектором овочівництва, адаптація до змінених кліматичних умов набуває критичного значення [3, 4]. Проблематика забезпечення овочевих культур вологою досягла критичної актуальності не лише для зони Степу та південного Лісостепу, але й поширилася практично на всі ґрунтово-кліматичні регіони України [5].

Минулі десятиліття характеризуються істотними змінами кліматичних параметрів, що призводить до порушення усталених агроєкологічних умов культивування сільськогосподарських культур [6, 7]. Овочеві культури, які відзначаються підвищеною чутливістю до змін абіотичних чинників середовища внаслідок високого вмісту води в тканинах та інтенсивного метаболізму, виявляють особливу вразливість до таких змін [8]. Це проявляється не лише у зниженні врожайності та погіршенні якісних характеристик продукції [9], але й у модифікації характеру та інтенсивності прояву хвороб.

Характерною особливістю овочевих культур є їхня висока вимогливість до умов гідратації, температурного режиму та збалансованого мінерального живлення [10]. Варіативність будь-якого з цих факторів може спричинити порушення метаболічних процесів у рослинних організмах, пригнічення їхньої імунної системи [11] та, як наслідок, підвищення сприйнятливості до фітопатогенів. Паралельно кліматичні зміни впливають на біологію та екологію власне збудників хвороб, модифікуючи їхню вірулентність, ареали розповсюдження та здатність до перезимівлі [12].

Вірусні інфекції є одним із ключових лімітуючих чинників ефективного вирощування сільськогосподарських культур. Частота їхнього виявлення серед культурних рослин демонструє тенденцію до зростання, що корелює з адаптацією патогенів до сучасних агротехнологій, підвищенням температурного фону, активізацією векторів вірусної трансмісії, а також глобалізаційними процесами, зокрема міжрегіональною торгівлею насіннєвим і садивним матеріалом. Згідно з актуальними таксономічними даними Міжнародного комітету з таксономії вірусів, на сьогодні ідентифіковано понад тисячу вірусів, що інфікують рослини, з них приблизно 300 – овочеві культури. Зазначені патології можуть спричиняти редукацію врожайності в діапазоні 45–80 %, що становить значну загрозу для аграрного виробництва [13].

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), кліматичні трансформації в Україні матимуть суттєвий вплив на ведення сільського господарства, зокрема овочівництва. Прогностичні моделі ґрунтуються на результатах аналізу кліматичних тенденцій за 132-річний період спостережень. Передбачається, що до 2030 року відбудеться реструктуризація посівних площ овочевих культур, зокрема за рахунок транзиції до пізньостиглих, більш продуктивних сортів традиційних овочів [14].

Одним із пріоритетних ризиків є прогресуючий дефіцит вологи [15], який, згідно з прогнозами, негативно вплине на продуктивність картоплі та цукрового буряку, особливо в агроєкологічних умовах Степу. Водночас прогнозується експансія ареалу культивування таких термофільних культур, як баклажани, томати та солодкий перець. Окрему загрозу становить прогнозована експансія ареалів шкідливих організмів, збудників хвороб і карантинних об'єктів, збільшення їхньої популяційної щільності та кількості генерацій протягом вегетаційного періоду [14].

У контексті зазначених процесів Лівобережний Лісостеп України набуває статусу своєрідного модельного полігону для дослідження впливу кліматичних змін на фітосанітарний стан агроценозів [16]. Регіон характеризується транзитивними кліматичними умовами між лісостеповою та степовою зонами, що зумовлює його підвищену чутливість до проявів кліматичних трансформацій [17]. З огляду на це, дослідження впливу кліматичних змін на розвиток та поширення хвороб овочевих культур у даному регіоні має не лише теоретичне, але й вагомe прикладне значення для розробки адаптивних технологій культивування та ефективних систем захисту рослин.

Кліматичні зміни як чинник посилення фітопатологічного навантаження на овочеві культури

Кліматичні трансформації інтенсифікують екологічні ризики для агроєкосистем, зокрема сприяють експансії фітопатогенів у нові географічні регіони, розширенню спектру чутливих рослин-господарів та підвищенню їх вірулентності [18].

Одним із ключових наслідків кліматичних модифікацій є пролонгація вегетаційного періоду, що формує оптимальні умови для інтенсифікації розвитку фітопатогенних організмів. Така пролонгація, документально зафіксована, зокрема, у регіонах із помірним кліматичним режимом, забезпечує можливість багатьом збудникам хвороб реалізувати не два-три, а чотири-п'ять онтогенетичних циклів протягом сезону, що призводить до акумуляції інфекційного потенціалу в агроценозах [19, 20].

Крім того, спостерігається десинхронізація фенологічних фаз онтогенезу рослин і патогенів. Підвищення середньодобових температурних показників і темпоральне зміщення настання фенологічних фаз можуть детермінувати як редукацію, так і ескалацію ризику інфікування, залежно від таксономічної приналежності патогену [21]. Наприклад, окремі патогени, що перезимовують у ґрунті або рослинних рештках, за умов тепліших зимових періодів ініціюють активний розвиток раніше, ніж рослинний організм досягає фенофаз із підвищеною резистентністю, що підвищує ймовірність раннього інфікування.

Іншим критичним фактором є вплив кліматично індукованого стресу на імунну систему рослинних організмів. Експериментально встановлено, що експозиція високих температур (>30 °C), гідродефіциту, а також різкі добові амплітуди температури

й вологості інгібують фотосинтетичну активність, дестабілізують водний баланс і супресують захисні механізми рослин. Це детермінує редукцію біосинтезу фітоалексинів, фенольних сполук та інших компонентів неспецифічного імунітету [22, 23]. Додатково, абіотичний стрес стимулює формування мікропошкоджень у тканинах, що функціонують як вхідні ворота для інфекційних агентів, зокрема збудників бактеріозів, що верифіковано підвищеною частотою інфекційних уражень в умовах польових експериментів [24].

Агрокліматичні трансформації в Лівобережному Лісостепу

Аналіз довготривалих метеорологічних спостережень демонструє стійку трансформацію кліматичних умов Лівобережного Лісостепу України у напрямку аридизації, що характеризується елевацією температури повітря при синхронній інтенсифікації посушливості. Емпіричні дослідження верифікують стабільну тенденцію до зростання середньорічної температури повітря в Лісостепу України. Зокрема, протягом періоду 1991–2020 рр. середньорічна температура в регіоні зазнала елевації на 1,1 °C порівняно з попередніми хронологічними періодами, тоді як річна кількість атмосферних опадів редукувалась на 5 %. В умовах сучасних кліматичних модифікацій спостерігається зростання частоти виникнення сильно- та середньопосушливих умов упродовж вегетаційного періоду: з 47 % у 1961–1990 роках до 61 % у 1991–2020 роках. Водночас ймовірність забезпечення оптимального рівня гідратації знизилась удвічі [25].

Відбувається суттєва редукція агрокліматичного потенціалу території внаслідок інтенсифікації повторюваності несприятливих метеорологічних явищ та екстремумів. Спостерігається чітко виражена меридіональна транслокація агрокліматичних зон – Лівобережний Лісостеп за своїми характеристиками поступово конвергує до традиційних степових умов. Трансформація гідротермічного режиму детермінує глибоку реструктуризацію агроландшафтів та сільськогосподарських угідь. При цьому пролонгація вегетаційного періоду формує передумови для культивування більш термофільних культур та сортів, але синхронно підвищує ризики розвитку та дисемінації шкідливих організмів.

Результати багаторічних спостережень безпосередньо у Полтавській області [26] верифікують значну температурну нестабільність. Встановлено, що в середньому за рік фіксується 15,4 днів із різкими похолоданнями, коли температура повітря знижується більш ніж на 4 °C порівняно з середньодобовими показниками. При цьому 5,7 днів характеризуються дуже сильними холодowymi зниженнями температури, а протягом 0,55 днів фіксуються надзвичайно сильні похолодання з екстремальними відхиленнями від кліматичної норми.

Сезонний розподіл холодowych стресів демонструє підвищену частоту їх прояву у весняний період, що синхронізується з фазою активної вегетації більшості сільськогосподарських культур. Протягом весни в середньому спостерігається 3,3 дні з різкими

похолоданнями, 1,3 дні з дуже сильними холодowymi зниженнями температури та 0,06 днів з надзвичайно сильними холодowymi стресами. Особливе занепокоєння викликає концентрація температурних аномалій у критичні фази онтогенезу сільськогосподарських культур – проростання, бутонізацію та ініціацію цвітіння, коли рослинні організми характеризуються підвищеною сенситивністю до температурного фактору.

Температурна варіабельність у весняний період має комплексний негативний вплив на фізіологічні процеси в рослинах та продуктивність агроценозів. Різкі похолодання в період активної вегетації призводять до дестабілізації нормального перебігу фенологічних фаз розвитку культурних рослин, редукції енергії їх росту та асиміляційної здатності фотосинтетичного апарату. Особливо критичними є холодowi стреси під час цвітіння, оскільки вони індукують порушення процесів запилення та запліднення, що маніфестується у зниженні зав'язуваності плодів та формуванні неповноцінного насіння. Низькотемпературний стрес підвищує сприйнятливості рослин до фітопатогенів через супресію механізмів імунної відповіді та порушення інтегритету покривних тканин.

В умовах сучасних кліматичних трансформацій спостерігається тенденція до коінциденції весняних похолодань із літніми періодами гіпертермії та гідродефіциту, що формує мультистресові умови для агроценозів. Така послідовність стресових факторів має кумулятивний негативний ефект, який значно перевищує адитивну суму окремих стресів і може призводити до суттєвої редукції потенціалу продуктивності навіть високоврожайних сортів та гібридів.

Варто також акцентувати увагу на тому, що пролонгація вегетаційного періоду, зростання суми ефективних температур і відсутність стабільної кліматичної зими формують потенційні умови для [5]:

- можливості культивування 2–3 врожаїв овочевих культур у Степовій та Лісостеповій зонах;
- імплементації озимих овочевих культур у виробництво практично в усіх регіонах країни;
- отримання надральної продукції овочевих, баштанних культур і картоплі з редукованими витратами на її виробництво.

Однак такі кліматичні модифікації, попри певні агрономічні переваги, супроводжуються істотними ризиками. Пролонгація вегетаційного періоду, термічна елевація та збільшення кількості стресових явищ формують оптимальні умови не лише для рослинних організмів, а й для фітопатогенних агентів.

Кліматично зумовлені зміни у поширенні та шкодочинності фітопатогенів

Одним із найбільш репрезентативних наслідків кліматичних трансформацій є модифікація ареалів розповсюдження фітопатогенів та виникнення "нових" захворювань у географічних регіонах, де раніше вони не характеризувались економічною значущістю. Експліцитним прикладом слугує східний фузаріоз томата, етіологічним агентом якого є *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (раса 3) [27],

що попередньо домінував переважно в південних регіонах України, а в даний час регулярно діагностується в агрогосподарствах Лівобережного Лісостепу.

Елевація середньорічних температурних показників детермінує експансію ареалів термофільних патогенів у північному напрямку. Так, протягом останнього десятиліття в Лівобережному Лісостепу зафіксовано стабільну дисемінацію збудника бактеріальної плямистості перцю *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, який раніше спричиняв економічно значущі втрати лише в південних областях України [28].

Паралельно спостерігається ескалація шкодо-чинності раніше другорядних патогенів. Наприклад, *Alternaria solani* (етіологічний агент альтернаріозу), що традиційно класифікувався як вторинна інфекція, асоційована з ослабленими рослинними організмами, в останні роки часто виступає в ролі первинного патогена, інфікуючого інтактні рослини томатів, картоплі, моркви та інших сільськогосподарських культур [29].

За результатами фітосанітарного моніторингу, впродовж останніх 10 років у Лівобережному Лісостепу України ідентифіковано щонайменше 5 нових для регіону етіологічних агентів хвороб овочевих культур, серед яких особливо небезпечними є *Acidovorax citrulli* – збудник бактеріального плодового некрозу гарбузових культур [30], та *Tomato brown rugose fruit virus* – вірус бурі зморшкуватості плодів томату [31].

Пролонгація вегетаційного періоду формує сприятливі умови для розвитку більшої кількості генерацій окремих патогенів [32]:

- *Pseudoperonospora cubensis* – збудник несправжньої борошнистої роси огірків здатен формувати додаткові онтогенетичні цикли, особливо в умовах контрастного температурного режиму (підвищені денні температури + знижені нічні показники);

- *Phytophthora infestans* – пролонгація періоду з оптимальними для розвитку фітофторозу температурними параметрами (15–22 °C) у весняний період при синхронному збереженні достатньої гідратації сприятиме більш ранній ініціації захворювання та ескалації його шкодо-чинності на помідорах.

Серед нових для регіону або раніше малопоширених патогенів доцільно акцентувати увагу на наступних:

- *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* – бактеріальний рак томатів потенційно здатен набути більшого поширення внаслідок підвищення температурних показників та інтенсифікації частоти травмування рослин через екстремальні метеорологічні явища [33];

- *Leveillula taurica* – борошниста роса пасльонових культур, що раніше характеризувалася лімітованим поширенням у регіоні, може трансформуватися в значущий патоген через посилення аридизації та елевацію температури [34].

Інтенсифікуються загрози від патогенів з модифікованими епідеміологічними циклами:

- *Colletotrichum* spp. – етіологічні агенти антракнозу різних овочевих культур здатні модифікувати свій життєвий цикл, активізуючись у

періоди різких температурних флуктуацій, особливо під час весняних холодних стресів, що індукують ослаблення рослинних організмів [35];

- *Sclerotinia sclerotiorum* – збудник білої гнилі може демонструвати нетипові спалахи розвитку в періоди різких транзицій від посушливих до вологих умов, що набуває характерності для досліджуваного регіону [36].

В умовах комбінації холодних стресів весняного періоду та гідродefіциту влітку особливо небезпечними стануть:

- *Verticillium dahliae* – збудник вертицильозного в'янення здатен суттєво підвищити свою шкодо-чинність через ослаблення рослин внаслідок абіотичних стресових факторів [37];

- *Pythium* spp. та *Rhizoctonia solani* – етіологічні агенти корневих та прикорневих гнилей, які активізуються при дестабілізації фізіологічних процесів у рослин внаслідок температурних стресів [38];

- *Erwinia carotovora* (*Pectobacterium carotovorum*) – можлива інтенсифікація частоти бактеріальних м'яких гнилей овочевих культур через температурні осциляції та підвищення частоти механічних пошкоджень рослин від екстремальних метеорологічних явищ [39].

Комплексний вплив аридизації клімату, зростання температурної нестабільності та інтенсифікація частоти посушливих умов формує оптимальне середовище для патогенів із підвищеною екологічною пластичністю та адаптивністю до стресових умов. Особливу загрозу становитиме посилення вірулентності та агресивності етіологічних агентів у відповідь на супресію резистентності рослин внаслідок абіотичних стресів, що потенційно може індукувати формування нових рас патогенів із модифікованими патогенними властивостями.

Висновки

Метою огляду є комплексний аналіз впливу глобальних кліматичних змін на фітосанітарний стан агроценозів овочевих культур у контексті трансформації агроєкосистем Лівобережного Лісостепу України. Проведений огляд засвідчив, що кліматичні трансформації останніх десятиліть у цьому регіоні мають чітко виражену аридизаційну спрямованість, що супроводжується підвищенням середньорічної температури, зменшенням кількості опадів, зростанням частоти посух і температурної нестабільності. Ці зміни суттєво впливають на агроєкологічні умови вирощування овочевих культур, зумовлюючи подовження вегетаційного періоду, можливість отримання кількох урожаїв і впровадження нових технологічних рішень у виробництво.

Разом з тим встановлено, що такі зміни провокують глибоку перебудову фітопатосистем, що проявляється в експансії теплолюбних патогенів, зміні ареалів і фенології збудників, збільшенні їх вірулентності та формуванні нових рас. Установлено тісний зв'язок між мультистресовими погодними умовами і зниженням імунного статусу рослин, що підвищує загальний фітопатогенний тиск на агроценози.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на дослідження перспектив адаптації овочівництва до кліматичних викликів.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Adamenko, T. (2007). Klimatichni umovy Ukrainy ta mozhlyvi naslidky poteplinnia klimatu. *Ahronom*, 1, 8–11. [in Ukrainian]
2. Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15 (13), 10517. <https://doi.org/10.3390/su151310517>
3. Chaika, T. O., & Yasnolob, I. O. (2017). Vyroshchuvannya ovochiv za orhanichnymy standartamy. *Importozaminni tekhnologii vyroshchuvannya, zberihannya i pererobky produktiv sadivnytstva ta roslinnytstva : Materialy III mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Uman: Sochinskyi M. M. [in Ukrainian]
4. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika, T. O. (2019). Droughts in the context of climate changes in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 134–146. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.18>
5. Shatkovskiy, A., Zhuravlov, O., Cherevychnyi, Yu., Shcherbatiuk, M., & Fedorchenko, O. (2024). Ovochivnytstvo v umovakh zminy klimatu: novi vykyky, problemy, mozhlyvosti... *Klimatichni zminy ta silske hospodarstvo. Vykyky dlia aharnoi nauky ta osvity : Materialy VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kyiv: Naukovomethodychnyi tsentr VFPO [in Ukrainian]
6. Adamenko, T. I. (2022). *Zmina klimatu ta adaptatsiia vyrobnykiv soi v Ukraini*. Kyiv: Dunaiska soia [in Ukrainian]
7. Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. (2022). Vplyv pryrodno-klimatichnykh umov na urozhainist i adaptivnist hrechky. In T. O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (s. 159–165). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
8. Schmid, C., Sharma, S., Stark, T. D., Günzkofer, D., Hofmann, T. F., Ulrich, D., Dunemann, F., Nothnagel, T., & Dawid, C. (2021). Influence of the abiotic stress conditions, waterlogging and drought, on the bitter sensometabolome as well as agronomical traits of six genotypes of *Daucus carota*. *Foods*, 10 (7), 1607. <https://doi.org/10.3390/foods10071607>
9. Manzoor, A., Bashir, M. A., Naveed, M. S., Cheema, K. L., & Cardarelli, M. (2021). Role of different abiotic factors in inducing pre-harvest physiological disorders in radish (*Raphanus sativus*). *Plants*, 10 (10), 2003. <https://doi.org/10.3390/plants10102003>
10. Velyka, H. (2025). Ukraina mozhe zalyshytys bez borschchu: yak do tsoho prychetna zmina klimatu. Retrieved from: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ukraina-mozhe-zalishitis-bez-borschhu-yak-do-cogo-prychetna-zmina-klimatu> [in Ukrainian]
11. Abdelal, K., Alsubeie, M. S., Hafez, Y., Emeran, A., Moghanm, F., Okasha, S., Omara, R., Basahi, M. A., Darwish, D. B. E., Ibrahim, M. F. M., El-Yazied, A. A., Rashwan, E. A., Elkelish, A., Mady, M. A., & Ibraheem, F. (2022). Physiological and biochemical changes in vegetable and field crops under drought, salinity and weeds stresses: control strategies and management. *Agriculture*, 12 (12), 2084. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122084>
12. Klimat zminiue pravyla hry dlia roslyn. (2025). *Vegetable.com.ua*. Retrieved from: <https://vegetable.com.ua/vplyv-klimatichnix-zmin-na-shkidnikiv-i-xvorobi-roslyn/> [in Ukrainian]
13. Tsvihun, V. O., Sus, N. P., Pylypchuk, T. V., & Botsula, O. I. (2022). Monitorynh virusnykh khvorob, shcho urazhaiut ovochevi kultury na terytorii Ukrainy. *Selektsiia, henetyka ta tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur : Materialy X Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Tsentralne [in Ukrainian]
14. Doslidzhenno, yak zminy klimatu vplynut na vyroshchuvannya s/h kultur v Ukraini. (2018). *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/5976-doslidzhenno-yak-zmini-klimatu-vplynut-na-viroshchuvannya-s-g-kultur-v-ukrayini> [in Ukrainian]
15. Polevoy, A., Ovcharuk, V., Volvach, O., Kushchenko, L., & Tolmachova, A. (2021). Agroclimate assessment of vegetation drought period in the extremely insufficient low water content in the Black sea zone. *Ecological Sciences*, 6, 158–165. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39-27>
16. Kyrychenko, O. S., & Radina, V. D. (2020). Naslidky zminy klimatu v Lisostepu Ukrainy. *Piati Sumski naukovy heohrafichni chytannia: Materialy Vseukrainskoi naukovo konferentsii*. Sumy [in Ukrainian]
17. Bulgakov, V., Holovach, I., Demydenko, O., & Trokhaniak, O. (2024). Study of moisture conditions of chernozem in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Mechanization in Agriculture & Conserving of the Resources*, 4, 135–137.
18. Scientific review of the impact of climate change on plant pests. (2021). <https://doi.org/10.4060/cb4769en>
19. Garrett, K. A., Dendy, S. P., Frank, E. E., Rouse, M. N., & Travers, S. E. (2006). Climate change effects on plant disease: genomes to ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 44, 489–509. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.44.070505.143420>
20. Chakraborty, S., & Newton, A. C. (2011). Climate change, plant diseases and food security: an overview. *Plant Pathology*, 60 (1), 2–14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02411.x>
21. Bebber, D. P., Ramotowski, M. A. T., & Gurr, S. J. (2013). Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. *Nature Climate Change*, 3, 985–988. <https://doi.org/10.1038/nclimate1990>
22. Atkinson, N. J., & Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *Journal of Experimental Botany*, 63 (10), 3523–3543. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers100>
23. Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203 (1), 32–43. <https://doi.org/10.1111/nph.12797>
24. Foyer, C. H., & Noctor, G. (2016). Stress-induced redox signalling: what's in pROSpect? *Plant, Cell & Environment*, 39 (5), 951–964. <https://doi.org/10.1111/pce.12621>
25. Tararico, Yu. O., Saidak, R. V., Olepir, R. V., Soroka, Yu. V., & Vitvitskiy, S. V. (2021). Bioproductive capacity of typical chernozem in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine under favorable humid conditions. *Land Reclamation and Water Management*, 2, 87–100. <https://doi.org/10.31073/mivg202102-304>
26. Balabukh, V. O., Malyska, L. V., Dovhal, H. P., Yahodynets, S. M., & Lavrynenko, O. M. (2024). Changes in the frequency of sharp cold snaps in spring during the XXI century in Ukraine and their impact on agricultural production. *Agricultural Science and Practice*, 11 (3), 3–22. <https://doi.org/10.15407/agrisp11.03.003>
27. Zhou, J., Zhang, X., Qu, Z., Zhang, C., Wang, F., Gao, T., Yao, Y., & Liang, J. (2024). Progress in research on prevention and control of crop fungal diseases in the context of climate change. *Agriculture*, 14 (7), 1108. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071108>
28. Lytvynchuk, O. O., & Honcharenko, M. V. (2015). Bakterialni khvoroby pertsii ovochevoho (Sapsicum annum). *Visnyk Aharnoi Nauky*, 1, 30–33. [in Ukrainian]
29. Schmey, T., Tominello-Ramirez, C. S., Brune, C., & Stam, R. (2024). *Alternaria* diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*, 25 (3), e13435. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>
30. Korotkyi zvit shchodo provedenoho analizu fitosanitarnoho ryzyku (AFR) shkidlyvoho orhanizmu *Acidovorax citrulli*. (2018). *Derzhprodspozhyvsluzhba*. Retrieved from: <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites> [in Ukrainian]
31. Zvit shchodo analizu stupeniu fitosanitarnoho ryzyku (AFR) shkidlyvoho orhanizmu *Tomato brown rugose fruit virus* (rid *Tobamovirus* – ToBRFV). (2021). *Derzhprodspozhyvsluzhba*. Retrieved from: <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12> [in Ukrainian]
32. Horiainova, V. V., Stankevych, S. V., Batova, O. M., Zhukova, L. V. (2023). *Zahalna fitopatolohiia : navchalnyi posibnyk*. Zhytomir: Ruta [in Ukrainian]
33. Hvozdiak, R. I., Moroz, S. M., Iakovleva, L. M., & Chernenko, Ie. P. (2009). Etiolohiia masovykh khvorob tomativ u hospodarstvakh Ukrainy. *Mikrobiolohichni Zhurnal*, 71 (5), 33–40. [in Ukrainian]
34. Aegerter, B. J., Stoddard, C. S., Miyao, E. M., Le Strange, M., & Turini, T. A. (2015). Impact of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on yield and fruit quality of processing tomatoes in California. *ISHS Acta Horticulturae 1081: XIII International Symposium on Processing Tomato*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1081.17>

35. Chakraborty, A., & Ray, P. (2021). Mycoherbicides for the noxious meddlesome: Can *Colletotrichum* be a budding candidate? *Frontiers in Microbiology*, 12, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.754048>
36. Cohen, S. D. (2023). Estimating the climate niche of *Sclerotinia sclerotiorum* using maximum entropy modeling. *Journal of Fungi*, 9 (9), 892. <https://doi.org/10.3390/jof9090892>
37. Cherlinka, V. (2024). *Verticillium wilt*: how to identify, prevent, and treat. *EOS Data Analytics*. Retrieved from: <https://eos.com/blog/verticillium-wilt/>
38. Shchetyna, S. (2023). Phytopathogenic complex structure of radish under open-ground cultivation in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Balanced Nature Using*, 4, 145–154. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.296367>
39. Khvoroby morkvy, buriaku, kapusty u skhovyshchakh. (2024). *Holovne Upravlinnia Derzhprodsposhyvsluzhby v Chernihivskii oblasti*. Retrieved from: <https://dpssc.gov.ua/fitosanitariia-kontrol-u-sferi-nasinnystva-ta-rozsadnytstva/aktualna-informatsiia/3406/khvoroby-morkvy-buriaku-kapusty-u-skhovyshchakh.html> [in Ukrainian]

ORCID

B. Mukha 

<https://orcid.org/0009-0008-6190-6398>



2025 Mukha B. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Formation of sunflower productivity (*Helianthus annuus* L.) depending on agrotechnical methods

V. Kalambet✉

Article info

Correspondence Author

V. Kalambet

E-mail:

vitalii.kalambet@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Kalambet, V. (2025). Formation of sunflower productivity (*Helianthus annuus* L.) depending on agrotechnical methods. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 81–86. doi: 10.31210/spi2025.28.02.13

The article examines current sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation trends in Ukraine in the context of the growing global demand for sunflower oil. Annual sunflower remains one of the priority field crops in Ukraine, occupying approximately 25–29 % of the total sown area. The high global demand for sunflower oil and the advancement of agrotechnology have contributed to a significant expansion of sunflower cultivation areas, which, despite the ongoing war, remain not only consistently high but also show potential for further growth. Particular attention is given to the impact of mineral fertilization on the realization level of the productive potential of sunflower hybrids. The effective application of mineral fertilizers is a key factor in increasing yield and improving the quality characteristics of seeds. However, under conditions of ongoing climate change, accompanied by increasing moisture deficits, the effectiveness of fertilizers may be insufficiently realized. It is found that an optimal fertilization system should consider the type of fertilizer, timing, method, and application rate following the 4-R strategy. Research results indicate that sunflowers respond positively to mineral nutrition under typical growing conditions, particularly when phosphorus and sulfur are applied, contributing to increased yields and higher oil content in the seeds. Excessive nitrogen fertilization may stimulate vegetative growth while reducing oil content. The relationship between plant density and productivity is analyzed concerning the agro-climatic zone. The study also emphasizes the importance of considering hybrid-specific characteristics, as different genotypes respond differently to growing conditions and fertilization levels. The optimal plant density varies depending on the zone, moisture conditions, and hybrid, ranging from 50,000 to 90,000 plants/ha. In arid conditions, fertilizer efficiency decreases, highlighting the need for adapted technologies, including sulfur-enriched fertilizers and precision application. Future research should study the interactions between fertilizers, hybrid-specific traits, and moisture conditions to enhance crop productivity under climate change.

Keywords: sunflower, hybrid, fertilization, plant density, yield, quality.

Формування продуктивності соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від агротехнічних прийомів

В. В. Каламбет

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

В огляді розглянуто сучасні тенденції вирощування соняшника (*Helianthus annuus* L.) в Україні в контексті зростаючого попиту на соняшникову олію на світовому ринку. Соняшник однорічний залишається однією з пріоритетних польових культур в Україні, займаючи у структурі посівних площ біля 25–29 %. Високий світовий попит на соняшникову олію та розвиток агротехнологій сприяли значному розширенню площ під культурою, які, попри війну, залишаються не лише стабільно високими, але мають перспективи щодо їх розширення. Особливу увагу приділено впливу мінерального удобрення на рівень реалізації продуктивного потенціалу гібридів соняшника. Ефективне застосування мінеральних добрив є ключовим чинником у підвищенні урожайності та поліпшенні якісних показників насіння, але в умовах постійних кліматичних змін, які супроводжуються збільшенням дефіциту вологи, їх дія може бути недостатньо реалізованою. Встановлено, що оптимальна система удобрення повинна враховувати тип добрива, строки, спосіб та дозу його внесення, дотримуючись стратегії 4-R. Результати науковців доводять, що за типових умов вирощування соняшник позитивно реагує на мінеральне живлення, зокрема на внесення фосфору і сірки, які сприяють підвищенню урожайності та збільшенню вмісту олії в насінні культури. Надмірне азотне живлення може стимулювати вегетативний ріст, знижуючи вміст олії. Проаналізовано взаємозв'язок між густотою стояння рослин і їх продуктивністю, залежно від агрокліматичної зони. Встановлено також важливість врахування особливостей гібридів: різні генотипи по-різному реагують на умови вирощування та рівень удобрення. Оптимальна густина стояння рослин варіює залежно від зони, умов зволоження та гібриду, коливаючись у межах 50–90 тис. рослин/га. У посушливих умовах ефективність добрив знижується, що зумовлює потребу в адаптованих технологіях, зокрема використанні добрив із підвищеним вмістом сірки та прецизійного внесення.

Ключові слова: соняшник, гібрид, удобрення, густина рослин, урожайність, якість.

Бібліографічний опис для цитування: Каламбет В. В. Формування продуктивності соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від агротехнічних прийомів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 81–86.

Світова ринкова кон'юнктура останніх років створила стабільний попит на соняшникову олію. Це на пряму вплинуло на український аграрний ринок – сільськогосподарські підприємства почали збільшувати площі під соняшником однорічним і за останні 20 років вони вирости майже вдвічі [10]. Фактори, що збільшили прибутковість вирощування соняшника в Україні, пов'язані не тільки із тенденціями у світі. Додатково можна навести такі чинники як: ріст досвіду спеціалістів галузі, освоєння нових

технологій вирощування, запровадження високоврожайних гібридів.

На важливість і пріоритетність соняшника як сільськогосподарської культури в Україні вказує його частка в розрізі основних польових культур, яка коливається в межах 25–29 % за останні шість р. (рис. 1). Згідно Державної служби статистики в 2021 р. посіви соняшника досягли 6,5 млн. га – найбільше за весь час, а в 2023 р., навіть перевищили площі під пшеницею озимою [10].

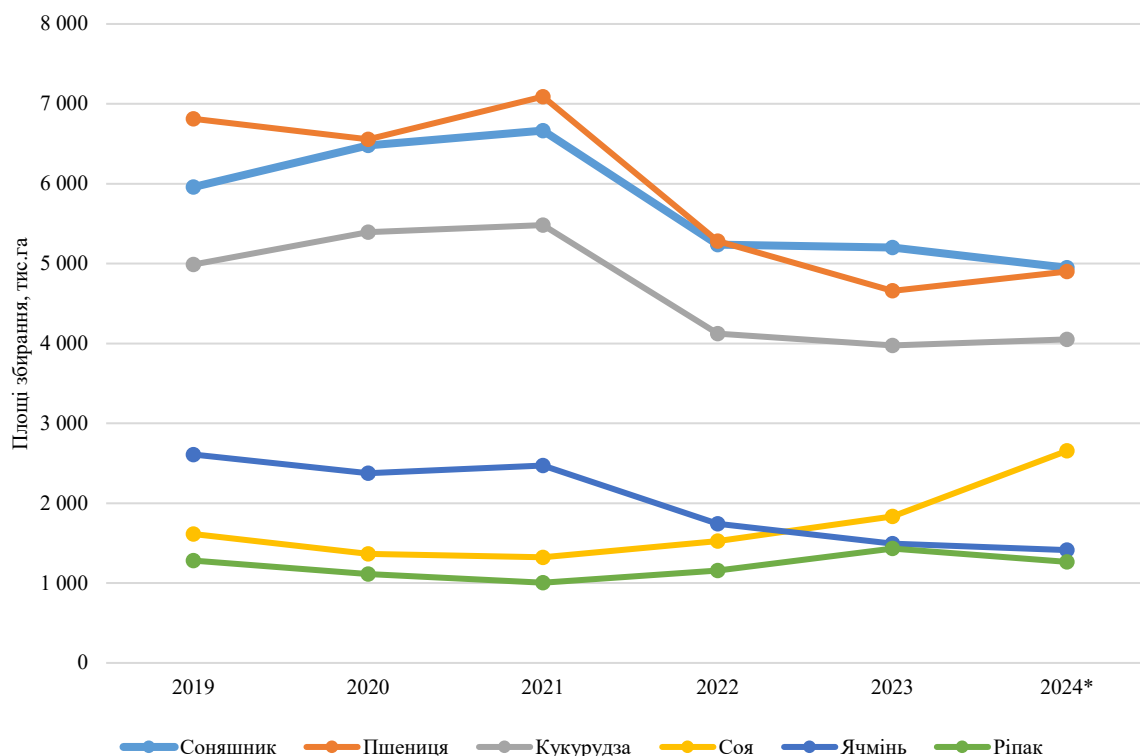


Рис. 1. Частка площ збирання соняшника в розрізі основних польових культур в Україні 2019–2024 рр.

Примітка: * – вказані площі посіву.

Джерело: дані Державної служби статистики [10].

Дещо інші дані але з невеликою різницею показує супутниковий моніторинг: в 2021 і 2022 рр. під соняшником було розпізнано площ біля 7,10 і 6,75 млн. га відповідно. Навіть повномасштабне вторгнення значним чином не вплинуло на площі і зменшення посівів оцінюється тільки на 5 % порівняно з довоєнним періодом [33]. Доводиться говорити більше про зміну географії посівів соняшнику, ніж про зменшення його частки в структурі основних сільськогосподарських культур. У 2023 р. спостерігалось зміщення основних посівів з південних і східних областей у центральні, північні та західні [29]. Всі ці факти стверджують, що висока частка соняшнику залишатиметься у структурі посівних площ сівозмін сільськогосподарських підприємств ще тривалий час.

Умови ефективного застосування добрив

Численні досліді із технології вирощування соняшника не можуть бути вичерпними оскільки умови та засоби постійно змінюються. Тому

важливим буде систематичне вивчення нових гібридів соняшнику, реакції їх урожайності на нові середовища вирощування, тестування нових агро-технологій та визначення найбільш ефективних прийомів, які дають найвищий прибуток з одиниці площі.

Оскільки частка витрат на синтетичні добрива у собівартості отриманого урожаю соняшника є значною, важливими для сільгоспвиробника є знання про те, як реагують сучасні гібриди на різні системи удобрення. В останні роки особливо актуальним стало питання ефективного використання рослинами гранульованих мінеральних добрив в умовах глобальної зміни клімату та зменшення опадів у вегетаційний період сільськогосподарських культур. В агробіоценозах, де існує тривала посуха, використання поживних речовин культурними рослинами буде неповним. Доцільним буде дотримання стратегії 4-R (чотири оптимуми): вид, кількість, місце, строки внесення добрив [1]. Високі дози добрив та неправильне розміщення гранул в ґрунті в умовах недостатнього вологозабезпечення можуть

утворювати висококонцентровані токсичні для рослин розчини. В нормальних природніх умовах ґрунтовий розчин має невисоку концентрацію 0,02–0,20 %, а найкращим для культурних рослин є концентрація 0,03–0,20 %. Оптимальною вологістю ґрунту для живлення рослин є 60–80 % його повної польової вологоємності [7].

Дослідження свідчать, що корінь рослини поглинає великі кількості азоту, фосфору та калію не тільки через масовий потік, а й через дифузію. Для постійних процесів як масового потоку, так і дифузії в ґрунті потрібна вода – це незамінний компонент ґрунтового розчину [20]. Іони поживних речовин, щоб потрапити в рослину, обов'язково мають перейти з твердої фази ґрунту в ґрунтовий розчин [6]. Тому в наш час, коли посуха стає частим явищем і агро-екологічні чинники значною мірою впливають на формування продуктивності соняшнику, буде важливим розуміння того, як, використовуючи гранульовані мінеральні добрива, не зашкодити рослинам, ефективніше використовувати систему удобрення.

Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від рівнів удобрення

Аналізуючи останні дослідження, можна сказати, що соняшник завжди позитивно відгукується на мінеральні добрива в нормальних умовах вирощування. На основі 2-річних даних в умовах Лівобережного Лісостепу України в дослідженні В. М. Тоцького, В. В. Гангура, І. А. Полякова [26] виявлено, що найбільший приріст урожайності трьох гібридів соняшника (та збір олії з одиниці площі), порівняно з контролем, отримано на варіанті із внесенням $N_{32}P_{32}K_{32}$ +позакореневе підживлення рослин карбамідом (10 кг/га у фізичній вазі) у фазу 5–6 пар листків. Також відзначено, що краща олійність насіння була на варіантах, де основним добривом був амофос $N_{12}P_{52}$.

В іншому польовому дослідженні, проведеному в цій же агрокліматичній зоні, було виявлено, що максимальну урожайність гібридів високоолеїнового соняшнику було отримано на варіанті з удобренням $N_{94}P_{48}K_{48}$, а найбільшу олійність насіння – на варіанті із внесенням $N_{80}P_{80}K_{80}$ [4]. Автор також стверджує, що підвищення азотного живлення з N_{80} до N_{94} знижувало вміст олії в сім'янках на 1,26 %.

В зоні Полісся, на дерново-підзолистому піщаному ґрунті, гібриди, що вивчали формували найвищу врожайність на варіанті із внесенням фосфорно-калійних добрив + сечовина у дозі $P_5K_{55}+N_{46}$ [14].

Результати досліджень проведених в умовах Лівобережного Лісостепу України, свідчать, що додаткове живлення мінеральними добривами знижувало показник вмісту олії в насінні соняшнику у варіантах з нульовим та мінімальним обробітком ґрунту, але збільшувало загальний вихід олії з одиниці площі за рахунок підвищення урожайності насіння на підживлених варіантах досліду [8].

В досліді, де вивчали вплив удобрення на ріст і розвиток соняшнику відзначено, що мінеральні добрива подовжують вегетаційний період соняшнику від 3 до 10 днів, порівняно з неудобреним контролем

(в умовах Вінницької області). Також спостерігали тенденцію до збільшення висоти рослин на удобрених варіантах. Варіант з підвищеною нормою азоту – $N_{90}P_{45}K_{45}$ найбільше подовжував вегетаційний період та характеризувався найвищими рослинами [9]. За вирощування соняшнику цю особливість потрібно враховувати оскільки інтенсивний ріст стебел та збільшення висоти рослин соняшнику не є сприятливим в умовах постійних вітрів, високого інфекційного фону поля, пізніх термінів збирання.

Але в одному з досліджень, проведеному в зоні Степу України спостерігається відсутність позитивного впливу мінеральних добрив на урожайність і, відповідно, на рентабельність. Причиною цьому були посушливі погодні умови в роки випробувань та ураження рослин білою і сірою гниллю [19]. У довготривалому стаціонарному досліді, що був закладений на південному сході Болгарії і тривав 45 років, вивчався вплив NPK на стійкість соняшника до посухи [31]. За результатами спостережень виявлено низький вплив мінеральних добрив на стійкість до посухи соняшника. Автори припускають, що в посушливих умовах доцільності використання добрив немає. Вчені стверджують, що внаслідок низької вологості ґрунту зменшується рухомість поживних речовин і знижується ефективність використання мінеральних добрив [25].

Відсутність значного позитивного впливу добрив в окремі роки можна пояснити занадто посушливим сезоном та низькою ефективністю гранульованих продуктів в умовах пересушеного верхнього шару ґрунту. Адже, як доведено в інших дослідженнях, ефективність гранульованих мінеральних добрив значно зростає у більш вологих умовах [30] за середніх рівнів урожайності соняшнику (2–3 т/га) та припосівного способу їх внесення. Також кількість засвоєних поживних речовин рослинами соняшнику залежить не тільки від їх наявності, доступності в ґрунті та присутності вологи, а й визначається генетичними особливостями гібридів [15]. Іншими словами – різні генотипи будуть використовувати неоднакову кількість поживного ґрунтового розчину через особливості морфології кореневої системи. Доведено, що дефіцит ґрунтової вологи стимулює глибше проникнення верхнього ярусу кореневої системи соняшнику та призводить до слабого розвитку верхніх коренів в горизонтальній площині, наприклад в зоні внесення припосівного добрива [32] і це може впливати на можливість гібриду використовувати поживні речовини на глибині їх загортання.

При плануванні системи удобрення соняшнику важливі науково-обґрунтований підхід та знання про потреби цієї культури в певних елементах живлення. Останні дослідження вказують на те, що реакція урожайності насіння найбільш помітна за зміні фосфорного живлення соняшнику. Наприклад, у разі застосування добрив з різним вмістом фосфору (нітроамофоска і амофос) приріст урожайності був більшим на варіанті із підвищеним вмістом цього /елементу [23]. Азот є важливим елементом, але його надлишок в ґрунті не буде істотно підвищувати урожайність насіння, а лише збільшуватиме вегетативну частину та підвищуватиме вміст білку в насінні [22, 7].

Сірка відіграє значну роль в підвищенні стійкості рослин до абіотичних стресів [13]. Звідси виникає гіпотеза щодо позитивної дії сірковмісного добрива на формування урожайності соняшнику в посушливі сезони. Як підтвердження можна навести результати дослідів, які було отримано в іншому польовому експерименті, де було використано гранульоване добриво з високим вмістом сірки, застосований варіант з добривом Duofertil Eurocereal 34 ($N_{10}P_{24}S_{20}B_{0,1}Zn_{0,1}$) після дворічних випробувань показав найвищу урожайність соняшнику [30].

В одному із вегетативних дослідів вивчався вплив дефіциту різних макро- і мікроелементів на розвиток соняшнику. Згідно результатів було виявлено, що нестача азоту, фосфору, калію, кальцію та заліза в поживному розчині під час вегетативної стадії розвитку соняшника сильно впливала на висоту рослин, товщину стебла, кількість листків та, особливо, на площу листової поверхні [28]. Дефіцит магнію та сірки був менш вираженим за впливом на розвиток вегетативних органів рослини.

В експериментальних дослідженнях останніх років недостатньо уваги приділяється впливу припосівного внесення добрив на урожайність соняшнику через складність проведення таких дослідів. Г. М. Господаренко вказує на те, що ця технологія застосування мінеральних добрив є найбільш ефективною [7]. Розміщення легкодоступних сполук фосфору в зоні росту коренів рослин на початкових фазах онтогенезу закладають передумови формування високої урожайності культури. Дефіцит потрібних речовин в поточній стадії не може бути компенсований у пізній фазі розвитку як соняшнику, так будь-якої іншої культури. Використання гранульованого комплексного добрива у припосівний спосіб теоретично надає можливість рослинам соняшника мати пролонгований доступ до необхідного поживного середовища від появи перших кореневих волосків до фази наливу сім'янок. Досліди, проведені в степовій зоні України, показали, що в якості припосівного добрива варіант з амофосом був більш урожайним ніж варіант з нітроамофоскою [23].

Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від густоти рослин

Важливим чинником за формування продуктивності соняшника є густота стояння рослини на одиниці площі. На практиці виробники формують густоту стояння товарних посівів соняшника від 35 до 60 тисяч рослин на 1 га залежно від зони і технології вирощування [15] та генетичних особливостей гібриду [18]. За даними досліджень, що проводилися в умовах Правобережного Лісостепу України виявлено, що найбільша урожайність соняшника, в середньому за два роки, була за густоти рослин 90 тис./га [2]. При цьому найвищий вміст олії спостерігався в сім'янок з рослин, де густота була на рівні 70 тис./га.

В інших дослідженнях, проведених в умовах Лівобережжя Лісостепової зони України, йдеться про найвищу урожайність соняшника за норми висіву 50 [27] і 60 тис.шт./га [4]. Також доведено, що

за збільшення густоти рослин зменшується маса 1000 сім'янок соняшника [27], а вміст олії в насінні зростає на 0,4–0,84 % [4]. В дослідях В. В. Нестерчука йдеться про те, що оптимальна густота може бути різною для двох відмінних гібридів [18]. Також він доводить що на формування урожайності соняшнику впливає не тільки густота стояння рослин, а й погодні умови, які складаються протягом вегетації культури.

За результатами двох років польових випробувань в умовах Південного Степу України було встановлено оптимальну густоту висіву соняшнику на рівні 50 тис. схожих насінин [12]. В іншому дослідженні, що проводилося в зоні Північного Лісостепу Лівобережної України, було визначено оптимальну густоту стояння рослин – 60 тис.шт./га [21]. Загалом можна зробити висновок, що оптимальна густота залежить від вологозабезпечення в зоні вирощування та загального габітусу рослин соняшнику.

Роль гібриду у формуванні продуктивності соняшнику

Оскільки кожного року в Україні реєструється в середньому від 50 до 100 нових гібридів соняшнику [11] важливим питанням є їх широке випробування в умовах, наближених до товарних посівів. Тому майже в кожному експерименті із соняшником одним з чинників є гібрид. Звичайно, що погодні умови будуть найбільше впливати на урожайність соняшнику, але біотип гібриду буде наступним за значущістю [24].

У дослідженнях Л. А. Гарбара, У. Ліщука, Н. І. Довбаша, Н. В. Кнапа [5], які проводилися впродовж 2018–2019 рр. на чорноземах типових малогумусних в умовах Чернігівської області виявлено, що фактор гібриду мав найбільший вплив на урожайність соняшнику. Схожі досліді в цьому ж регіоні підтверджують це, вказуючи, що чинник гібриду в двофакторному досліді із сортовивчення та густоти стояння має найбільший вплив на формування урожайності насіння соняшнику [21]. Різниця урожайності насіння різних гібридів може бути до 15 % [24]. Існує пряма кореляція між стійкістю до хвороб та врожайністю гібридів. Тому вибір адаптованого, стійкого до хвороб гібриду буде однією із умов отримання високого та якісного урожаю насіння.

Висновки

Метою проведеного огляду був пошук та огляд сучасних тенденцій вирощування соняшника (*Helianthus annuus* L.) в Україні в контексті зростаючого попиту на соняшникову олію на світовому ринку. Підсумовуючи виявлені результати наведені в численних наукових працях, можна відзначити, що соняшник однорічний залишається найбільш популярною сільськогосподарською культурою в Україні. Цьому сприяють висока рентабельність та біологічна адаптація даної культури. В типових умовах вирощування соняшник позитивно реагує на додаткове мінеральне живлення. Але в умовах посухи внесення мінеральних добрив може бути економічно

недоцільним. Підвищення азотного живлення збільшує вегетативну частину і вміст білку в насінні соняшнику, але може зменшувати вміст олії в насінні. Позитивно на підвищення олійності впливає фосфор. Гранульовані мінеральні добрива доцільно вносити під соняшник припосівним способом за достатньої вологості ґрунту в зоні внесення та росту коренів. Високі густоти стояння рослин соняшнику збільшують вміст олії в насіння. Фактор гібриду при польових дослідженнях має значний вплив на формування урожайності насіння соняшнику. Як густота стояння рослин, так і застосування різних систем удобрення є регулюючими чинниками, які з різними варіаціями можуть бути вивчені в польовому дослідженні для визначення оптимального поєднання «гібрид-система удобрення-густина стояння» для отримання максимальної урожайності, вмісту олії в насінні та виходу олії з 1 га посівів соняшнику.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

- Baliuk, S. A., Medvediev, V. V., & Nosko, B. S. (2018). *Adaptatsiia ahrotekhnologii do zmin klimatu: gruntovo-ahrokhimichni aspekty: kolektyvna monohrafiia*. Kharkiv : Styl'na typohrafiia [in Ukrainian]
- Borysenko, V. V. (2023). Oliinist ta yakist hibrydiv soniashnyka zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 130, 17–22. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.3> [in Ukrainian]
- Hanhur, V., Kosminskyi O., Len, O., & Totskyi, V. (2022). Effect of fertilizer on sunflower productivity and seed quality. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 50–56. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05>
- Hanhur, V. V. (2021). Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 116–121. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.13>
- Garbar, L. A., Lishchuk, U., Dovbush, N. I., & Knap, N. V. (2021). Efficiency of fertilizing in sunflower cultivation technology. *Plant and Soil Science*, 12 (1), 28–38. <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.028>
- Horodnii, M. M., & Serdiuk, A. H. (1984). *Ahrokhimiia : pidruchnyk*. Kyiv : Vyscha shkola [in Ukrainian]
- Hospodarenko, H. M. (2018). *Ahrokhimiia*. Kyiv: Sik Hrup Ukraina [in Ukrainian]
- Hubenko, L. V., Zadubynna, Ye. V., & Tarasenko, T. V. (2018). Formuvannia produktyvnosti soniashnyku zalezno vid system osnovnoho obrobittu hruntu i udobrennia. *Zemlerobstvo*, 1, 27–31. [in Ukrainian]
- Hutsol, G., & Mazur, O. (2024). Sunflower growth and development depends on fertilizer. *Agriculture and Forestry*, 1 (32), 62–75. Internet Archive. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-6>
- Derzhavna sluzhba statystyky. Ploshchi, valovi zbory ta urozhainist silskohospodarskykh kultur. *Derzhstat*. Retrieved from: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhainist-silskohospodarskykh-kultur-0> [in Ukrainian]
- Derzhavnyi reestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. *Ministerstvo aharnoï polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian]
- Kohut, I. M., Valentiuk, N. O., & Shchetnikova, L. A. (2020). The formation of productiveness of the sunflower depending on the spacing of the plants in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 112, 93–98. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.13>
- Kutsenko, O. M., & Kalambet, V. V. (2023). Osnovni tendentsii vyroshchuvannia soniashnyku v Ukraini v 2021–2023 rokakh. *Aktualni napriamky ta problematyka u tekhnologiiakh vyroshchuvannia produktiv roslinnystva: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (23 lystopada 2023 r. Poltava)*. (s. 86–89). Poltava [in Ukrainian]
- Liabab, S. (2022). Influence of soil cultivation method and fertilization system on the yield of sunflower (*Helianthus L.*) when growing in conditions of Central Polissia of Ukraine. *Agroecological Journal*, 4, 130–135. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273259>
- Melnyk, A. V. (2023). *Ahrobiolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia soniashnyku ta ripaku yarooho v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy: monohrafiia*. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian]
- Meteorolohichniy arkhiv. (n.d). *Meteoblue*. Retrieved from: https://www.meteoblue.com/en/climate-change/49.62N34.937E117_Europe%2FKiev [in Ukrainian]
- Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk dlia studentiv vuziv z ahronomichnykh spetsialnostei*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian]
- Nesterchuk, V. V. (2015). Produktivnist hibrydiv soniashnyku zalezno vid hustoty stoiannia roslin ta udobrennia pry vyroshchuvanni v umovakh pivdnia Ukrainy. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 64, 125–127 [in Ukrainian]
- Nikitenko, O. V., Polyakov, O. I., & Makhova, T. V. (2023). Influence of methods of main tillage on growth, development and productivity of sunflower in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 34, 84–96. <https://doi.org/10.36710/ioc-2023-34-08>
- Revto, O. Ya., & Domaratskyi, Ye. O. (2021). Optymizatsiia produktivnoho protsesu ahrotsenoziv soniashnyku za posushlyvykh umov Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Ahrarni Innovatsii*, 5, 68–74. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.11> [in Ukrainian]
- Ryzhenko, A. S. (2020). Sunflower yield formation in the Northern Forest-Steppe of Ukraine as affected by plant density. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 112–121. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211061>
- Rozhkov, A. O. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk: knyha 1: Teoretychni aspekty doslidnoi spravy*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
- Salo, L., & Haichenia, I. (2023). Reaktsiia hibrydiv soniashnyku na pryposivne udobrennia v Stepu Ukrainy. *Materialy XIV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Problemy konstruiuvannia, vyrobnytstva ta ekspluatatsii silskohospodarskoi tekhniki»*. (m. Kropyvnytskyi, 8–10 lystopada 2023). (s. 316–320). m. Kropyvnytskyi: TsNTU [in Ukrainian]
- Tkachenko, I. I., Shvydenko, M. V., & Budonyi, V. Yu. (2024). Urozhainist suchasnykh hibrydiv soniashnyka v umovakh nestabilnoho zvolozhennia. *Roslynnytstvo, Seleksiia i Nasynnytstvo, Plodoovochivnytstvo i Zberihannia*, 1, 23–33. [in Ukrainian]
- Tkachuk, O. P., & Bondaruk, N. V. (2023). Faktory intensyfikatsii ta ekolohizatsii vyroshchuvannia soniashnyku. *Ahrarni Innovatsii*, 18, 120–127. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17> [in Ukrainian]
- Totskyi, V., Hanhur, V., & Poliakov, I. (2024). Yield and quality of seed of sunflower hybrids (*Helianthus annuus L.*) depending on the fertilizer system. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (3), 5–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01>
- Shokalo, N. S., & Syvstun, I. P. (2023). Sunflower yield formation depending on the seeding rate. *Taurian Scientific Herald*, 134, 202–207. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.26>
- Alves, A. N., Souza, F. G., Chave, L. H. G., Sousa, J. A., & Vasconcelos, A. C. F. (2019). Effect of nutrient omission in the development of sunflower BRS-122 in greenhouse conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*, 72 (1), 8663–8671. <https://doi.org/10.15446/rfam.v72n1.69388>
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Mahmud, J. A., Nahar, K., Mohsin, S. M., Parvin, K., & Fujita, M. (2018). Interaction of sulfur with phytohormones and signaling molecules in conferring abiotic stress tolerance to plants. *Plant Signaling & Behavior*, 13 (5), e1477905 <https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1477905>
- Jenaru, F. M., & Viorel, I. (2024). Effects of different complex fertilizers and their application methods at sunflower. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67 (2), 263–268.

31. Koteva, V., & Marcheua, M. (2007). NPK-fertilization effect on drought overcome of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Field crop production. 44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture*. (P. 536–540).
32. Loose, L. H., Heldwein, A. B., Silva, J. R., Leonardi, M., Bortoluzzi, M. P., & Lucas, D. D. P. (2024). Sunflower root growth and distribution under varied water regimes in two edaphoclimatic conditions. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 6 (1), e65692. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.65692>
33. Qadir, A., Skakun, S., Becker-Reshef, I., Kussul, N., & Shelestov, A. (2024). Estimation of sunflower planted areas in Ukraine during full-scale Russian invasion: Insights from Sentinel-1 SAR data. *Science of Remote Sensing*, 10, 100139. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2024.100139>

ORCID

V. Kalambet 

<https://orcid.org/0009-0004-1430-6147>



2025 Kalambet V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine

N. Pysarenko¹ | M. Furdyha² | N. Zakharchuk² | V. Hordiienko²

Article info

Correspondence Author

N. Pysarenko

E-mail:

vs_potato@meta.ua

¹Polissia Research Department, Institute for Potato Research, NAAS, Tsentralna Str., 6, Fedorivka village, Korosten district, Zhytomyr region, 11699, Ukraine

²Institute for Potato Research NAAS, Yaroslava Mudroho Str., 22, Nemishaive, Bucha district, Kyiv region, 07853, Ukraine

Citation: Pysarenko, N., Furdyha, M., Zakharchuk, N., & Hordiienko, V. (2025). Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 87–95. doi: 10.31210/spi2025.28.02.14

Over the past decade, early blight caused by fungi of the genus *Alternaria* has remained the dominant potato disease in Ukraine. Its spread has been driven by climate change, particularly rising temperatures and moisture deficits during the growing season. To assess the resistance of potato varieties to early blight under abiotic stress conditions, 25 Ukrainian-bred potato varieties of different maturity groups were studied at the Polissia Research Department of the Institute for Potato Research, NAAS, during 2021–2024. The objective of the study was to determine the dynamics of early blight infection in potato varieties under changing climatic conditions in Polissia, Ukraine, to evaluate their resistance, and to identify varieties with high adaptability to the pathogen under varying moisture levels. The study employed field experiments, phytopathological assessment, and statistical data analysis. The studies conducted in 2021–2024 revealed a significant influence of hydrothermal conditions on disease development. Early-maturing varieties showed the highest levels of *Alternaria* spp. infection, with initial assessments ranging from 2.7 % to 19.5 %, increasing to 22.3–44.5 % by the third assessment. In medium-early varieties, infection ranged from 1.9%–12.2% at the first assessment stage and 17.0–37.3 % at the third. In medium-maturing varieties, the infection rates were 0.8–6.6 % and 11.5–31.7 %, respectively. The decrease in hydrothermal coefficient (HTC) from 0.87 to 0.32 resulted in increased pathogen infection levels in potato varieties, which was confirmed by negative correlation coefficients ($r = -0.951 \dots -0.999$). The resistance level of the varieties also depended on moisture availability: under severe drought conditions (HTC < 0.50), early-maturing varieties exhibited the lowest resistance (4.0 points), medium-early varieties slightly higher (score 4.7 points), and medium-maturing varieties the highest among all groups (5.2 points). The scientific novelty of the study lies in establishing the relationship between early blight infection severity and hydrothermal conditions of the growing season as well as the maturity group. Moreover, the study identified varieties with consistently high resistance to *Alternaria* spp., including Radomysl, Tyras, Nahoroda, Avanhard, Opillia, Partner, Mezhyrichka 11, Bazaliia, Lietana, Serpanok, Alians, and Ivankivska rannia. The obtained results can be applied in breeding programs aimed at developing new potato varieties with enhanced resistance to early blight under climate change conditions.

Keywords: potato, variety, maturity group, early blight, resistance, infection level, moisture availability.

Статус стійкості сортів картоплі до альтернаріозу в умовах змінного клімату Полісся України

Н. В. Писаренко¹ | М. М. Фурдига² | Н. А. Захарчук² | В. В. Гордієнко²

¹Поліське дослідне відділення Інституту картоплярства НААН, с. Федорівка, Житомирська обл., Україна

²Інститут картоплярства НААН, смт. Немішаєве, Київська обл., Україна

Впродовж останнього десятиліття альтернаріоз, спричинений грибами роду *Alternaria*, залишається домінуючою хворобою картоплі в Україні. Його поширення зумовлене кліматичними змінами, а саме підвищенням температури та дефіцитом вологи в період вегетації культури. Для оцінки стійкості сортів картоплі до альтернаріозу в умовах абіотичного стресу, в Поліському дослідному відділенні ІК НААН протягом 2021–2024 рр. було вивчено 25 сортів картоплі різних груп стиглості української селекції. Метою досліджень було визначення динаміки ураження сортів картоплі альтернаріозом в умовах змінного клімату Полісся України, оцінку їх резистентності та виділення сортів з високою адаптивністю до збудника за різних рівнів вологозабезпечення. Використано методи польового дослідження, фітопатологічної оцінки та статистичної обробки даних. У ході досліджень, проведених в 2021–2024 рр., встановлено суттєвий вплив гідротермічних умов на розвиток хвороби. Ранньостиглі сорти демонстрували найвищий рівень ураженості *Alternaria* spp. вже на першому обліку 2,7–19,5 %, який збільшився до 22,3–44,5 % на третьому обліку. У середньоранніх сортах діапазон уражень становив відповідно 1,9–12,2 % при першому та 17–37,3 % при третьому обліку, а в середньостиглих 0,8–6,6 % та 11,5–31,7 %. Зниження гідротермічного коефіцієнта (ГТК) від 0,87 до 0,32 призвело до зростання рівня ураженості патогеном сортів картоплі, що підтверджено від'ємними кореляційними зв'язками ($r = -0.951 \dots -0.999$). Рівень стійкості сортів також залежав від умов вологозабезпечення: за умов сильної посухи (ГТК < 0,50) ранньостиглі сорти демонстрували найнижчу стійкість (4 бала), середньоранні – дещо вищу (4,7 бала), середньостиглі – найвищу серед усіх груп стійкості (5,2 бала). Науковою новизною дослідження є встановлення залежності рівня ураження картоплі альтернаріозом від гідротермічних умов вегетаційного періоду та групи стиглості, а також виділення сортів з високою стабільною стійкістю до збудника *Alternaria* spp. (Радомисль, Тирас, Нагорода, Авангард, Опілля, Партнер, Межирічка 11, Базалія, Летана, Серпанок, Альянс та Іванківська рання). Отримані результати можуть бути використані в селекції для створення нових сортів із підвищеною стійкістю до альтернаріозу в умовах кліматичних змін.

Ключові слова: картопля, сорт, група стиглості, альтернаріоз, стійкість, рівень ураженості, вологозабезпеченість.

Бібліографічний опис для цитування: Писаренко Н. В., Фурдига М. М., Захарчук Н. А., Гордієнко В. В. Статус стійкості сортів картоплі до альтернаріозу в умовах змінного клімату Полісся України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 87–95.

Introduction

Global warming and the spread of plant pathogens cause annual losses of approximately 15 % of global crop yields, and this figure is expected to increase [1]. Fungi of the genus *Alternaria* spp. are cosmopolitan and widely distributed in natural environments and agroecosystems due to their ecological plasticity. They include saprophytic, endophytic, and phytopathogenic species capable of adapting to various environmental conditions [2]. Phytopathogenic representatives of this genus cause significant yield losses by infecting a wide range of agricultural crops, including potato [3]. Early blight affects both the above-ground parts and tubers of potato, which can lead to yield losses of up to 60 % [4]. The spread of the disease in potato is intensified by climate change, particularly rising temperatures and unstable moisture regimes [5]. According to research by Delgado-Baquerizo et al. [1], pathogenic fungi of the genus *Alternaria* spp. are more commonly found in tropical forests and arid regions, and their aggressiveness and prevalence increase under climate warming conditions. Early blight, caused by fungi of the genus *Alternaria* spp., is a polycyclic disease characterized by rapid pathogen accumulation under favorable conditions. This phytopathogen can infect plants across a wide range of climatic conditions and can cause significant crop damage without proper control [6, 7]. Considering global warming and the ability of *Alternaria* spp. fungi to adapt to high temperatures, increased aggressiveness of early blight is predicted in European countries and major potato-growing regions in the coming decades [8, 9]. The causal agents of early blight, namely *Alternaria solani* (early blight) and *Alternaria alternata* (brown spot), have long been considered major potato pathogens in growing regions across Europe [10–12], the United States [1, 14], China [15], Israel [16], South Africa [17], and Ukraine [18].

The limited number of potato varieties characterized by high resistance to early blight necessitates the use of fungicides in production as the primary means of controlling initial disease symptoms. However, recent studies indicate a gradual decline in fungicide effectiveness due to pathogen resistance development to major active ingredients [19, 20]. Given the growing role of potatoes in food security and the need to implement environmentally safe cultivation methods, the application of integrated plant protection strategies is an important aspect [21, 22]. The use of even partially resistant varieties combined with forecasting models based on meteorological parameters allow for reduced fungicide load requirements [4, 23]. The development of new approaches that consider evolutionary mechanisms of pathogen adaptation, as well as widespread implementation of non-mycotoxic control methods, is necessary to improve disease management system effectiveness [19, 21].

Thus, to minimize the risks of resistant *Alternaria* spp. strain spread and optimize fungicide protection, it is important to consider not only the quantity and frequency of treatments, but also the combination of plant genetic resistance with preventive and agrotechnical measures. In this context, the study on the resistance levels of modern potato varieties to early blight under the changing

climate conditions of Ukraine's Polissia region becomes particularly relevant.

The aim of the study

To determine the dynamics of potato varieties' infection by early blight across different maturity groups under the changing climatic conditions of the Polissia zone of Ukraine; to assess the levels of resistance and identify varieties with stable resistance to the pathogen under varying moisture availability.

Tasks of the study:

1. To evaluate the dynamics of *Alternaria* infection in potato varieties of different maturity groups depending on the year, assessment stage, and hydrothermal conditions.
2. To characterize the influence of weather factors during the study years on the severity of *Alternaria* infection.
3. To identify variations in variety resistance to *Alternaria* depending on the level of moisture availability.
4. To select potato varieties with stable resistance to *Alternaria*, regardless of weather conditions.
5. To describe general trends in resistance of potato varieties of different maturity groups to *Alternaria* in relation to hydrothermal coefficient (HTC) levels during 2021–2024.

Materials and methods

The study was conducted under field conditions in the natural background of the Potato Breeding and Seed Production Laboratory of the Polissia Research Department of the Institute for Potato Research, NAAS, during 2021–2024.

The subject of the study were potato varieties bred by the Institute for Potato Research, the Polissia Research Department of the Institute for Potato Research, and PJSC Scientific and Production Association "Chernihiv Elite Potato" (Naukovo-Vyrobnyche obiednannia "Chernihivelitkartoplia"), representing different maturity groups: early – Tyras, Radomysl, Vzirets, Slavuta, medium-early – Levada, Partner, Mezhyrichka 11, Avanhard, Nahoroda, Opillia, Svitana, Fanatka, medium-maturing – Yavir, Lietana, Chervona ruta, Oleksandryt, Bazaliia, Ivankivska rannia, Alians, Charunka, Zhytnytsia, Myroslava, Rostavytsia, Sontsedar.

The experimental field soils are sod-podzolic sandy soils, typical of Central Polissia in Ukraine. They are characterized by low humus content (up to 0.8 %), acidic soil solution reaction (pH of salt extract 4.0–4.6), and low base saturation (less than 50 %). Soil granulometric composition: 93–96 % sandy fraction and 5–6.4 % clay fraction, resulting in a structureless soil mass and low water retention capacity (up to 21 %).

The assessment of the degree of potato variety infection with early blight during the vegetation period was conducted in field crop rotation, applying the generally accepted system of agrotechnical measures for the conditions of Ukraine's Polissia region according to scientific and practical recommendations of the Institute for Potato Research, NAAS [24]. For the objective

determination of plant infection levels during the budding–early tuber formation phase, fungicide treatments were not applied. Assessment of plant infection by the *Alternaria* pathogen was conducted three times during the vegetation period: the first assessment stage during the budding phase, subsequent ones at 7–10 day intervals. Disease symptom manifestation and dynamics of infection expansion on the leaf surface were recorded. Potato variety resistance was determined by the area of infected leaf surface using a 9-point scale according to the “Methodology for evaluating potato breeding materials for resistance to major pests and pathogens” (ed. S. O. Trybel and A. A. Bondarchuk, 2013) [25]: high resistance (9–8 points) – less than 5 % of leaf surface infected; resistant (7–6 points) – 5–25 %; moderate resistance (5–4 points) – 26–50 %; susceptible (3–2 points) – 51–75 %; low resistance (1 point) – over 75 % of infected surface.

The hydrothermal coefficient (HTC) was determined based on ten-day precipitation sums (mm) for the period with mean daily air temperatures above +10 °C and the sum of mean daily air temperatures above +10 °C. Initial meteorological data was obtained from the meteorological station of the Polissia Research Department of the Institute for Potato Research, NAAS. The mean HTC value for the period from planting to each assessment stage was determined by summing ten-day values and dividing by the number of ten-day periods: first assessment stage – for the period from the first ten-day period of May to the first ten-day period of July (7 ten-day periods); second assessment stage – from the first ten-day period of May to the second ten-day period of July (8 ten-day periods); third assessment stage – from the first ten-day period of May to the third ten-day period of July (9 ten-day periods). HTC values for the years of the study are presented in *Table 1*.

Data processing was performed using statistical methods with the "Data Analysis" package in Microsoft Excel. Mean values, minimum and maximum values, coefficient of variation, correlation, and predictive values were calculated.

Table 2

Percentage of above-ground mass infection in potato varieties by *Alternaria* depending on maturity group, year, and assessment, 2021–2024

Values	2021			2022			2023			2024		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Early												
Mean	2.7	10.7	25	4	7.7	22.3	5.4	20.3	44.5	19.5	32.5	43.8
min	2.0	4.0	15	1	3.0	10.0	2.5	6.0	13.0	15.0	25.0	30.0
max	4.0	18.0	35	10	15.0	30.0	10.0	40.0	65.0	25.0	35.0	55.0
V	58	66	40	52	84	48	64	71	57	22	15	25
r	-0.982			0.238			-0.481			-0.999		
Medium-early												
Mean	1.9	11.7	23.8	2.3	6.7	19.7	1.9	6.6	17	12.2	19.2	37.3
min	1	6	15	0	3	12	1	4	9	0	5	34
max	3.5	20	33	5	15	30	5	10	25	25	30	45
V	54	49	36	84	65	33	85	37	42	88	58	12
r	-0.958			0.290			-0.411			-0.951		
Medium-maturing												
Mean	1.2	9.1	23	1.3	3.9	11.5	0.8	4.9	17.7	6.6	16.4	31.7
min	0.0	3.0	10	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	5.0	0.0	7.0	20.0
max	3.0	20.0	33	5.0	10.0	25.0	5.0	10.0	45.0	12.0	25.0	40.0
V	95	69	40	140	85	60	194	54	67	81	42	22
r	-0.981			0.292			-0.343			-0.982		

Notes: I – first assessment; II – second assessment; III – third assessment; V – coefficient of variation; r – correlation.

Table 1

Dynamics of hydrothermal coefficient (HTC) during assessment periods in 2021–2024

Decades	Years			
	2021	2022	2023	2024
May I	0.3	0.5	0.01	0.01
May II	1.1	0.3	0.01	0.01
May III	1.6	2.2	0.2	0.15
June I	1.7	0.3	0.8	0.7
June II	0.2	0.2	1.2	1.6
June III	0.5	2	0.7	0.01
July I	0.7	1.1	0.6	0.3
July II	0.7	2.9	0.15	0.01
July III	0.01	0.1	0.6	0.05

Results and discussion

Dynamics of Alternaria infection in potato varieties of different maturity groups depending on the year, assessment stage, and hydrothermal conditions. During the 2021–2024 seasons, the degree of *Alternaria* infection of above-ground mass (leaves) in potato varieties of different maturity groups was assessed across three evaluations. In the early variety group in 2021, *Alternaria* infection increased 9.3-fold from the first to the third assessment. In 2022, this value increased 5.6-fold, in 2023 – 8.2-fold, and in 2024 – only 2.3-fold, indicating different dynamics of *Alternaria* infection depending on weather conditions. It is important to note that in 2024, despite the smallest increase in infection percentage between assessments, all three assessments demonstrated high infection rates. The obtained results are consistent with data from Leiminger and Hausladen [26], who found that early-maturing potato varieties are more susceptible to *Alternaria*, and disease development intensity in them is significantly higher compared to medium- and late-maturing varieties. The coefficient of variation (V) during the years of the study ranged from 15 % to 84 %, indicating significant variability of infection within the group. The correlation between mean infection and HTC was negative and significant in 2021 and 2024 ($r = -0.982$ and $r = -0.999$), while in 2023 it was negative and moderate, confirming the substantial influence of hydrothermal conditions on the degree of phytopathogen infection: decreased HTC values led to increased *Alternaria* infection levels (*Table 2*).

Medium-early varieties. The level of *Alternaria* infection among varieties of this maturity group increased 12.5-fold in 2021, 8.6-fold in 2022, 8.9-fold in 2023, and 3.1-fold in 2024. As with early varieties, the highest percentage of *Alternaria* infection was observed in 2024 across all assessments. High levels of variation (V from 12 % to 88 %) in individual years indicate different varieties' resistance to the phytopathogen. Research by Meno et al. [4] confirms that individual varieties in the medium-early group achieved high *Alternaria* infection severity rates. However, considering the periods of disease manifestation, infection intensity in them proved to be lower than in early-maturing varieties. The correlation between mean disease infection rate and HTC was negative and significant in 2021 and 2024 ($r = -0.982$ and $r = -0.999$), while in 2023 it was moderately negative.

Medium-maturing varieties. Medium-maturing varieties demonstrate the lowest disease infection values at the first assessment stage among other maturity groups during the years of the study, but the increase in disease infection percentage by the third assessment stage was significant: in 2021 – 19.2-fold, in 2022 – 8.9-fold, in 2023 – 22.1-fold, in 2024 – 4.8-fold. High levels of variation (V from 22 % to 194 %) confirm uneven disease infection within the group, which is supported by research results from Xue et al. [23], indicating the presence of individual varieties in the middle-late group with high susceptibility to *Alternaria*. The strongest negative correlation with HTC was observed in 2021 and 2024 ($r = -0.981$ and $r = -0.982$), while in 2023 the correlation was negative and moderate.

Analysis of the coefficient of variation by maturity groups indicates that the greatest variability in *Alternaria* infection among varieties was observed in the medium-maturing group (V up to 194 %). Meanwhile, in early-maturing and medium-early genotypes, this value did not exceed 84 % and 88 % respectively, indicating significant unevenness of disease infection among varieties.

The obtained results are consistent with research by other scientists, who indicate that infection of potato varieties by the *Alternaria* pathogen depends both on their level of genetic resistance to the pathogen and on weather conditions that influence disease development [11, 27].

Influence of temperature regime and precipitation on Alternaria development. Analysis of the influence of hydrothermal conditions on the dynamics of *Alternaria* infection in potato varieties, presented in [Table 2](#), revealed significant variability in infection degree depending on weather conditions and variety maturity groups. For an in-depth study of this relationship and the development of a predictive model, additional analysis was conducted. Considering that *Alternaria* development is closely related to temperature regime and precipitation amounts during critical periods, it was decided to focus on the influence of mean monthly temperatures and precipitation in June and July. To ensure data comparability and obtain more stable results, only those varieties that were studied throughout the entire 2021–2024 period were selected for further analysis. This allowed minimizing the influence of short-term factors and focusing on general trends. The results of this analysis are presented in [Table 3](#).

Table 3

Analysis of actual and predicted *Alternaria* infection in potato varieties considering weather factors in 2021–2024 seasons

Years	X1	X2	X4	X5	Y ϕ	Y π	Y ϕ –Y π
2021	20.6	25.1	20.3	15.7	11.5	12.35	-0.85
2022	21.3	20.3	19.1	25.3	10	9.87	0.13
2023	18.8	21.2	15.4	10.8	12.6	11.02	1.58
2024	20.4	24.2	15.5	4	24.3	23.96	0.34
R ²							0.971

Notes: X1 – mean monthly temperature in June, °C; X2 – mean monthly temperature in July, °C; X4 – mean monthly precipitation in June, mm; X5 – mean monthly precipitation in July, mm; Y ϕ – actual mean value of *Alternaria* infection degree, %; Y π – predicted mean value of infection degree, %; Y ϕ – Y π – deviation between actual and predicted values; R² – model coefficient of determination.

According to the data in [Table 3](#), the highest level of predicted *Alternaria* infection in plants was observed in 2021 and 2024, which coincided with sharp temperature increases from June through July (by 4.5 °C in 2021 and by 3.8 °C in 2024) and significant decreases in precipitation from June through August (by 4.6 mm in 2021 and by 11.1 mm in 2024). Such conditions lead to rapid soil drying, plant weakening, and premature leaf senescence, which increases their susceptibility to *Alternaria*. In 2023, the predicted increase level was lower than in 2024, which can be explained by less pronounced temperature increase from June through July (+2.4 °C) with simultaneous significant precipitation decrease (–4.6 mm). This confirms that sharp temperature increases combined with moisture deficit are key factors promoting intensive *Alternaria* development. In contrast, in 2022 the predicted infection level was the lowest (9.87 %), which was associated with a smaller difference between mean monthly temperatures in June and July (only +1 °C) and significant precipitation levels in July (25.3 mm), which even exceeded the June indicator (19.1 mm). Such temperature regime stability combined with adequate moisture levels contributed to reduced plant stress and, consequently, fewer *Alternaria* infections. Thus, the analysis confirms that sharp temperature increases in July combined with decreased precipitation levels create favourable conditions for *Alternaria* development, while stable temperatures and adequate moisture can significantly reduce infection risk.

As shown in the analysis of [Table 3](#), the developed model demonstrated high predictive accuracy, which is confirmed by the coefficient of determination (R² = 0.971). This indicates that the selected meteorological indicators almost fully explain the variation in the degree of *Alternaria* infection. Minor deviations between the actual and predicted values may be attributed to additional influencing factors such as microclimatic conditions [28, 29], soil type [30], varietal characteristics [11, 23], as well as the age structure of the leaf canopy [31] and morphological features of the tubers [27], among others.

Analysis of variability in varietal resistance by maturity group across assessment periods and years of the study. The dynamics of resistance expression in potato varieties of different maturity groups during 2021–2024 and across assessment periods are presented in [Table 4](#).

Early varieties. Among the early varieties' group, the

highest mean resistance value was recorded at the first assessment stage in 2021, which was conducted during the budding stage, indicating relative resistance at this stage of development. However, in 2024, this value decreased by 1.7 points. Radomysl variety demonstrated the highest resistance during this period. At the second assessment stage, the maximum mean resistance score was recorded in 2022, again with

Radomysl as the leading variety. However, a decline of 2 points was observed in 2024, indicating increased *Alternaria* infection pressure. At the third assessment stage, the highest mean resistance score was noted in 2021, with Radomysl again showing the best performance. The lowest resistance values were recorded in 2023–2024, with Tyras being the leading variety in 2023 and Radomysl in 2024.

Table 4
Dynamics of resistance of potato varieties of different maturity groups to *Alternaria* during the 2021–2024 period

Varieties	2021			2022			2023			2024		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Early												
Vsirets	8	8	5	7	7	5	7	6	2	6	5	3
Tyras	8	7	7	8	7	5	8	7	7	6	5	4
Radomysl	8	6	6	8	8	7	8	7	5	7	6	5
Slauta	-	-	-	-	-	-	7	4	2	6	5	4
Mean($\bar{X}$)	8	7	6	7.7	7.3	5.7	7.5	6	4	6.3	5.3	4
Medium-early												
Levada	8	6	5	7	6	5	-	-	-	-	-	-
Partner	8	7	5	8	7	6	8	7	6	6	5	5
Mezhyrichka 11	8	7	7	8	7	7	7	7	6	6	5	5
Avanhard	8	7	6	8	7	6	8	7	6	8	7	4
Nahoroda	8	7	6	9	8	6	8	8	7	-	-	-
Opillia	-	-	-	8	8	7	8	7	7	9	8	5
Svitana	-	-	-	-	-	-	8	7	6	6	5	4
Fanatka	-	-	-	-	-	-	8	7	7	8	7	5
Mean($\bar{X}$)	8	6.8	5.8	8	7.2	6.2	7.9	7.1	6.4	7.2	6.2	4.7
Medium-maturing												
Yavir	8	6	4	9	7	7	-	-	-	-	-	-
Lietana	8	7	5	8	8	7	8	7	7	7	6	5
Chervona ruta	8	7	6	9	8	8	-	-	-	-	-	-
Oleksandryt	8	7	7	-	-	-	7	7	6	-	-	-
Serpanok	8	7	6	8	8	4	8	7	6	7	7	6
Bazaliia	9	8	7	8	8	7	9	8	7	7	6	5
Ivankiv. rannia	9	8	5	7	7	6	8	8	5	7	5	4
Alians	8	7	5	8	7	7	9	7	4	9	7	5
Charunka	-	-	-	9	9	7	8	8	6	-	-	-
Zhytnytsia	-	-	-	-	-	-	9	9	7	7	6	6
Myroslava	-	-	-	-	-	-	9	7	7	7	6	5
Rostavytsia	-	-	-	-	-	-	9	7	6	9	7	6
Sontsedar	-	-	-	-	-	-	9	8	7	7	6	5
Mean($\bar{X}$)	8.3	7.1	5.6	8.3	7.8	6.6	8.5	7.6	6.2	7.4	6.2	5.2

Medium-early varieties. Unlike early varieties, this group demonstrated greater stability of resistance at the first assessment stage throughout 2021–2024. The highest mean resistance value was recorded in 2021 and 2022, while the decrease in 2024 was only 0.8 points. It is important to note that in 2022 Nahoroda variety, and in 2024 Opillia variety, showed no signs of above-ground mass infection by the pathogen. At the second assessment stage, the maximum mean resistance value was observed in 2022, where varieties Nahoroda and Opillia showed high resistance. The minimum mean resistance value was observed in 2024, but the decrease was only 1 point. During this period, Opillia variety demonstrated high resistance. At the third assessment stage, the maximum mean resistance value was recorded in 2023, where the highest points were obtained by varieties Nahoroda, Opillia, and Fanatka. The minimum resistance value was observed in 2024, with a decrease of 1.7 points.

Medium-maturing varieties. Medium-maturing varieties demonstrated the highest mean resistance score at the first assessment stage throughout 2021–2024 compared to early and medium-early groups. Maximum resistance in this group was recorded in 2023, when varieties Bazaliia,

Alians, Zhytnytsia, Myroslava, Rostavytsia, and Sontsedar showed no signs of leaf infection by *Alternaria*. The minimum mean resistance value was observed in 2024 (7.4 points), however varieties Alians and Rostavytsia demonstrated the highest points during this period. At the second assessment stage, the maximum mean resistance score was observed in 2022, where Charunka variety showed maximum resistance. The minimum resistance level was recorded in 2024, however varieties Serpanok, Alians, and Rostavytsia demonstrated high points. At the third assessment stage, the maximum mean resistance value was observed in 2022, where Chervona ruta variety showed high resistance. The minimum mean resistance score was observed in 2024, however varieties Serpanok, Zhytnytsia, and Rostavytsia demonstrated high points during this period.

Assessment of potato variety resistance to Alternaria depending on HTC. Analysis of the response of *early potato varieties* to moisture levels during 2021–2024 was established through analysis of *Alternaria* resistance dynamics (by mean score) in relation to changes in mean HTC values (averaged across three assessment stages) (**Fig. 1**). The most stable variety in terms

of resistance throughout the research years was Radomysl, which maintained a relatively high resistance level even in drought years. Tyras variety also

demonstrated relative resistance, however under the most severe drought conditions in 2024, its resistance decreased by 2.3 points.

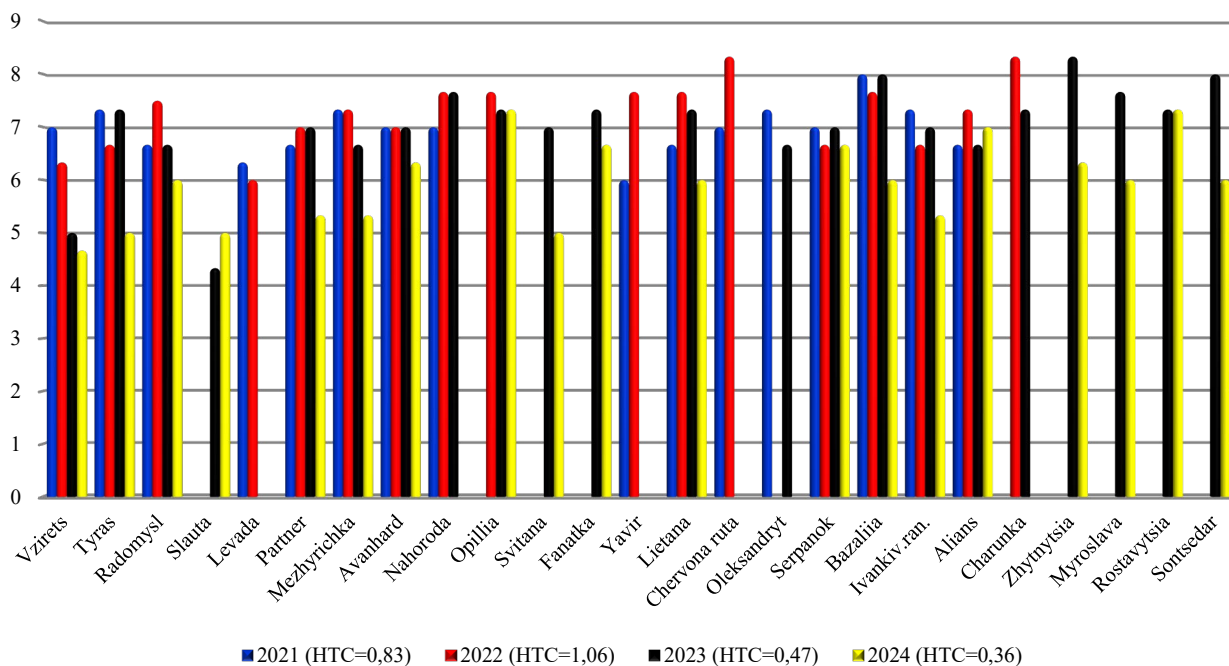


Fig. 1. Mean resistance score of potato varieties to *Alternaria* depending on variable moisture levels (HTC, mean of three assessment stages) in 2021–2024

The most pronounced decrease in mean resistance score under abiotic stress conditions was recorded in Vzirets variety, where the difference between values in the year with mild drought (2021) and the most drought period (2024) exceeded 2.3 points. Slauta, according to two-year data, demonstrates moderate resistance under drought conditions, which may indicate its increased sensitivity to moisture deficit. Analyzing the data, it can be concluded that among early potato varieties there is significant variability in drought response. Radomysl proved to be the most resistant, while varieties Vzirets and Slauta showed greater sensitivity to moisture deficit. Tyras variety demonstrates relative resistance, with score fluctuations depending on hydrothermal conditions. Overall, there is a trend toward decreased resistance levels in early-maturing varieties during years with low HTC, confirming the significant influence of drought on *Alternaria* manifestations.

Among the *medium-early potato* varieties, variability in resistance response to *Alternaria* under different hydrothermal conditions was also observed. Nahoroda variety exhibited the most stable mean resistance value during 2021–2024, consistently showing high resistance values regardless of HTC. Avanhard variety also showed high resistance overall; however, under conditions of severe drought (HTC = 0.36) in 2024, its mean resistance score decreased by 0.7 points. Varieties Mezhyrichka 11 and Partner remained stable in years with sufficient moisture (HTC > 1.0), but during drought periods (HTC < 0.5), their resistance values dropped by 2.0 and 1.7 points, respectively. Svitana variety was particularly sensitive to moisture deficit, showing a 2-point drop in resistance under extreme drought (HTC = 0.36). Fanatka variety demonstrated a similar tendency toward reduced

resistance under abiotic stress; however, its score decreased by only 0.6 points. It is important to note that this variety maintained relatively high resistance even under moderate and severe drought conditions (HTC 0.47–0.36), remaining within the corresponding gradation. Based on the analysis of the data, it can be concluded that Nahoroda variety is the most resistant to *Alternaria* among the medium-early varieties, regardless of hydrothermal conditions. Avanhard, Fanatka, and Opillia showed relative drought resistance, while Mezhyrichka 11, Partner, and Svitana appeared more sensitive to moisture deficit. *Medium-maturing varieties.* Among these, Bazaliia demonstrated the most stable resistance throughout the study period, maintaining a high resistance level regardless of hydrothermal conditions. A decline of 2 points was observed only under severe drought in 2024. Lietana, Serpanok, and Alians also exhibited relative resistance; however, under extreme drought in 2024, their resistance decreased by 1.7, 0.3, and 0.3 points, respectively. Yavir and Chervona ruta, evaluated in 2021 under mild drought conditions (HTC = 0.83), demonstrated relatively high resistance to *Alternaria*. In 2022 (HTC=1.06) under adequate moisture conditions, increased resistance of 1.7 and 1.3 points respectively, was observed. Specifically, Chervona ruta demonstrated the highest resistance in 2022 (8.3 points), indicating its high adaptability to adequate moisture conditions. However, their resistance was not evaluated under severe and very severe drought conditions (2023, 2024), which prevents conclusions regarding their resistance under such conditions. Oleksandryt, evaluated in 2021 (HTC=0.83) and 2023 (HTC=0.47), demonstrated high resistance to *Alternaria* under mild and severe drought conditions, respectively. A decrease in mean

resistance score of 0.6 points was observed from 2021 to 2023. However, its resistance was not evaluated under adequate moisture conditions (2022), which prevents conclusions regarding its resistance under such conditions. Varieties Ivankivska rannia, Zhytnytsia, Myroslava, Rostavytsia, and Sontsedar demonstrated high and relatively high resistance under severe and very severe drought conditions (2023, 2024), however their resistance was not evaluated under adequate moisture conditions (2022). Analyzing the data, it can be concluded that among medium-maturing potato varieties, there is significant variability in drought response. Bazaliia proved to be the most stable, while Ivankivska rannia, Lietana, Serpanok, and Alians showed greater sensitivity to moisture deficit. Yavir and Chervona ruta require further study under different moisture levels to assess their stability. Oleksandryt, Zhytnytsia, Myroslava, Rostavytsia, and Sontsedar require further study under adequate moisture conditions. Overall, there is a trend toward decreased resistance levels in medium-

maturing varieties during years with low HTC, which may indicate significant drought influence on *Alternaria* manifestation.

Trends in potato variety resistance to Alternaria depending on moisture level (HTC). **Table 5** presents the average resistance score of potato varieties of different maturity groups based on three assessment stages in 2021–2024 in relation to the hydrothermal coefficient (HTC). The obtained data confirm the influence of moisture level on resistance to *Alternaria*. Specifically, in years with lower HTC (2023, 2024), a decrease in the average resistance score was observed in all maturity groups, particularly in the third assessment stage, indicating increased disease manifestation under moisture deficit conditions. In seasons more favorable for moisture (2021, 2022), varieties demonstrated higher resistance, which is confirmed by weaker dynamics of value decline between assessment stages.

Table 5
Dynamics of potato variety resistance of different maturity groups to *Alternaria* depending on moisture level (HTC) in 2021–2024

Maturity group	Year	I assessment		II assessment		III assessment		r
		HTC	$\bar{X}$	HTC	$\bar{X}$	HTC	$\bar{X}$	
Early	2021	0.87	8.0	0.85	7.0	0.76	6.0	0.939
Medium-early			8.0		6.8		5.8	0.919
Medium-maturing			8.3		7.1		5.6	0.959
Early	2022	0.94	7.7	1.18	7.3	1.07	5.7	-0.236
Medium-early			8.0		7.2		6.2	-0.486
Medium-maturing			8.3		7.8		6.6	-0.332
Early	2023	0.5	7.5	0.45	6.0	0.47	4.0	0.528
Medium-early			7.9		7.1		6.4	0.627
Medium-maturing			8.5		7.6		6.2	0.491
Early	2024	0.41	6.3	0.36	5.3	0.32	4.0	0.990
Medium-early			7.2		6.2		4.7	0.984
Medium-maturing			7.4		6.2		5.2	0.999

However, additional aspects of the moisture regime influence on *Alternaria* development should be considered. Research by Meno et al. (2019) [29] confirms that disease development is possible not only under sufficient moisture conditions, but also during prolonged interruptions of wet periods. Under field conditions, restoration of wet periods is possible during nighttime and early morning hours (due to dew formation), which should also be considered when assessing disease risks. Scientists Everts and Lacy [32], Vloutoglou and Kalogerakis [33], Van der Waals et al. [34] note that conidia of *Alternaria spp.* fungi, despite reduced humidity, can sporulate under the influence of short wet periods alternating with dry intervals throughout the day. This confirms the necessity of considering such periods as markers for fungicide application against *Alternaria*. Along with moisture level, temperature conditions have a significant impact on early *Alternaria* development. Research by Holley et al. [35] and Ganie et al. [36] confirms that alongside genotype, growing conditions seriously affect disease development, with temperature having the greatest impact rather than relative humidity or precipitation. This is consistent with our correlation analyses: correlation relationships between average resistance score and HTC are high and significant in 2021

and 2024, indicating a direct influence of hydrothermal conditions on variety resistance. In 2023, correlation coefficients were moderately positive, which may be attributed to specific weather conditions and varietal characteristics. In 2022, correlation was the weakest, which is likely related to other factors that influenced variety resistance during this period. These results emphasize the necessity for further research on the impact of short-term changes in humidity and temperature regime on *Alternaria* development under field conditions. This will allow for improved predictive models and the development of more effective approaches to breeding resistant potato varieties and plant protection systems.

Conclusions

The results of the studies conducted in 2021–2024 established a significant influence of hydrothermal conditions on the dynamics of potato variety infection by *Alternaria* under the changing climate conditions of the Polissia region of Ukraine.

1. Dynamics of potato variety infection by *Alternaria spp.* pathogen. Early-maturing varieties are characterized by the highest average level of phytopathogen infection already at the first assessment stage

(2.7–19.5 %), indicating their increased susceptibility to the disease. They demonstrate a smaller multiple increase in infection percentage by the third assessment stage, however, the overall infection level remains the highest (22.3–44.5 %) among other maturity groups. Medium-early varieties were characterized by a smaller proportion of potato genotype infection degree (1.9–12.2 % at the first assessment stage) and less decline in resistance by the third assessment stage (17–37.3 %) compared to early forms, indicating their relative tolerance to *Alternaria* spp. pathogen. Medium-maturing varieties showed the lowest infection level at the first assessment stage (0.8–6.6 %), however, they demonstrated a significant increase by the third assessment stage (11.5–31.7 %), which may indicate their tolerance at early development stages with subsequent active manifestation of disease symptoms. However, the overall infection level of medium-maturing varieties remains lower than in early-maturing ones, indicating their relatively higher resistance.

2. Impact of weather conditions on *Alternaria* development. It was established that during drought periods with reduced HTC values from 0.87 to 0.32, a significant increase in the level of potato variety infection by the phytopathogen is observed, which is confirmed by high negative correlations ($r = -0.951...-0.999$) and moderately negative correlations ($r = -0.343...-0.488$). In 2022, which was favorable for plant development ($HTC > 1.0$), the average infection level was lower, which is explained by less favourable conditions for pathogen development, and correlations were weak ($r = 0.236-0.486$).

3. Analysis of potato variety resistance level to *Alternaria* showed its variability depending on maturity group and hydrothermal conditions. At the first assessment stage, the highest resistance level (8.0–8.5 points) was observed in 2021–2023, with a gradual decline to 6.3–7.4 points in 2024 ($HTC\ 0.87-0.41$). At the second assessment stage, resistance decline was also observed under drought conditions (2023, 2024), however less pronounced than at the third assessment, with fluctuations from 7.0–7.8 points under favourable conditions (2021–2022) to 5.3–6.2 points under drought (2024). At the third assessment stage, significant resistance decline was noted in all groups: from 6.0–6.6 points under favourable conditions (2021–2023) to 4.0–5.2 points under severe drought (2024).

4. Identification of varieties with stable resistance. Early varieties: Radomysl, Tyras are resistant under sufficient moisture and moderate drought conditions, however, Tyras showed a decline in resistance to moderate level in the drought year. Medium-early varieties: Nahoroda, Avanhard, Opillia, Partner, Mezhyrichka 11 – demonstrate stable resistance, although under significant moisture deficit moderate decline in resistance is noted. Medium-maturing varieties: Bazaliia, Lietana, Serpanok, Alians, Ivankivska rannia – have high stable resistance, with insignificant decline in resistance even in drought years.

5. The general trend of potato variety resistance dependence to *Alternaria* on moisture level is confirmed by high correlations, especially in 2024

($r > 0.999...0.990$), indicating the influence of HTC on the manifestation of potato variety resistance to *Alternaria*. Drought conditions ($HTC < 0.50$) promote enhanced *Alternaria* development, with early-maturing varieties demonstrating the lowest resistance level (4 points) to the phytopathogen. Medium-early varieties show intermediate values (4.7 points) in resistance between early and medium-maturing varieties (5.2 points). Medium-maturing varieties showed relatively greater stability in resistance, although they also demonstrated a decline in resistance at low HTC values.

Future research prospects are seen in expanding the temporal horizon of observations to study the dynamics of potato variety resistance to *Alternaria* under various climatic scenarios. Research on the impact of stress factor combinations, such as drought and high temperatures with uneven precipitation patterns, on the resistance of new promising hybrids and potato varieties is promising. Further research may be directed toward studying the influence of different agrotechnical approaches on the manifestation of potato variety resistance to *Alternaria* under the changing climate conditions of Central Polissya of Ukraine, which will allow for the development of adaptive potato cultivation strategies in this region.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

1. Delgado-Baquerizo, M., Guerra, C. A., Cano-Díaz, C., Egidi, E., Wang, J.-T., Eisenhauer, N., Singh, B. K., & Maestre, F. T. (2020). The proportion of soil-borne pathogens increases with warming at the global scale. *Nature Climate Change*, 10 (6), 550–554. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0759-3>
2. Da Cruz Cabral, L., Rodríguez, A., Delgado, J., & Patriarca, A. (2019). Understanding the effect of postharvest tomato temperatures on two toxigenic *Alternaria* spp. strains: Growth, mycotoxins and cell-wall integrity-related gene expression. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100 (1), 123–130. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9950>
3. Schmey, T., Tominello-Ramirez, C. S., Brune, C., & Stam, R. (2024). *Alternaria* diseases on potato and tomato. *Molecular Plant Pathology*, 25(3), e13435. <https://doi.org/10.1111/mpp.13435>
4. Meno, L., Escuredo, O., Rodríguez-Flores, M. S., & Seijo, M. C. (2021). Looking for a sustainable potato crop: Field assessment of early blight management. *Agricultural and Forest Meteorology*, 308–309, 108617. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108617>
5. Escuredo, O., Seijo-Rodríguez, A., Meno, L., & Abellán, M. R. (2019). Seasonal dynamics of *Alternaria* during the potato growing cycle and the influence of weather on the early blight disease in North-West Spain. *American Journal of Potato Research*, 96 (4), 532–540. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09739-2>
6. Singh, V., Shrivastava, A., Jadon, S., Wahi, N., Singh, A., & Sharma, N. (2015). *Alternaria* diseases of vegetable crops and its management control to reduce the low production. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7, 834–840.
7. Campos, H., & Ortiz, O. (Eds.). (2020). *The Potato Crop*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>
8. Kasprzyk, I., Rodinkova, V., Šaulienė, I., Rybniček, O., Thibaudon, M., Chłopek, K., Ščevková, J., Stach, A., Jędrzycka, M., Skjøth, C. A., Kennedy, R., Magyar, D., Pálfi, X., Satchwell, J., & Myszkowska, D. (2015). Air pollution by allergenic spores of the genus *Alternaria* in the air of central and eastern Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 9260–9274. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-4070-6>

9. Skjoth, C. A., Damialis, A., Belmonte, J., De Linares, C., Fernández-Rodríguez, S., Grinn-Gofroń, A., Jędryczka, M., Kasprzyk, I., Magyar, D., Myszkowska, D., Oliver, G., Páldy, A., Pashley, C. H., Rasmussen, K., Satchwell, J., Thibaudon, M., Tormo-Molina, R., Vokou, D., Ziemianin, M., & Werner, M. (2016). *Alternaria* spores in the air across Europe: abundance, seasonality and relationships with climate, meteorology and local environment. *Aerobiologia*, 32 (1), 3–22. <https://doi.org/10.1007/s10453-016-9426-6>
10. Vandecasteele, M., Landschoot, S., Carretti, J., Verwaeren, J., Höfte, M., Audenaert, K., & Haesaert, G. (2018). Species prevalence and disease progression studies reveal seasonal fluctuations in the *Alternaria* population on potato. *Plant Pathology*, 67 (2), 327–336. <https://doi.org/10.1111/ppa.12734>
11. Abuley, I. K., Nielsen, B. J., & Labouriau, R. (2017). Resistance status of cultivated potatoes to early blight (*Alternaria solani*) in Denmark. *Plant Pathology*, 67 (2), 315–326. <https://doi.org/10.1111/ppa.12744>
12. Edin, E., Liljeroth, E., Andersson, B. (2019). Long term field sampling in Sweden reveal a shift in occurrence of cytochrome b genotype and amino acid substitution F129L in *Alternaria solani*, together with a high incidence of the G143A substitution in *Alternaria alternata*. *European Journal of Plant Pathology*, 155, 627–641. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01798-9>
13. Tymon, L. S., Cummings, T. F., & Johnson, D. A. (2016). Identification and aggressiveness of three *Alternaria* spp. on potato foliage in the US Northwest. *Plant Disease*, 100 (4), 797–801. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-15-0942-RE>
14. Ding, S., Meinholz, K., Cleveland, K., Jordan, S. A., & Gevens, A. J. (2018). Diversity and virulence of *Alternaria* spp. causing potato early blight and brown spot in Wisconsin. *Phytopathology*, 109 (4), 436–445. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-18-0181-R>
15. Zheng, H. H., Zhao, J., Wang, T. Y., & Wu, X. H. (2016). Characterization of *Alternaria* species associated with potato foliar disease in China. *Plant Pathology*, 64 (3), 425–433. <https://doi.org/10.1111/ppa.12274>
16. Drobny, S. (1984). Pathogenicity of *Alternaria alternata* on Potato in Israel. *Phytopathology*, 74 (5), 537. <https://doi.org/10.1094/phyto-74-537>
17. Dube, J. P., Truter, M., & van der Waals, J. E. (2014). First report of resistance to QoI fungicides in *Alternaria alternata* isolates from potato in South Africa. *Plant Disease*, 98 (10), 1431. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-14-0225-PDN>
18. Polozhenets, V. M., Nemeritska, L. V., Zhuravska, I. A., & Fedorchuk, S. V. (2014). Biologichni osoblyvosti zbudnyka alternariozu plodiv ta obgruntuvannya zakhodiv zakhystu v umovakh Polissia Ukrainy. *Agropromyslove Vyrobnystvo Polissia*, 7, 52–55. [in Ukrainian]
19. Einspanier, S., Susanto, T., Metz, N., Wolters, P. J., Vleeshouwers, V. G. A. A., Lankinen, Å., Liljeroth, E., Landschoot, S., Ivanović, Ž., Hükelhoven, R., Hausladen, H., & Stam, R. (2022). Whole-genome sequencing elucidates the species-wide diversity and evolution of fungicide resistance in the early blight pathogen *Alternaria solani*. *Evolutionary Applications*, 15 (10), 1605–1620. <https://doi.org/10.1111/eva.13350>
20. Odilbekov, F., Edin, E., Mostafanezhad, H., Coolman, H., Grenville-Briggs, L. J., & Liljeroth, E. (2019). Within-season changes in *Alternaria solani* populations in potato in response to fungicide application strategies. *European Journal of Plant Pathology*, 155, 953–965. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01826-8>
21. Meno, L., Abuley, I., Seijo, M. C., & Escuredo, O. (2024). Management Strategies for Early Blight in Potatoes: Assessment of the TOMCAST Model, Including the Aerobiological Risk Level and Critical Phenological Period. *Agriculture*, 14 (8), 1414. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081414>
22. Devaux, A., Goffart, J. P., Kromann, P., Andrade-Piedra, J. L., Polar, V., Hareau, G., & Thiele, G. (2021). The potato of the future: Opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. *Potato Research*, 64, 681–720. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09501-4>
23. Xue, W., Haynes, K. G., & Qu, X. (2019). Characterization of early blight resistance in potato cultivars. *Plant Disease*, 103 (2), 317–323. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0794-RE>
24. Tekhnolohiia vyroshchuvannya kartopli. (n.d.). *Instytut kartopliarstva NAAN*. Retrieved from: https://ikar.in.ua/po-tato_intresting/technology/ [in Ukrainian]
25. Trybel, S. O., & Bondarchuk, A. A. (reds.). (2013). *Metodolohiia otsiniuvannya sortozrazkiv kartopli na stiiki proty osnovnykh shkidnykiv i zbudnykiv khvorob*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian]
26. Leiminger, J. H., & Hausladen, H. (2014). Untersuchungen zur Befallsentwicklung und Ertragswirkung der Dürffleckenkrankheit (*Alternaria* spp.) in Kartoffelsorten unterschiedlicher Reifegruppe. *Gesunde Pflanzen*, 66, 29–36. <https://doi.org/10.1007/s10343-014-0314-0>
27. Duarte, H. S. S., Zambolim, L., Rodrigues, F. A., Paul, P. A., Pádua, J. G., Ribeiro Júnior, J. I., Júnior, A. F. N., & Rosado, A. W. C. (2014). Field resistance of potato cultivars to foliar early blight and its relationship with foliage maturity and tuber skin types. *Tropical Plant Pathology*, 39 (4), 294–306. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762014000400004>
28. Wharton, P., & Wood, E. (2013). Early blight biology and control in potatoes. *University of Idaho, College of Agriculture and Life Sciences*, 1, 1–5. Retrieved from: <https://objects.lib.uidaho.edu/uiext/uiext32089.pdf>
29. Meno, L., Escuredo, O., Rodríguez-Flores, M. S., & Seijo, M. C. (2019). Interrupted wet period (IWP) to forecast the aerial *alternaria* in potato crops of a Limia (Spain). *Agronomy*, 9 (10), 585. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100585>
30. Shtienberg, D. (2014). *Alternaria* diseases of potatoes: epidemiology and management under Israeli conditions. *Proceedings of the 14th EuroBlight Workshop, Limassol, Cyprus. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) Special Report 16*. (P. 169–180). Lelystad, Netherlands: Wageningen UR, Applied Plant Research
31. Dita Rodríguez, M. A., Brommonschenkel, S. H., Matsuoka, K., & Mizubuti, E. S. G. (2006). Components of resistance to early blight in four potato cultivars: effect of leaf position. *Journal of Phytopathology*, 154 (4), 230–235. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01089.x>
32. Everts, K. L. (1990). The influence of dew duration, relative humidity, and leaf senescence on conidial formation and infection of onion by *Alternaria porri*. *Phytopathology*, 80 (11), 1203. <https://doi.org/10.1094/phyto-80-1203>
33. Vloutoglou, I., & Kalogerakis, S. N. (2000). Effects of inoculum concentration, wetness duration and plant age on development of early blight (*Alternaria solani*) and on shedding of leaves in tomato plants. *Plant Pathology*, 49 (3), 339–345. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2000.00462.x>
34. Van der Waals, J. E., Korsten, L., Aveling, T. A. S., & Denner, F. D. N. (2003). Influence of environmental factors on field concentrations of *Alternaria solani* conidia above a South African potato crop. *Phytoparasitica*, 31 (4), 353–364. <https://doi.org/10.1007/bf02979806>
35. Holley, J. D., Hall, R., & Hofstra, G. (2010). Effects of cultivar resistance, leaf wetness duration and temperature on rate of development of potato early blight. *Canadian Journal of Plant Science*, 65 (1), 179–184. <https://doi.org/10.4141/cjps85-024>
36. Ganie, S. A., Ghani, M. Y., Lone, A. H., Razvi, S. M., Mir, M. R., & Hakeem, K. (2015). Role of weather factors on early blight of potato under Kashmir Valley conditions. *Molecular Plant Breeding*, 6 (1), 1–5. <https://doi.org/10.5376/mpb.2015.06.0004>

ORCID

- N. Pysarenko  <https://orcid.org/0000-0001-6299-2170>
M. Furdyha  <https://orcid.org/0000-0002-9398-0487>
N. Zakharchuk  <https://orcid.org/0000-0002-8194-2491>
V. Hordiienko  <https://orcid.org/0000-0003-0407-1474>



2025 Pysarenko N. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Optimization of sowing rates and mineral nutrition in winter barley cultivation under climatic risks in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

B. Mukha✉

Article info

Correspondence Author

B. Mukha

E-mail:

bohdan.mukha@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Mukha, B. (2025). Optimization of sowing rates and mineral nutrition in winter barley cultivation under climatic risks in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 96–102. doi: 10.31210/spi2025.28.02.15

The purpose of this review is to summarize scientific approaches and experimental findings related to the optimization of sowing rates and mineral nutrition in winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivation under the agroecological conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, considering current climatic challenges. The economic significance of winter barley is substantiated by its high yield potential compared to spring barley and earlier maturation (by 10–16 days), which allows for more efficient use of land for successive crops. An analysis of sowing area dynamics during 2019–2024 reveals a spatial shift in cultivation from the traditional southern regions (due to military actions) toward the northern and western parts of Ukraine, where relatively stable moisture availability is observed. Optimal sowing rates are determined to range between 3.5 and 5.5 million viable seeds per hectare, depending on the variety, sowing date, and moisture conditions. Mineral nutrition is identified as a key factor in productivity enhancement; in particular, localized nitrogen application ($N_{30-N_{90}}$) during the tillering stage significantly increases grain protein content. In different agroclimatic zones, effective fertilization strategies vary within the range of $N_{30}P_{30}K_{30}$ to $N_{129}P_{66}K_{132}$. Climatic transformations in the Left-Bank Forest-Steppe demonstrate a marked trend toward aridization: the average annual temperature has increased by 1.1 °C, annual precipitation has decreased by 5 %, and the frequency of drought conditions has risen from 47 % to 61 %. Simultaneously, the probability of optimal water availability has nearly halved. Based on the findings, several technological recommendations are proposed: adjustment of sowing rates depending on sowing dates (3.2–4.0 million seeds/ha for early sowing and 4.5–5.0 million for later sowing); staged nitrogen application; localized phosphorus-potassium fertilization; use of anti-stress microfertilizers; implementation of digital technologies; and the adoption of high-yielding, stress-tolerant varieties.

Keywords: climate change, spatial shifts, moisture availability, fertilization, variety, yield.

Оптимізація норм висіву та мінерального живлення при вирощуванні ячменю озимого за умов кліматичних ризиків в умовах Лівобережного Лісостепу України

Б. Г. Муха

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Метою огляду є узагальнення наукових підходів та експериментальних даних щодо оптимізації норм висіву і мінерального живлення ячменю озимого в умовах Лівобережного Лісостепу України з урахуванням сучасних кліматичних викликів. Обґрунтовано економічне значення культури, що зумовлюється її високим потенціалом урожайності відносно ячменю ярого та раннім досяганням (на 10–16 днів), що дозволяє ефективно використовувати площі під повторні посіви. На основі аналізу динаміки посівних площ у 2019–2024 роках виявлено зміщення ареалу вирощування культури з традиційних південних регіонів (через воєнні дії) на північ і захід України, де створюються відносно стабільні умови вологозабезпечення. Оптиміальні норми висіву встановлено в межах 3,5–5,5 млн схожих зерен/га залежно від сорту, строку сівби та рівня зволоження. Визначено, що мінеральне живлення є провідним фактором підвищення продуктивності культури; зокрема, локальне прикореневе підживлення азотом у фазі кущення ($N_{30-N_{90}}$) сприяє істотному зростанню білковості зерна. У різних агрокліматичних умовах ефективними є схеми мінерального удобрення в діапазоні від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{129}P_{66}K_{132}$. Кліматичні трансформації в Лівобережному Лісостепу свідчать про виражену тенденцію до аридизації: середньорічна температура зросла на 1,1 °C, кількість опадів скоротилася на 5 %, а частота посушливих періодів зросла з 47 % до 61 %. Водночас ймовірність оптимального вологозабезпечення знизилася майже вдвічі. Сформульовано рекомендації щодо вдосконалення технологій вирощування: адаптація норм висіву до строків сівби (3,2–4,0 млн зерен/га при ранніх та 4,5–5,0 млн – при пізніх); поділ азотного живлення на етапи; локальне внесення фосфорно-калійних добрив; застосування мікродобрив з антистресовими властивостями; інтеграція цифрових технологій; впровадження високопродуктивних сортів з підвищеною адаптивністю до стресових умов.

Ключові слова: зміна клімату, просторові зрушення, вологозабезпечення, удобрення, сорт, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Муха Б. Г. Оптимізація норм висіву та мінерального живлення при вирощуванні ячменю озимого за умов кліматичних ризиків в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 96–102.

Ячмінь озимий (*Hordeum vulgare* L.) є однією з важливих зернових культур, яка вирізняється коротким вегетаційним періодом, раннім звільненням поля, а також універсальним використанням – як у продовольчому, так і кормовому напрямках [1]. Незважаючи на те, що його частка в структурі посівних площ серед зернових і зернобобових культур України у 2000–2022 рр. коливалася в межах 2,5–9,8 %, культура залишається перспективною завдяки високому потенціалу врожайності, пластичності та здатності адаптуватися до різних умов вирощування [2]. Економічне значення ячменю озимого зумовлене його високою продуктивністю, яка перевищує врожайність ячменю ярого на 4–8 ц/га, а в сприятливих – 25–30 ц/га [3]. Його раннє досягання – на 10–16 днів швидше за ячмінь ярий – дозволяє ефективно використовувати вільні площі під повторні культури та забезпечити раннє надходження кормового зерна [4].

Попри зростання середньої врожайності ячменю озимого в Україні протягом останніх двох десятиліть – з приблизно 2,0 т/га до 4,3 т/га – цей показник істотно поступається рівню продуктивності, досягнутому в країнах Європейського Союзу, де середня врожайність становить близько 7,0 т/га. Водночас, сучасні сорти ячменю озимого характеризуються високим потенціалом урожайності. Зокрема, в умовах країн Західної Європи стабільно отримують урожай зерна на рівні 9–10 т/га, що свідчить про значний резерв підвищення продуктивності культури за оптимального поєднання сортових та агротехнологічних чинників [5].

Урожайність ячменю озимого значною мірою залежить від комплексу біотичних і абіотичних чинників, серед яких основну роль відіграють технологія вирощування, гідротермічні умови, живлення та стійкість до стресових явищ. Культура добре реагує на застосування мінеральних добрив, зокрема азотних і фосфорно-калійних, які вносяться під попередники або безпосередньо під ячмінь у вигляді диференційованих доз. Застосування мінеральних добрив забезпечує істотне підвищення урожайності ячменю озимого – приріст зерна може досягати 50 %. Така висока чутливість культури до удобрення є важливим фактором, що зумовлює перспективність розширення її посівних площ в Україні [6]. Проте важливо враховувати, що надмірна активізація вегетативного розвитку в осінній період за високих температур і підвищених сум активних температур призводить до зниження морозостійкості через інтенсивне використання запасів цукрів.

Ячмінь озимий менш морозостійкий, ніж інші озимі зернові, що обмежує його поширення. Критичними є температури $-11...-13^{\circ}\text{C}$ при тривалих періодах похолодання. Особливу шкоду завдають глибокі зимові відлиги, які супроводжуються повторним відростанням рослин, що знижує їх здатність до відновлення після похолодання [7]. У північних регіонах він вирощується переважно в областях із м'якими зимами – зокрема, північна межа проходить через Львівську, Тернопільську, Вінницьку й Луганську області. Головні посівні масиви традиційно зосереджувалися в Степовій зоні,

однак зміни клімату та соціально-економічні умови сприяють трансформації географії його поширення [4].

Аналіз просторових зрушень у вирощуванні ячменю озимого в умовах кліматичних змін і воєнних дій

У період 2019–2021 років ячмінь озимий демонстрував стабільну позитивну динаміку розширення посівних площ і врожайності практично в усіх регіонах України (зокрема, до рекордних з 2000 року 42,7 ц/га у 2021 році). Це відображало зростаючий інтерес аграріїв до культури як джерела ранньої продукції з високим кормовим і продовольчим потенціалом. Показники площ у 2021 році свідчили про максимальне зосередження виробництва в традиційних степових регіонах – Одеській, Миколаївській, Херсонській та Дніпропетровській областях [2, 8].

Однак після початку повномасштабної війни у 2022 році структура розміщення ячменю озимого зазнала істотних змін. У степовій зоні, яка зазнала безпосереднього впливу тимчасової окупації, бойових дій і руйнування аграрної інфраструктури, спостерігалось різке скорочення посівних площ. За 2022–2024 роки площі в Одеській області зменшилися на понад 35 %, у Миколаївській – майже на 65 %, у Херсонській – практично до нуля. У Дніпропетровській області зафіксовано зменшення площ більш ніж у три рази [9].

На цьому тлі спостерігається тенденція розширення ареалу вирощування ячменю озимого на північ і захід України – у Хмельницькій, Чернівецькій, Чернігівській, Рівненській, Київській і Вінницькій областях [8, 9]. Зростання посівів у цих регіонах є свідченням адаптаційної реакції аграрного сектору на виклики безпеки, доступності ресурсів і змін клімату. Північні та західні області залишаються відносно безпечними для ведення господарства навіть в умовах війни. Окрім того, тут формуються більш стабільні умови зволоження, що стає критичним фактором в умовах посух у південних регіонах [10].

Таким чином, трансформація кліматичних умов і безпекове середовище зумовлюють перерозподіл регіонів вирощування ячменю озимого, що актуалізує потребу в адаптації агротехнологій до нових умов [11]. Хоча окремі джерела вказують на потенційне підвищення біопроductивності внаслідок потепління, практичні реалії вказують на зниження адаптаційного потенціалу рослин через зменшення запасів ґрунтової вологи, стреси від високих температур, ерозійні явища та нестабільність погодних умов у період вегетації.

Враховуючи вищезазначене, набуває актуальності дослідження, спрямовані на вдосконалення технологій вирощування ячменю озимого. Серед ключових напрямів варто відзначити оптимізацію норм висіву насіння та мінерального живлення з урахуванням сортових особливостей, кліматичних ризиків і регіональної специфіки, що дозволить підвищити стабільність та ефективність аграрного виробництва й адаптацію культури до нових викликів.

Огляд наукових підходів за темою дослідження

Аналіз сучасних вітчизняних наукових джерел засвідчує високу наукову зацікавленість до вивчення впливу норм висіву та мінерального живлення на формування продуктивності озимого ячменю. У дослідженнях відзначається, що оптимальні норми висіву ячменю озимого знаходяться у межах 3,5–5,5 млн/га, залежно від сорту та погодних умов [12, 13]. Зменшення норми висіву сприяє кращому куцjenню рослин та ефективнішому використанню вологи, що особливо важливо в умовах посухи.

Застосування мінеральних добрив є одним із найважливіших чинників інтенсифікації технології вирощування ячменю озимого, тому значна увага науковців приділена вивченню ефективних доз добрив для різних типів ґрунтів.

За результатами трирічного дослід, проведеного в умовах північної частини Степу на чорноземі звичайному малогумусному середньосуглинковому на лесі, встановлено високу ефективність мінерального удобрення [14]. У рамках дослідження перед сівбою в ґрунт вносили повне мінеральне добриво в нормі $N_{60}P_{60}K_{90}$. Азотне підживлення озимого ячменю здійснювали із використанням аміачної селітри (вміст N – 34,4 %) у два етапи: ранньою весною по мерзлоталому ґрунту (доза N_{30}) та локально наприкінці фази куцjenня в дозах N_{30} , N_{60} і N_{90} .

Результати дослідження засвідчили, що поверхнєве внесення азоту по МТГ у дозі N_{30} забезпечувало лише незначне підвищення вмісту білка в зерні. Натомість локальне прикоренєве підживлення наприкінці фази куцjenня в дозі N_{30} сприяло підвищенню білковості зерна на 0,5 % порівняно з фоном. Подальше збільшення норми азоту до 60 та 90 кг/га забезпечувало зростання вмісту білка до 9,4–9,8 %, що відповідало приросту на 0,9–1,3 % відносно контрольного варіанта.

Також було встановлено, що внесення азотних добрив певною мірою впливало на натуру зерна. Найвищий показник маси 1 літра зерна (660 г/л) спостерігався за локального підживлення в дозі N_{60} . Водночас як збільшення, так і зменшення дози азоту на 30 кг/га супроводжувалося зниженням натури – найнижчий показник (645 г/л) зафіксовано у варіанті з лише фоновим внесенням добрив.

Щодо вмісту крохмалю, було відмічено тенденцію до його зниження під впливом підвищених норм азотного живлення, що, ймовірно, пов'язано зі зсувом метаболізму у напрямі білкового синтезу [14].

Результати досліджень, проведених у 2004–2008 роки. В умовах західного Лісостепу, засвідчили доцільність застосування повного мінерального удобрення ($N_{60}P_{60}K_{60}$) на темно-сірих опідзолених ґрунтах після пізніх просапних культур, під які не вносили органічних добрив. Найбільш ефективною виявилась схема, що передбачала внесення повної дози добрив восени під передпосівну культивуацію або ж розподіл азотної складової – із частковим внесенням (N_{40}) у формі ранньовесняного підживлення [15].

В умовах богарного землеробства південного Степу України найвища врожайність зерна культури

(35,6–40,5 ц/га) досягається при розміщенні її після чорного пару. Порівняно високих результатів (близько 35 ц/га) можна досягти також після кукурудзи на силос за умови внесення мінерального добрива $N_{30}P_{60}$ під основний обробіток ґрунту, проведення позакореневого підживлення азотом (N_{30}) у фазі відновлення весняної вегетації та застосування інтегрованої системи захисту рослин [16].

У дослідженнях [17], проведених на чорноземі слабогумусованому легкосуглинковому, застосовувалась адаптована система удобрення ячменю озимого в умовах Житомирської області. Під передпосівну культивуацію вносили 100 кг/га діаміфоски ($N_{10}P_{26}K_{26}$). У фазі осіннього куцjenня використовували 100 кг/га КАС-32, тоді як перше весняне підживлення здійснювали по мерзлоталому ґрунту шляхом внесення 200 кг/га аміачної селітри. Друге підживлення проводили у фазі виходу в трубку – знову із застосуванням КАС-32 у нормі 100 кг/га.

Норма висіву насіння ячменю озимого сорту Хайтлайт протягом років дослідження при двох строках сівби становила в середньому 4,64 млн шт./га. Встановлено високу здатність культури до перезимівлі. Зокрема, за умов раннього строку сівби (11–13 вересня), відсоток загиблених рослин у фазі куцjenня становив лише 2–4 %, тоді як при пізньому строку (29–30 вересня) – близько 4 %. За результатами дослід, дослідному сорту ячменю озимого властивий високий рівень відгуку на мінеральне живлення: врожайність за внесення добрив перевищувала контрольний варіант (без добрив) у 2,3 рази [17].

За результатами досліджень [18, 19], внесення мінеральних добрив у нормах $N_{30}P_{30}K_{30}$ – $N_{120}P_{120}K_{120}$ забезпечувало збереження кількісних елементів структури врожаю на рівні 24,8–22,8 зерен у колосі та маси 1000 зерен у межах 53,4–51,1 мг. Зі збільшенням кількості продуктивних стебел на 100 шт./м², що досягалося шляхом підвищення норми висіву, спостерігалось зменшення маси зернівки на 2,6 мг та зменшення кількості зерен у колосі на 2,5 шт., тоді як під впливом мінерального удобрення ці показники знижувались незначно – відповідно на 0,8 мг і 0,6 шт.

За результатами досліджень, проведених на темно-сірих опідзолених ґрунтах, для досягнення урожайності ячменю озимого на рівні 7–8,0 т/га доцільно вносити добрива в нормі $N_{129}P_{66}K_{132}$. При цьому фосфор і калій вносять під основний обробіток ґрунту, тоді як азот рекомендується застосовувати дробно – зокрема у фазі весняного куцjenня [20]. Такий підхід дозволяє забезпечити рослини необхідними елементами живлення в критичні фази розвитку.

У дослідженнях, проведених М. Babulicová та В. Dyulgerova на базі дослідної станції Боровце (Болгарія) [21], встановлено, що кліматичні умови є одним із ключових чинників, що визначають врожайність ячменю озимого та елементи структури його врожаю. Залежно від погодних умов різних років, коливання врожайності сягали 2,19 т/га, що становило 4,9 % від середнього рівня. Важливим агротехнічним фактором також виявилось удобрення: у 2010–2015 роки внесення мінеральних добрив у поєднанні з органічними забезпечувало приріст

урожайності на 0,41 т/га (7,7 %), що перевищувало ефективність внесення лише мінеральних добрив.

Згідно з результатами N. Pfab і співавторів [22], екстремальні погодні явища, зокрема тривалі посухи або надмірна кількість опадів, частота яких помітно зростає, мають негативний вплив на активність ґрунтової мікробіоти. Це призводить до значних втрат азоту, зумовлених його денітрифікацією та вилугуванням нітратів.

G. Berhanu, T. Kismányoky та K. Sárdi у своїх експериментах [23] досліджували вплив п'яти рівнів азотного живлення. Встановлено, що середня висота рослин, урожайність зерна та соломи достовірно зростали під впливом внесення азоту та органічних добрив ($p < 0,05$), тоді як взаємодія факторів була статистично незначущою. Максимальний приріст урожайності (103 % порівняно з контролем) зафіксовано при внесенні 120 кг/га азоту.

У польових дослідах K. Noworolnik, D. Leszczyńska, T. Dworakowski та A. Sułek (2005–2007 роки, Польща) [24] оцінювали реакцію сортів ячменю озимого на чотири рівні азотного підживлення: 0, 35, 70 та 105 кг/га д.р. Встановлено, що найвищу врожайність забезпечували норми 70 та 105 кг/га, причому між ними суттєвої різниці не виявлено. Застосування азоту позитивно впливало на кількість продуктивних колосків на одиницю площі, однак не мало впливу на масу 1000 зерен.

Таким чином, подальші наукові узагальнення мають бути зосереджені на адаптації вже наявних результатів досліджень до нових агрокліматичних умов, особливо для регіонів, де ячміль озимий не був традиційною культурою. Також перспективним є активізація досліджень щодо поєднаного впливу технологічних факторів і погодних ризиків на стабільність урожаю культури в умовах зростаючих кліматичних викликів.

Кліматичні зміни як фактор адаптації технологій вирощування

Результати багаторічних метеорологічних спостережень засвідчують поступову трансформацію кліматичних умов у Лівобережному Лісостепу України в напрямі аридизації. Цей процес виявляється у стабільному зростанні середньорічної температури повітря на фоні зменшення сумарної кількості атмосферних опадів. Так, у період 1991–2020 років середньорічна температура в регіоні зросла на 1,1 °C порівняно з базовим періодом 1961–1990 роки, тоді як річна кількість опадів скоротилася приблизно на 5 %. На цьому фоні відзначається зростання частоти настання середньо- та сильнопосушливих умов протягом вегетаційного періоду – з 47 % у 1961–1990 роки до 61 % у 1991–2020 роки. Одночасно істотно зменшилась ймовірність оптимального зволоження агроценозів, яка, за деякими оцінками, знизилася майже вдвічі [25].

Такі зміни призводять до поступового зменшення агрокліматичного потенціалу регіону. Посилення повторюваності екстремальних погодних явищ, зокрема високих температур і нестачі вологи, зумовлює зсув меж агрокліматичних зон у

меридіональному напрямку. Лівобережний Лісостеп за кліматичними характеристиками дедалі більше набуває рис, притаманних Степовій зоні. Реструктуризація гідротермічного режиму спричиняє перебудову структури агроландшафтів, що вимагає корекції систем землеробства. Подовження тривалості вегетаційного періоду створює передумови для вирощування теплолюбних культур і сортів, проте водночас підвищує ризики поширення шкідників і хвороб [26, 27].

Спостереження, проведені в межах Полтавської області, підтверджують високу температурну нестабільність. Зокрема, середньорічно реєструється понад 15 днів із різкими похолоданнями, коли температура знижується більш ніж на 4 °C відносно середньодобової. Із них 5–6 днів супроводжуються значними пониженнями температури, а майже 1 день на рік – надзвичайно сильними аномаліями. Особливе занепокоєння викликає сезонна концентрація холодних стресів у весняний період, що збігається з критичними фазами онтогенезу – проростанням, бутонізацією, цвітінням. У середньому навесні фіксується 3,3 дні з різким похолоданням, 1,3 дні з сильним, а також близько 0,06 днів з надзвичайно сильним холодним стресом [28].

Нестабільність температурного режиму навесні чинить комплексний негативний вплив на фізіологічні процеси в рослинах. Вона порушує проходження фенологічних фаз, знижує активність росту та фотосинтетичну продуктивність. Похолодання в період цвітіння особливо небезпечні, оскільки призводять до порушення запилення, зниження зав'язуваності та формування неповноцінного насіння [29].

Сучасні агрокліматичні умови також характеризуються послідовністю мультистресових факторів – весняні похолодання часто змінюються періодами літньої гіпертермії та дефіциту вологи. Така послідовність чинників створює синергійний кумулятивний ефект, який має значно серйозніші наслідки для врожайності, ніж дія окремих стресів. Це особливо критично для інтенсивних сортів із високим потенціалом продуктивності, які є більш чутливими до погодних коливань [30].

Пропозиції щодо оптимізації норм висіву та мінерального живлення ячменю озимого в умовах Лівобережного Лісостепу

В умовах наростаючої аридизації клімату в Лівобережному Лісостепу та підвищення нестабільності погодних умов, традиційні технологічні підходи до вирощування ячменю озимого потребують адаптації. Ключовими напрямками технологічного удосконалення є регіоналізація норм висіву та системи живлення з урахуванням зменшення ґрунтової вологи, температурної нестабільності та ризику весняних і літніх мультистресів.

1. Оптимізація норм висіву передбачає:

– зменшення загущення посівів до 3,2–4,0 млн схожих зерен/га за умов ранніх строків сівби й очікуваного теплого осіннього періоду. Це дозволить уникнути перерозвитку рослин восени, що знижує їх морозостійкість через виснаження вуглеводних запасів [31];

– помірне підвищення норми висіву до 4,5–5,0 млн зерен/га у разі сівби в пізні строки або при прогнозі знижених температур восени. Це компенсуватиме ризики зрідження посівів через уповільнений розвиток і ранньовесняні стреси;

– густота стояння має бути адаптована до конкретного сорту, з урахуванням його інтенсивності кушіння та толерантності до стресових факторів. Диференційований підхід до норм висіву дозволяє забезпечити ефективне формування продуктивного стеблостою й оптимальну густоту стояння рослин.

2. Адаптація мінерального живлення включає [32]:

– розділення азотного живлення на два етапи: внесення 30–40 % дози під передпосівну культивування, решту – у фазі весняного кушіння або виходу в трубку. Це сприятиме рівномірному використанню азоту, зниженню ризику нітратного навантаження в умовах весняної посухи та покращенню білкового складу зерна;

– фосфорно-калійні добрива (P_{40-60} , K_{40-60}) доцільно вносити під основний обробіток або локально в рядки – для стимуляції розвитку кореневої системи та підвищення посухостійкості, тоді як азот рекомендується вносити дробно, зокрема одну з доз вносити у фазі весняного кушіння;

– використання мікродобрив з антистресовим ефектом (бор, цинк, молібден) під час передпосівної обробки насіння або у фазі кушіння/виходу в трубку дозволить активізувати ферментативну активність та імунний захист рослин;

– використання інгібіторів нітрифікації або пролонгованих форм азоту може зменшити втрати елементів живлення у випадку надмірної вологості або навпаки – у разі нестачі води.

3. Інтеграція технологій управління ризиками [33]:

– у системі прийняття рішень варто враховувати кліматичні прогнози (на основі аналізу багаторічних даних ГТК, температур, опадів), що дозволить оперативно коригувати строки сівби, норму висіву та режим живлення;

– використання цифрових технологій (супутниковий моніторинг, метеостанції, DSS-системи) сприятиме більш точному визначенню потреби в елементах живлення та густоті посівів у різних ґрунтово-ландшафтних ділянках.

Особливої уваги заслуговує використання сучасних сортів ячменю озимого, що характеризуються підвищеною морозо- та зимостійкістю, а також жаро- й посухостійкістю. Вони також відзначаються стійкістю до вилягання і комплексу поширених хвороб [34]. Запровадження нових перспективних сортів ячменю озимого сприятиме стабілізації виробництва зерна, підвищенню врожайності, адаптивності рослин до несприятливих абіотичних чинників, стійкості до основних шкідників, а також покращенню якісних показників урожаю [35]. Водночас ці сорти мають певні біологічні та агротехнічні особливості, технологічні аспекти вирощування яких залишаються недостатньо вивченими в умовах конкретних агрокліматичних зон, зокрема за зростаючих кліматичних ризиків [36].

У зв'язку з підвищенням температури та зменшенням кількості опадів, доцільно також

впроваджувати технології, що сприяють збереженню вологи в ґрунті. Зокрема, застосування безполицевого обробітку ґрунту сприяє підвищенню вмісту обмінного калію в шарі ґрунту 0–20 см, що позитивно впливає на водозабезпечення рослин [37].

Застосування біопрепаратів та регуляторів росту рослин у системі живлення ячменю озимого сприяє зниженню впливу стресових факторів, зокрема екстремальних температур і посухи, завдяки змінам у жирнокислотному складі та властивостях клітинних мембран. Під їх дією в рослинах відбуваються глибокі біохімічні перебудови, які впливають на основні ланки метаболізму, що забезпечує підвищення адаптивної стійкості та стабільності функціонування рослинного організму [38, 39].

Ефективним також є використання морфорегуляторів – хлормекватхлориду (1,5 л/га) у фазі виходу в трубку (ББСН 31) та медакс топ (1 л/га) у фазі прапорцевого листка (ББСН 37–39), що сприяє приросту врожайності на 0,63–1,05 т/га [40].

Застосування зазначених рекомендацій сприятиме підвищенню врожайності ячменю озимого й адаптації технологій його вирощування до змін клімату в Лівобережному Лісостепу.

Висновки

Метою огляду є узагальнення наукових підходів і експериментальних результатів щодо оптимізації норм висіву та мінерального живлення ячменю озимого в умовах Лівобережного Лісостепу України з урахуванням сучасних кліматичних ризиків, а також визначення перспектив удосконалення технологій вирощування культури для підвищення її адаптивного потенціалу та стабільності продуктивності. Зазначено, що завдяки високій урожайності та коротшим періодом вегетації площі після ячменю озимого можна ефективно використовувати під повторні культури. Просторовий аналіз динаміки посівів за останні п'ять років виявив зміщення ареалу вирощування ячменю озимого з традиційних південних регіонів України, що зазнали більшого впливу воєнних дій, на північні й західні області з відносно стабільнішими умовами вологозабезпечення. Це свідчить про необхідність переорієнтації технологій вирощування до нових кліматичних реалій.

Встановлено оптимальні норми висіву ячменю озимого в межах 3,5–5,5 млн схожих зерен на 1 га, що варіюються залежно від сорту, строку сівби та рівня вологозабезпечення. Розглянуто особливості мінерального живлення залежно від агрокліматичних умов (від $N_{30}P_{30}K_{30}$ до $N_{120}P_{66}K_{132}$) та підтверджено вплив на врожайність і якість зерна ячменю озимого.

Враховуючи досліджені кліматичні трансформації в умовах Лівобережного Лісостепу наведено рекомендації щодо оптимізації норм висіву, адаптації мінерального живлення й інтеграції технологій управління ризиками. Це дозволить адаптувати технології вирощування культури до нових кліматичних умов і забезпечить стабільне виробництво зерна в умовах зростаючих агрокліматичних ризиків.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Yarchuk, I. I., Bozhko, V. Yu., & Voyt, V. A. (2012). Winter barley resistance to cold and productivity. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 31–34. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.03.06>
2. *Silske hospodarstvo Ukrainy za 2022 : statystychnyi zibnyk* (2023). Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [in Ukrainian]
3. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., & Zaiets, S. O. (2013). *Tekhnologii vyroshchuvannya zernovykh, tekhnichnykh, kormovykh kultur i kartopli na zroshuvannykh zemliakh pivdnia Ukrainy: Naukovo-praktychni rekomendatsii*. Kherson: Hrin D. S. [in Ukrainian]
4. Polevoy, A., Bozhko, L., Barsukova, E., & Kolosovska, V. (2022). Productivity of winter barley in the steppe zone of Ukraine in the conditions of climate warming. *Ecological Sciences*, 42 (3), 141–146. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.23>
5. Karazhbay, G. (2019). Stan ta perspektyvy yachmeniu ozymoho na nasinnievomu rynku Ukrainy. *Infoindustria*. Retrieved from: <https://infoindustria.com.ua/stan-ta-perspektivi-yachmeniu-ozimogo-na-nasinnievomu-rynku-ukrayini/> [in Ukrainian]
6. Klymyshyna, R. I. (2012). Produktivnist yachmeniu ozymoho zalezno vid udobrennia ta norm vysivu nasinnia. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 10, 76–79. [in Ukrainian]
7. Zavalytich, N. O. (2020). Osoblyvosti perezymivli roslin yachmeniu ozymoho zalezno vid strokiv sivyby. *Ahronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-perezymivli-roslin-yachmeniu-ozymoho-zalezno-vid-strokiv-sivyby/> [in Ukrainian]
8. Posivni ploshchi yachmeniu ozymoho pid urozhai 2019–2022 rokiv po rehionakh. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian]
9. Za dva roky posivna ploshcha ozymykh kultur skorotylasia na 32 %. (2024). *Skilky-Skilky*. Retrieved from: <https://skilky-skilky.info/za-dva-roky-posivna-ploshcha-ozymykh-kultur-skorotylasia-na-32/> [in Ukrainian]
10. Linchevskiy, A., & Legkun, I. (2020). A new attitude to barley culture and selection in the conditions of climate change. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 98 (9), 34–42. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202009-05>
11. Gamajunova, V. V., & Kuvshynova, A. O. (2022). Osoblyvosti vodospozhyvannia yachmeniu ozymoho zalezno vid sortu y opytizatsii zhyvlennia v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy. *Ahrarni Innovatsii*, 4, 10–17. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.2> [in Ukrainian]
12. Musatov, A. G., & Samoylenko, O. A. (2010). Vplyv poperednykh ta norm vysivu na produktyvnist yachmeniu ozymoho v pvidennomu Stepu Ukrainy. *Byuleten Institutu Zernovogo Gospodarstva*, 39, 170–172. [in Ukrainian]
13. Cherenkov, A. V., Bondarenko, A. S., & Benda, R. V. (2011). Zimostyikist roslin ozymoho yachmeniu zalezno vid strokiv sivybi v umovakh pivnichnoyi chastini Stepu. *Ahronom*, 3, 82–84. [in Ukrainian]
14. Cherenkov, A. V., Benda, R. V., & Priadko, Yu. M. (2012). Vplyv strokiv sivybi ta mineralnogo zhyvlennia na formuvannia pokaznykiv yakosti zerna yachmeniu ozymoho. *Biuleten Institutu silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 2, 72–75. [in Ukrainian]
15. Tuchapskiy, O. R. (2001). Udoskonalennia tekhnologii vyroshchuvannia ozymoho yachmeniu – zaporka oderzhannia vysokykh i stabilnykh vrozhaiv zerna. *Silskyi hospodar*, 3/4, 21–23. [in Ukrainian]
16. Homyak, P. V., Andriychenko, L. V., & Zalevska, M. P. (2012). Formuvannia urozhaivnosti zerna yachmeniu ozymoho pry yoho vyroshchuvanni u pvidennomu stepu Ukrainy. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 58, 62–64. [in Ukrainian]
17. Moisiienko, V., & Podolsky, O. (2019). Productivity of Hillelt winter barley, depending on the elements of the technology of growing. *Scientific Horizons*, 83 (10), 13–19. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-83-10-13-19>
18. Klimishina, R. I. (2012). Produktivnist yachmeniu ozimogo zalezno vid udobrennia ta norm vysivu nasinnia. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 10, 76–79. [in Ukrainian]
19. Gorash, O. S., & Klimishina, R. I. (2015). Realizatsiya potentsialu produktivnosti elementiv struktury vrozhaivnosti yachmeniu ozimogo. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 7, 27–30. [in Ukrainian]
20. Veremeenko, S. I., Tkachuk, S. O., & Trusheva, S. S. (2017). Produktivnist novykh sortiv yachmeniu ozymoho za mineralno udobrennia na temnosirykh opidzolenykh gruntakh. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu*, 2 (1), 12–19. [in Ukrainian]
21. Babulicová, M., & Dylgerova, B. (2018). Winter barley production in relation to crop rotations, fertilisation and weather conditions. *Agriculture*, 64 (1), 35–44.
22. Pfah, H., Palmer, I., Buegger, F., Fiedler, S., Müller, T., & Ruser, R. (2012). Influence of a nitrification inhibitor and of placed N-fertilization on N₂O fluxes from a vegetable cropped loamy soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 150, 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.001>
23. Berhanu, G., Kismányoky, T., & Sárdi, K. (2013). Effect of nitrogen fertilization and residue management on the productivity of winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agronomica Hungarica*, 61 (2), 101–111. <https://doi.org/10.1556/AAgr.61.2013.2.2>
24. Noworolnik, K., Leszczyńska, D., Dworakowski, T., & Sulek, A. (2009). Wplyw odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego. *Fragmenta Agronomica*, 26 (2), 89–95.
25. Tarariko, Yu. O., Saidak, R. V., Olepir, R. V., Soroka, Yu. V., & Vitvitskiy, S. V. (2021). Potentsial bioproduktyvnosti chornozemu typovoho v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy za spriyatlyvykh umov vyzvolzhennia. *Land Reclamation and Water Management*, 2, 87–100. <https://doi.org/10.31073/mivg202102-304>
26. Klimat zminiuiie pravyla hry dla roslin. (2025). *Vegetable*. Retrieved from: <https://vegetable.com.ua/vpliv-klimatichnix-zmin-na-shkidnikiv-i-xvorobi-roslin/> [in Ukrainian]
27. Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. (2022). Vplyv pryrodno-klimatichnykh umov na urozhaivnist i adaptivnist hrechky. In T. O. Chaika (Red.), *Ekoloohoorientovani pidkroky vidnovlennia tekhnolohii zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem : kolektivna monohrafiia*. (s. 159–165). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
28. Balabukh, V. O., Malyska, L. V., Dovhal, H. P., Yahodynets, S. M., & Lavrynenko, O. M. (2024). Changes in the frequency of sharp cold snaps in spring during the XXI century in Ukraine and their impact on agricultural production. *Agricultural Science and Practice*, 11 (3), 3–22. <https://doi.org/10.15407/agrisp11.03.003>
29. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika, T. O. (2019). Droughts in the context of climate changes in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 134–146. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.18>
30. Dmytrenko, V. P. (2010). *Pohoda, klimat i urozhai polovykh kultur : monohrafiia*. Kyiv: Nika-Tsentr [in Ukrainian]
31. Yarchuk, I. I., Bozhko, V. Yu., & Moroz, O. O. (2015). Winter barley cold-resistance and productivity depending on sowing terms and rates. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 54–57. <https://doi.org/10.31210/visnyk2015.03.07>
32. Kramarov, S. M., & Krasniakov, S. V. (2014). Pidvyshchennia adaptatsii ozymykh silskohospodarskykh kultur do dii nyzkykh temperatur. *PP "VKF "Imporhservis"*. Retrieved from: <https://importorhservis.uaprom.net.ua/a/178544-pidvischennya-adaptatsiyi-ozimih.html> [in Ukrainian]
33. Chaika, T. O. (2025). Intehrovane zastosuvannia tsyfrovyykh tekhnologii dla staloho rozvytku orhanichnoho zemlerobstva v Ukraini: suchasnyi stan, mozhlyvosti ta bariery. *Stiikist osvity i nauky v umovakh transformatsii : materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kyiv: MNTU im. akademika Yu. Buhaia [in Ukrainian]
34. Linchevskiy, A. A. (2000). Selektiia yachmeniu v Ukraini. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 12, 39–40. [in Ukrainian]
35. Tsapik, T. F., Usova, N. M., & Dudaiev, H. F. (2017). Otsinka produktyvnosti suchasnykh sortiv yachmeniu ozymoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Svitovi roslinni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku : materialy III Mizhnar. naukovo-praktychnoi konferentsii*. Vinnytsia: Nilan-LTD [in Ukrainian]
36. Zaiets, S. O., Balian, I. V., Onufan, L. I., & Yuziuk, S. M. (2023). Urozhaivnist riznykh sortiv yachmeniu ozymoho v umovakh pivdennoho Stepu. *Ahrarni Innovatsii*, 19, 51–56. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.8> [in Ukrainian]
37. Nahimyi, V. V. (2020). Vplyv strokiv sivybi ta mikrodobryv na produktyvnist sortiv yachmeniu ozymoho v umovakh pivdnia ukrainy. *Candidate's thesis*. Khersonskiy derzhavnyi ahrarniy universytet. Kherson [in Ukrainian]

38. Huang, H., Ullah, F., Zhou, D. X., Yi, M., & Zhao, Y. (2019). Mechanisms of ROS regulation of plant development and stress responses. *Frontiers in Plant Science*, 10 <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00800>
39. Shulaev, V., Cortes, D., Miller, G., & Miller, R. (2008). Metabolomics for plant stress response. *Physiologia Plantarum*, 132 (2), 199–208. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01025.x>
40. Lihochvor, V. V. & Matkovska, M. V. (2017). Urozhaynist sortiv ozimogo yachmenyu zalezno vid norm dobriv, morforegulyatoriv ta fungitsidiv v umovah zahidnogo Lisostepu. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynystvo*, 62, 91–101. [in Ukrainian]

ORCID

B. Mukha 

<https://orcid.org/0009-0003-5683-9315>



2025 Mukha B. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Effectiveness of seed priming techniques for small grain cereals

Yu. Nedoborenko | T. Sakhno

Article info

Correspondence Author

Yu. Nedoborenko

E-mail:

yurii.nedoborenko@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Nedoborenko, Yu., & Sakhno, T. (2025). Effectiveness of seed priming techniques for small grain cereals. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 103–111. doi: 10.31210/spi2025.28.02.16

This review aims to consolidate existing scientific insights regarding seed priming techniques for small grain cereals, perform a bibliometric assessment of scholarly activity in this area, and substantiate the urgency of intensifying research efforts to promote sustainable agricultural practices. Small grain cereals are vital contributors to global food systems and play an important role in restoring soil health. Pre-sowing seed treatment approaches for these crops are indispensable, as they support not only enhanced productivity but also contribute to environmental sustainability and the preservation of biodiversity. The agroecological relevance of seed priming technologies for small grain cereals is particularly high due to several key factors. Seed priming is a pre-sowing treatment technique that induces a physiological state in seeds, enhancing seedling survival and promoting more efficient germination. Various types of seed priming exist, including hydropriming, halopriming, osmopriming, biopriming, hormone priming, chemopriming, thermopriming, solid matrix priming, nanopriming, and physical methods. Despite its long-standing history and practical importance, seed priming remains underdeveloped and underutilized. The body of scientific literature on seed priming is relatively limited. To better understand the patterns observed in seed priming research over the past twenty-four years, a bibliometric analysis was conducted using the ScienceDirect database and compared with similar analyses conducted by other researchers using the Science Citation Index Expanded (SCI-E). The results indicate that seed priming research is significantly constrained in terms of volume, quantity, and quality. Therefore, advancing scientific research and fostering collaboration in this domain is crucial. Such progress requires both financial support and improved coordination among researchers with diverse expertise and perspectives.

Keywords: germination, growth, development, adaptation, winter wheat, spring barley, oats.

Ефективність видів праймінгу на насіння зернових колосових культур

Ю. А. Недоборенко | Т. В. Сахно

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Мета огляду полягала у систематизації наукових знань про методи праймінгу насіння зернових колосових культур, проведенні бібліометричного аналізу публікаційної активності в цій галузі й обґрунтуванні необхідності розширення досліджень для забезпечення сталого розвитку сільського господарства. Зернові колосові культури відіграють ключову роль у світовому виробництві продовольства та відновленні ґрунтових ресурсів. Передпосівна технологія обробки цих культур є важливою як для забезпечення високого врожаю, так і для охорони довкілля та збереження біорізноманіття. Актуальність агроecологічних аспектів технологій передпосівної обробки зернових колосових культур на сьогодні надзвичайно висока з низки ключових причин. Праймінг насіння – це захід передпосівної обробки, який призводить до фізіологічного стану, що дозволяє насінню забезпечувати підвищену виживаність сіянців та ефективніше проростати. Існують різноманітні види праймінгу: гідропраймінг, галопраймінг, осмопраймінг, біопраймінг, гормонопраймінг, хіміопраймінг, термопраймінг, праймінг твердої матриці, нанопраймінг та фізичні методи. Дане питання не набуло достатнього розвитку та поширення, хоча є вагомим і доволі давнім способом обробки насіння. Існує незначна кількість наукової літератури з праймінгу насіння. Для кращого розуміння закономірностей, які спостерігалися в дослідженнях протягом останніх двадцяти чотирьох років, було проведено бібліометричний аналіз за допомогою інформаційної бази даних ScienceDirect і порівняно його з подібним аналізом, проведеним іншими авторами за базою даних Science Citation Index Expanded (SCI-E). Результати досліджень свідчать, що наукові роботи з праймінгу насіння значно обмежені за обсягом, кількістю й якістю. Отже, вкрай необхідно збільшувати прогрес у наукових дослідженнях і сприяти співпраці, що потребує підтримки як фінансової, так і кращої координації між вченими з різним досвідом та поглядами.

Ключові слова: схожість, ріст, розвиток, адаптація, пшениця озима, ячмінь ярий, овес.**Бібліографічний опис для цитування:** Недоборенко Ю. А., Сахно Т. В. Ефективність видів праймінгу на насіння зернових колосових культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 103–111.

Зернові колосові культури відіграють ключову роль у світовому виробництві продовольства та відтворенні ґрунтових ресурсів [1]. Технологія передпосівної обробки цих культур є необхідною як з точки зору забезпечення високих врожаїв, так і з огляду на збереження біорізноманіття й охорону довкілля [2].

Актуальність теми агроекологічних аспектів технології передпосівної обробки зернових колосових культур на сьогодні надзвичайно висока з кількох ключових причин. По-перше, культури, такі як пшениця, ячмінь, кукурудза й інші, є основними у світовому виробництві продовольства. Вони забезпечують людство продукцією з борошна, крупами й іншими необхідними кормовими культурами у тваринництві. Тому забезпечення високої продуктивності й якості цих культур має велике значення для гарантування харчової безпеки [1].

По-друге, все більшої актуальності набуває охорона довкілля у зв'язку зі зростанням екологічних проблем, а саме: забруднення ґрунтів, водних ресурсів та зниження біорізноманіття. Використовуючи ефективні технології передпосівної обробки, можна сприяти зменшенню застосування хімічних добрив та засобів захисту рослин, що дозволяє захистити природні ресурси та зменшити негативний вплив на довкілля [3].

Оптимальна схожість забезпечує необхідну рівномірність появи сходів, що покращує приживлюваність рослин і знижує конкуренцію за ресурси [4]. Успішне проростання покращує збереження популяції рослин, адаптацію до мінливих умов середовища і сприяє екосистемним послугам, зокрема стабілізації ґрунту, кругообігу поживних речовин і забезпеченні середовищ існування для інших організмів [5].

Незважаючи на притаманну насінню здатність проростати та розвиватися, кілька суттєвих проблем можуть негативно вплинути на них. Зміна клімату, засолення ґрунту та води, посуха, а також наявність важких металів мають значний вплив на глобальну продуктивність сільськогосподарських культур. Обробка насіння перед висівом є важливим елементом агротехнологій, який дає змогу прискорити проростання насіння, поліпшити схожість, підвищити стійкість проростків до біотичних і абіотичних стресових чинників [6, 7].

Прогнози вказують, що до 2050 року підвищення температури та посуха можуть вплинути приблизно на половину орних земель, що суттєво призведе до зниження врожайності сільськогосподарських культур [8]. Кліматичні зміни вже спричинили негативний вплив на глобальне виробництво продовольства, зумовивши зниження продуктивності та прогнозованої врожайності основних сільськогосподарських культур у всіх регіонах світу [9, 10].

Сучасна технологія вирощування зернових культур охоплює широкий спектр агротехнічних заходів, серед яких передпосівна обробка насіння посідає провідне місце [11]. Така обробка істотно знижує

негативний вплив стресових чинників на початкових етапах росту й розвитку рослин, що зумовлює її обов'язкове використання в сучасних системах землеробства [12].

У науковій і науково-виробничій літературі нечасто зустрічається так званий праймінг, що у свою чергу вказує на недостатнє акцентування уваги на даному виді обробки насіння перед посівом [13]. Хоча цей спосіб за давніх часів був відомим і базовим для застосування давніми цивілізаціями, надалі він не набув значного розвитку через обмежену кількість досліджень даного питання.

Методи передпосівної обробки насіння

Використовуючи заходи різного впливу (фізичні, хімічні, біологічні тощо), можна знизити негативний вплив пошкоджень і покращити врожайні властивості насіння. Ці заходи безпосередньо впливають на процеси проростання, появу проростків і збільшення продуктивності рослин. Передпосівна і допосівна обробки проводяться для забезпечення різних цілей: покращення лабораторного аналізу, захисту насіння від шкідників і хвороб, стимулювання проростання і початкового росту насіння, збагачення їх корисними мікроорганізмами, покращення показників росту [14].

Дослідження методів праймінгу дає змогу поліпшити розуміння процесів росту рослин та їх потенційної адаптації до факторів навколишнього середовища. Численні відомі види праймінгу (фізичні, хімічні, біологічні) базуються на виборі речовини для обробки чи методів впливу [15].

На сьогодні в аграрному секторі впроваджується значна кількість технологічних інновацій, орієнтованих на підвищення врожайності, якості та стресостійкості продукції за одночасного скорочення застосування хімічних засобів [16]. Перспективним напрямом є використання різних біостимуляторів, зокрема корисних мікроорганізмів та рослинних екстрактів, які сприяють поліпшенню багатьох аспектів росту рослин, ефективному використанню ґрунтових ресурсів, відновленню родючості ґрунтів і зменшенню антропогенного навантаження [17].

Класифікація методів праймінгу

Праймінг насіння – це передпосівна обробка, яка призводить до фізіологічного стану, що дозволяє насінню прорости ефективніше та забезпечити підвищену виживаність сіянців. Одним із ключових напрямів удосконалення технології вирощування зернових культур є поліпшення методів праймінгу насіння з метою підвищення продуктивності та зміцнення стійкості рослин до дії несприятливих екологічних чинників [18].

Існують різні методи праймінгу: гідропраймінг, гормонопраймінг, галопраймінг, осмопраймінг, біопраймінг, нанопраймінг, праймінг твердої матриці, хіміопраймінг, термопраймінг і фізичні методи [19].

Основний метод обробки насіння базується на просоченні насіння, що дає йому пройти першу оборотну стадію проростання, даючи можливість зберігати при цьому толерантність до висихання. Завдяки цьому насіння зберігається до моменту

остаточного посіву, а під час наступного проростання демонструє прискорене та синхронізоване проростання [20]. Інші види застосовують фізичні обробки, такі як ультрафіолетове опромінення [21, 22], холод [23] або тепло [24], що також сприяє стимулюванню насіння до кращого проростання.

Історичний аспект розвитку праймінгу

Розуміння метаболічних процесів під час передпосівної обробки насіння набуває надзвичайної актуальності в контексті сучасної практики сільського господарювання. Це забезпечує ефективне використання технології праймінгу, що підвищує врожайність та забезпечує стійкість зернових культур до негативних факторів навколишнього середовища [25].

Історія праймінгу насіння має вікові етапи, починаючи від самого початку сільського господарства, коли людина тільки почала вивчати фізіологію насіння. Вже в ті давні часи було виявлено, що насіння не проростає однорідно та ефективно, що стало причиною виникнення зацікавленості до вивчення цього явища [26]. Стародавні цивілізації захоплювалися надзвичайною здатністю «мертвого насіння» проростати і давати життєздатні саджанці після проростання. Наприклад, грецький філософ Теофраст вже в античні часи (бл. 372–287 рр. до н. е.) акцентував увагу на фізіології насіння, висловлюючи припущення, що процес проростання може бути тимчасово перерваним [27].

Визначальними є 1920-ті роки, що ознаменувалися відкриттям рослинних гормонів. Це підкреслило важливість цих сполук для стійкості насіння до висихання, мобілізації резервів і процесу проростання [28]. З тих пір широко застосовувався широкий спектр емпіричних методів праймінгу для різних видів культурних рослин.

Біопраймінг як перспективний напрям

Особливої уваги заслуговує біопраймінг, який включає використання різноманітних біологічних препаратів і біостимуляторів для підвищення життєздатності насіння, покращення його проростання та розвитку. Зазвичай така обробка насіння стосується використання корисних мікроорганізмів, зокрема бактерій, що стимулюють ріст рослин (PGPR), здатних виживати в різних суворих умовах навколишнього середовища [29, 30].

Біостимулятор рослин визначається як будь-яка речовина або мікроорганізм, які застосовуються

для рослини і можуть призвести до покращення ефективності живлення та підвищити стійкість до абіотичного стресу з подальшим підвищенням якості врожаю [31].

Передпосівна підготовка насіння є ключовим та завершальним етапом насінництва, яка забезпечує підвищення насіннєвої якості – енергії проростання, чистоти, схожості, захисту проростків від шкідників та хвороб, що у свою чергу сприяє збільшенню польової схожості [32].

Бібліометричний аналіз

Існує незначна кількість наукової літератури з праймінгу насіння. Для отримання уявлення про закономірності, які спостерігалися в дослідженнях протягом останніх трьох десятиліть, було проведено бібліометричний аналіз за допомогою бази даних ScienceDirect і порівняно його з подібним аналізом, проведеним авторами за базою даних Science Citation Index Expanded (SCI-E) [33], що розташовані на платформі Web of Science.

Загальна кількість публікацій на момент аналізу з праймінгу насіння складає 25 884 посилання (*рис. 1, рис. 5*), в тому числі з пшениці – 4296 (*рис. 2, рис. 6*), вівса – 900 (*рис. 3, рис. 7*), ячменю – 2172 (*рис. 4, рис. 8*), за виключенням 2025 року, оскільки рік ще не завершився. Загальна тенденція в літературі показала послідовне зростання обсягу опублікованих робіт з 2001 року (332 публікації) по 2022 рік (1841), 2023 рік (2001), 2024 рік (2372).

Спостерігаючи щорічне збільшення кількості дослідницьких публікацій, можна зазначити, що дослідження праймінгу насіння розширилися протягом останніх десятиліть і дослідники в різних країнах приділяють більше уваги таким дослідженням, особливо останні 10 років. Це свідчить про те, що в цій галузі існує багато невирішених наукових питань і проблем.

Процедури праймінгу, які на практиці зазвичай використовуються, як правило, є власністю та контролюються спеціалізованими насіннєвими сільськогосподарськими компаніями, наприклад EasyPrime, Emergis і PROMOTOR™.

Обмеження дослідження

Оцінка статей була виконана з використанням виключно бази даних ScienceDirect, що закономірно призвело до обмеженого включення досліджень, опублікованих в інших журналах, що не належать до цієї бази. Це буде покращено в майбутньому шляхом включення додаткових баз даних. Хоча обсяг результатів пошуку дещо обмежений, дослідження пропонує хорошу початкову довідку для з'ясування напрямків розвитку праймінгу насіння.



25,884 results

Refine by:

Years

- ☐ 2025 (1,243)
- ☐ 2024 (2,372)
- ☐ 2023 (2,001)
- ☐ 2022 (1,841)
- ☐ 2021 (1,658)
- ☐ 2020 (1,385)
- ☐ 2019 (1,103)
- ☐ 2018 (1,030)
- ☐ 2017 (927)
- ☐ 2016 (805)
- ☐ 2015 (738)
- ☐ 2014 (665)
- ☐ 2013 (630)
- ☐ 2012 (588)
- ☐ 2011 (598)
- ☐ 2010 (539)

Рис. 1. Динаміка наукових публікацій з тематики «seed priming» у ScienceDirect, 2010–2025 pp.



4,641 results

Уточнити за:

Роки

- ☐ 2025 (345)
- ☐ 2024 (680)
- ☐ 2023 (549)
- ☐ 2022 (468)
- ☐ 2021 (409)
- ☐ 2020 (302)
- ☐ 2019 (201)
- ☐ 2018 (169)
- ☐ 2017 (153)
- ☐ 2016 (119)
- ☐ 2015 (98)
- ☐ 2014 (91)
- ☐ 2013 (76)
- ☐ 2012 (54)
- ☐ 2011 (59)
- ☐ 2010 (39)

Рис. 2. Динаміка наукових публікацій з тематики «seed priming wheat» у ScienceDirect, 2010–2025 pp.



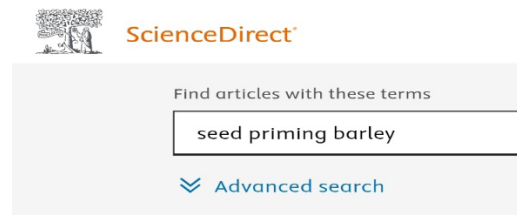
943 results

Уточнити за:

Роки

- ☐ 2025 (43)
- ☐ 2024 (83)
- ☐ 2023 (80)
- ☐ 2022 (77)
- ☐ 2021 (62)
- ☐ 2020 (50)
- ☐ 2019 (35)
- ☐ 2018 (25)
- ☐ 2017 (29)
- ☐ 2016 (30)
- ☐ 2015 (14)
- ☐ 2014 (20)
- ☐ 2013 (24)
- ☐ 2012 (14)
- ☐ 2011 (14)
- ☐ 2010 (10)

Рис. 3. Динаміка наукових публікацій з тематики «seed priming oats» у ScienceDirect, 2010–2025 pp.



2,305 results

Refine by:

Years

- ☐ 2025 (133)
- ☐ 2024 (290)
- ☐ 2023 (246)
- ☐ 2022 (222)
- ☐ 2021 (186)
- ☐ 2020 (135)
- ☐ 2019 (94)
- ☐ 2018 (79)
- ☐ 2017 (73)
- ☐ 2016 (61)
- ☐ 2015 (55)
- ☐ 2014 (55)
- ☐ 2013 (35)
- ☐ 2012 (43)
- ☐ 2011 (36)
- ☐ 2010 (29)

Рис. 4. Динаміка наукових публікацій з тематики «seed priming barley» у ScienceDirect, 2010–2025 pp.

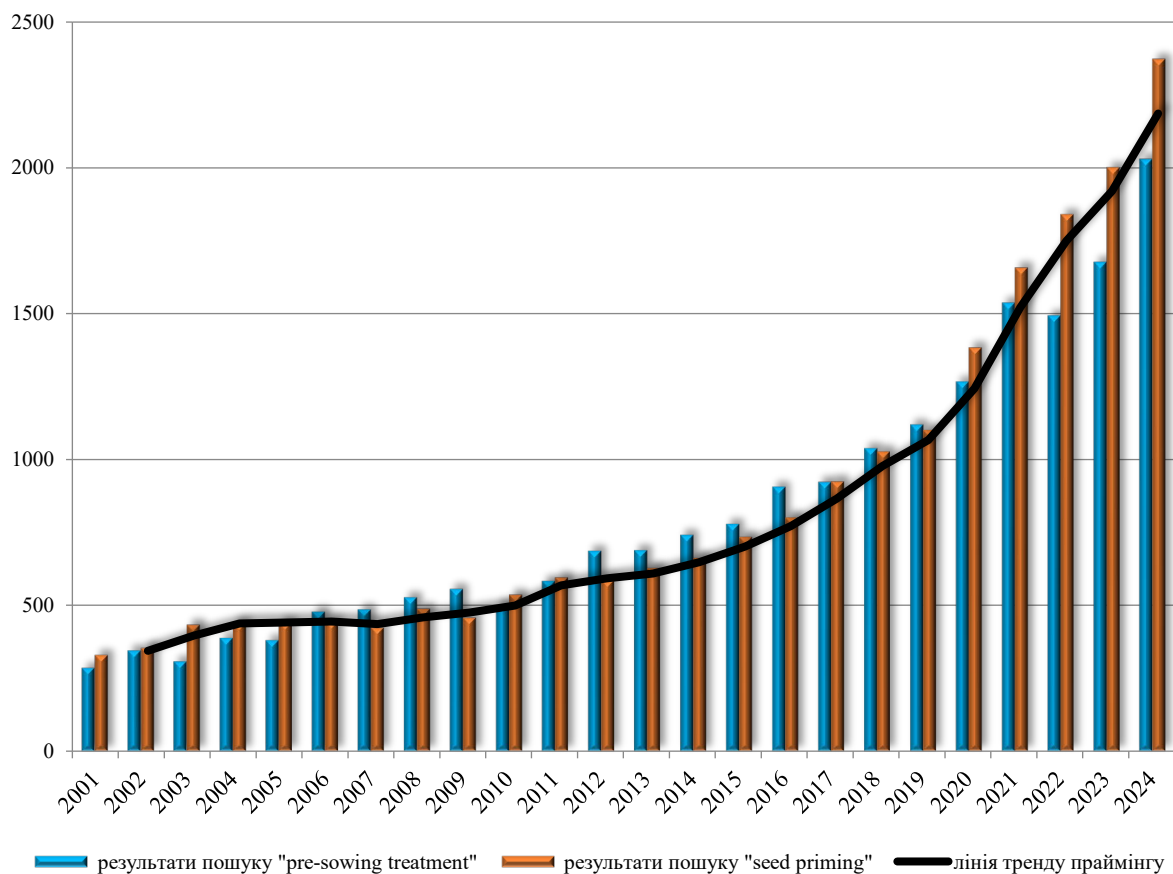


Рис. 5. Динаміка публікацій у базі ScienceDirect за ключовими словами «pre-sowing treatment» та «seed priming», 2001–2024 pp.

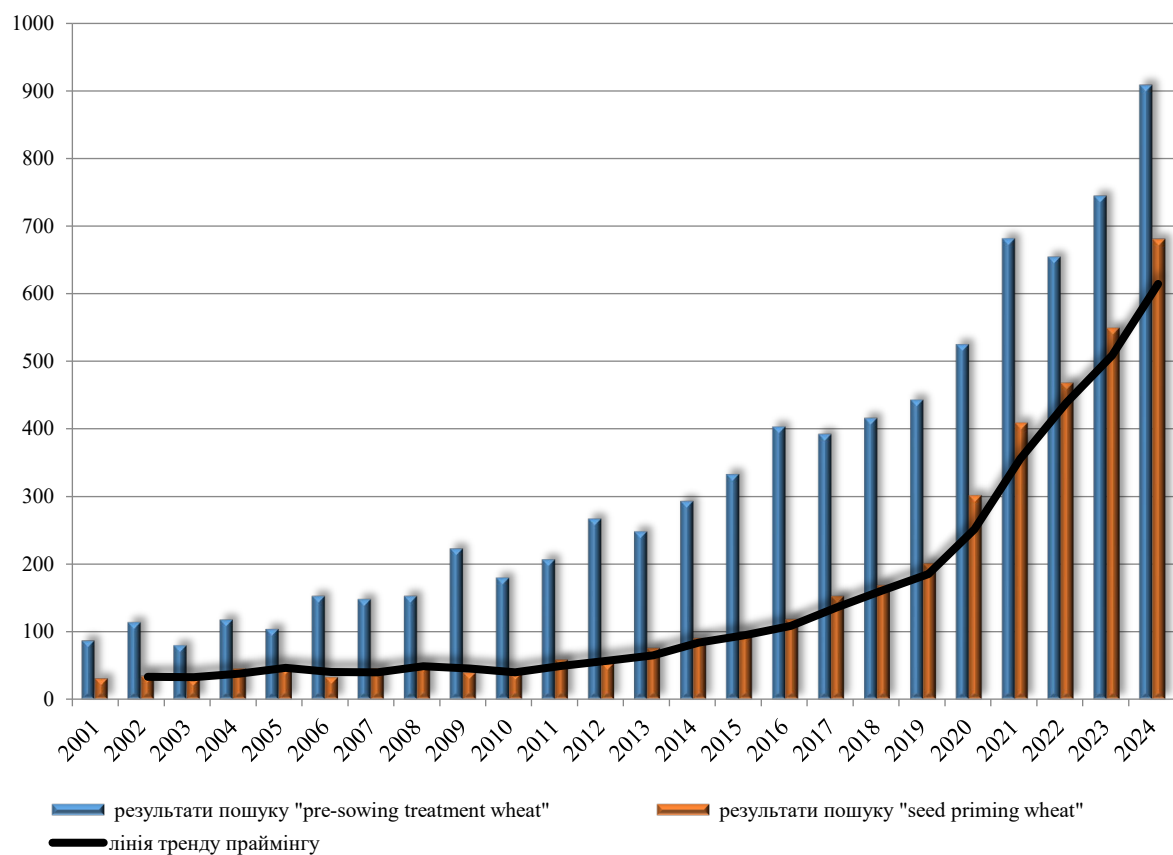


Рис. 6. Динаміка публікацій у базі ScienceDirect за ключовими словами «pre-sowing treatment wheat» та «seed priming wheat», 2001–2024 pp.

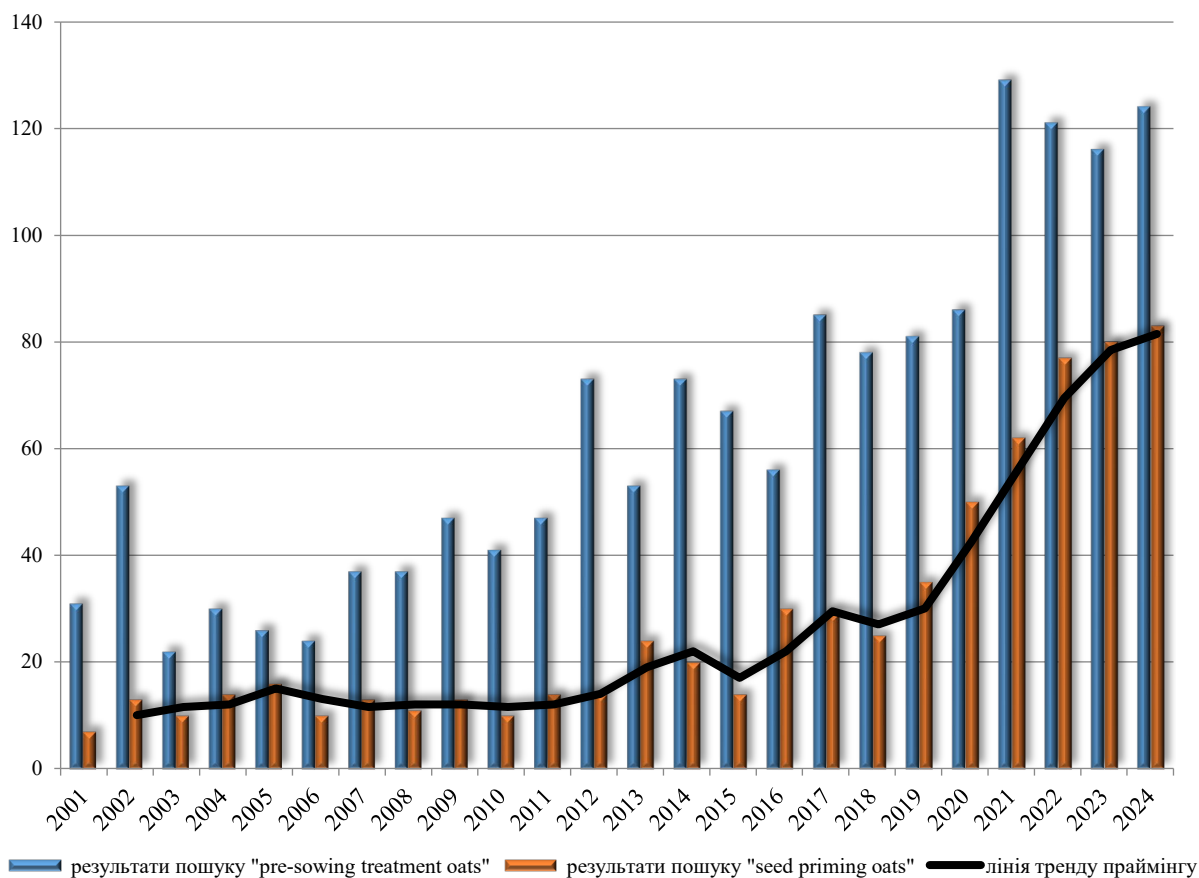


Рис. 7. Динаміка публікацій у базі ScienceDirect за ключовими словами «pre-sowing treatment oats» та «seed priming oats», 2001–2024 pp.

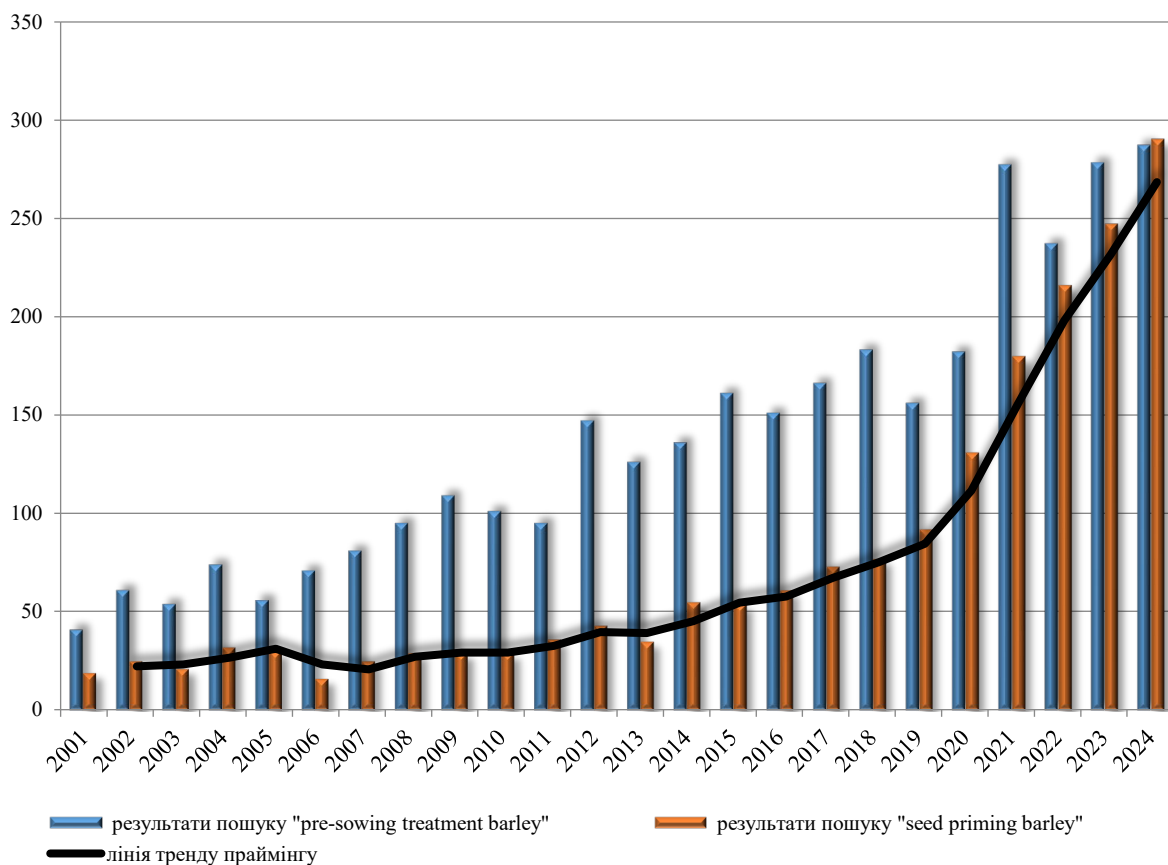


Рис. 8. Динаміка публікацій у базі ScienceDirect за ключовими словами «pre-sowing treatment barley» та «seed priming barley», 2001–2024 pp.

Практичне значення праймінгу

Забезпечення оптимальним вмістом мікроелементів проростаючого насіння є найбільш універсальним механізмом адаптації насіння та самої рослини до дефіциту мікроелементів у ґрунті. Це також підвищує стійкість рослин до грибних, бактеріальних інфекцій і багатьох інших стресових факторів, а саме: несприятливих температур ґрунту, змінної вологості та рН [34].

Важливим ключовим фактором є те, що передпосівна обробка насіння є економічно доцільним і навіть вигідним і простим способом надходження в рослини необхідних елементів. Раніше найбільшого поширення цей спосіб обробки використовували здебільшого для підготовки овочевих і бобових культур, наразі починає набувати популярності праймінг зернових [3].

Приклади практичного застосування праймінгу насіння

Ефективність різних методів праймінгу насіння була продемонстрована у низці експериментальних досліджень на зернових культурах.

У дослідженні Abbasdokht [35] проаналізовано вплив гідропраймінгу та галопраймінгу на процеси проростання та початкові етапи розвитку пшениці (*Triticum aestivum* L.). Експериментальні результати засвідчили, що гідропраймоване насіння демонструвало найвищі показники схожості та накопичення сухої маси проростків, особливо в умовах підвищених осмотичних потенціалів. Мінімальні значення схожості були зареєстровані у контрольної групи (необроблене насіння), дещо вищі показники спостерігалися після галопраймінгу. За умов високих осмотичних потенціалів гідропраймоване насіння характеризувалося підвищеним індексом проростання порівняно з галопраймованим або контрольним варіантами. Статистичний аналіз виявив значущий вплив взаємодії між типом обробки насіння й осмотичним потенціалом на індекс енергії проростання розсади.

Дослідження Ajourі та співавторів [36] продемонструвало ефективність праймінг-обробки насіння ячменю з використанням розчинів, збагачених фосфором (P) та цинком (Zn). Результати експерименту показали суттєве підвищення схожості з 65 % до 95 % та скорочення періоду проростання до 3 діб порівняно з необробленим контролем. Крім того, праймінг значно стимулював ростові процеси та поглинання фосфору і цинку 4-тижневими розсадами. Найбільш важливим є встановлений факт покращення ефективності водокористування рослинами в умовах посушливого стресу на 44 % порівняно з непраймованим насінням.

Комплексне дослідження Kanjevac та співавторів [37] було спрямоване на визначення потенціалу різних методів праймінгу (гормоно-, гало-, осмо- та гідропраймінгу) у підвищенні стійкості пшениці до низькотемпературних умов (10 °C). У якості праймуючих агентів використовувалися: для гормонопраймінгу – гіберелінова кислота та індол-3-оцтова кислота; для галопраймінгу – KNO_3 та MgSO_4 ;

для осмопраймінгу – H_2O_2 та аскорбінова кислота; для гідропраймінгу – дистильована вода. Моніторинг включав оцінку ростових параметрів, а також комплексний аналіз біохімічних і фізіологічних показників проростків пшениці.

Експериментальні дані засвідчили значний стимулюючий ефект праймінгу на дослідні характеристики. Гормоно- та галопраймування продемонстрували позитивний вплив на ростові процеси, індекс енергії проростання та загальний вміст розчинних білків у проростках пшениці. Гормонопраймування також сприяло зниженню концентрації малонового діальдегіду у проростках порівняно з непраймованим контролем. Найбільш виражений вплив здійснено на активність антиоксидантних ферментів (каталази, супероксиддисмутази, аскорбатпероксидази, гваяколпероксидази та піргалолпероксидази) спостерігався після обробки насіння KNO_3 [37].

Ефективність праймінг-обробки була підтверджена підвищенням вмісту фенольних сполук (включаючи флавоноїди) та загальної антиоксидантної активності. Хроматографічний аналіз виявив збільшення концентрацій хлорогенової кислоти, катехіну, 4-гідроксibenзойної кислоти, синапінової кислоти, рутину, нарингину та кверцетину у праймованих проростках пшениці порівняно з непраймованими зразками, вирощеними в низькотемпературних умовах. Найбільш виражені ефекти були досягнуті при використанні гормоно- та гідропраймінгу [37].

На основі отриманих результатів автори дійшли висновку, що праймінг насіння являє собою перспективний агротехнічний прийом для підвищення стійкості проростків пшениці до низькотемпературного стресу.

Висновки

Мета огляду полягала у систематизації наукових знань про методи праймінгу насіння зернових колосових культур, проведенні бібліометричного аналізу публікаційної активності в цій галузі й обґрунтуванні необхідності розширення досліджень для забезпечення сталого розвитку сільського господарства. Визначено, що вивчення та розвиток сучасних методів передпосівної обробки зернових культур відкриває широкі можливості для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та охорони навколишнього середовища. Застосування нових агротехнічних технологій з екологічно чистим насінням підвищить урожайність сільськогосподарських культур і забезпечить стійкість рослин до мінливих умов вирощування та суворих умов навколишнього середовища, що є важливим компонентом сталого розвитку сільського господарства.

Необхідно продовжувати зусилля в цьому напрямку, щоб створити сучасні й екологічно безпечні методи вирощування сільськогосподарських культур, які зможуть забезпечити більш стійкі і прибуткові результати в аграрному секторі та зберегти природні ресурси заради майбутніх поколінь.

Проведений аналіз показує, що дослідження праймінгу насіння обмежені за обсягом, якістю та кількістю. Тому вкрай необхідно збільшувати прогрес у дослідженнях і заохочувати співпрацю, включаючи фінансову підтримку та глобальну координацію між вченими з різними поглядами та досвідом.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні найбільш ефективного виду праймінгу та вдосконаленні методів праймування насіння для підвищення врожайності та забезпечення стійкості зернових культур до негативних факторів навколишнього середовища.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Cereal production in Drylands. (2012). *Water and Cereals in Drylands*, 27–34. <https://doi.org/10.4324/9781849773744-8>
2. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2023). Formuvannya produktyvnosti polby zalezno vid sposobu peredposivnoi obrobky nasinnia za orhanichnoi ta tradytsiinoi tekhnolohii vyroshchuvannya. *Innovatsiini zernoproducty i tekhnolohii : mizhnarodna internet-konferentsiia*, 21 liutoho 2023. Uman: Umanskyi NUS [in Ukrainian]
3. Korotkova, I. V., Chaika, T. O., Romashko, T. P., Chetveryk, O. O., Rybalchenko, A. M., & Barabolia, O. V. (2023). Emmer wheat productivity formation as depending on pre-sowing seed treatment method in organic and traditional technology cultivation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14 (1), 41–47. <https://doi.org/10.15421/022307>
4. Lozovitskyi, P. S. (2010). *Osnovy zemlerobstva ta roshlynytstva. Knyha 2. Roslynnytstvo: navchalnyi posibnyk*. Kyiv [in Ukrainian]
5. Ibrahim, E. A.-A. (2019). Fundamental processes involved in seed priming. *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 63–115. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_4
6. Saberi, M., Davari, A., Ebrahimzadeh, A., Shahraki, M. & Ansarinik, H. (2013). Influence of chemical stimulators to germination improvement, support and resistant of *Trifolium rigidum* species under stress allelopathic components of *Eucalyptus camaldulensis*. *International Journal of Agriculture and Crop Science*, 5 (14), 1563–1570.
7. Saberi, M., Shahriari, A. R., Tarnian, F., Jafari, M. & Safari, H. (2011). Influence of seed priming on germination and seedling range species under allelopathic components. *Frontiers of Agriculture in China*, 5 (3), 310–321. <https://doi.org/10.1007/s11703-011-1098-y>
8. Kumar, L., Chhogyel, N., Gopalakrishnan, T., Hasan, M. K., Jayasinghe, S. L., Kariyawasam, C. S., Kogo, B. K., & Ratnayake, S. (2022). Climate change and future of agri-food production. *Future Foods*, 49–79. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91001-9.00009-8>
9. Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2, 95–96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
10. Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLoS One*, 14 (5), e0217148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>
11. Kosylovych G., & Holiachuk I. O. (2023). Effectiveness of the new seed treatment preparation vibrance integral against diseases and pests on spring barley. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, 27, 129–132. <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.129>
12. Bezpal'ko, V. V., Stankevych, S. V., Zhukova, L. V., Zabrodina, I. V., Turenko, V. P., Horyainova, V. V., Poedinceva, A. A., Batova, O. M., Zayama, O. Yu., Bondarenko, S. V., Dolya, M. M., Mamchur, R. M., Drozd, P. Yu., Sakhnenko, V. V., & Matsyura, A. V. (2020). Pre-sowing seed treatment in winter wheat and spring barley cultivation. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (6), 255–268. https://doi.org/10.15421/2020_291
13. Sher, A., Sarwar, T., Nawaz, A., Ijaz, M., Sattar, A., & Ahmad, S. (2019). Methods of seed priming. *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 1–10. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_1
14. Bezpal'ko, V. V. (2016). Formuvannya urozhajnosti pshehni ozimoyi pri zastosuванні ekologichno bezpechnih sposobiv peredposivnoyi obrobki nasinnia. *Visnik Centru Naukovogo Zabezpechennia APV Harkivskoyi Oblasti*, 21, 11–17. [in Ukrainian]
15. Devika, O. S., Singh, S., Sarkar, D., Barnwal, P., Suman, J., & Rakshit, A. (2021). Seed priming: A potential supplement in integrated resource management under fragile intensive ecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 654001. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.654001>
16. Akhilesh, K. B., & Sooda, K. (2019). A study on impact of technology intervention in the field of agriculture in India. *Smart Technologies*, 373–385. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7139-4_28
17. Pysarenko, V., Pischalenko, M., Chaika, T., Lohvynenko, V., Krupskaya, N., Korolevich, Y., & Kirieiev, Y. (2023). The impact of bio-stimulators on zucchini plants under pre-sowing seed treatment. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 9–13. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.02>
18. Tian, Y., Gama-Arachchige, N. S., & Zhao, M. (2023). Trends in seed priming research in the past 30 years based on bibliometric analysis. *Plants*, 12 (19), 3483. <https://doi.org/10.3390/plants12193483>
19. Sakhno, T., Marenich, M., Semenov, A., Sakhno, Y., & Jaisi, D. (2025). Roles of seed priming in increasing the adaptability and productive potential of agricultural crops. *Advances in Agronomy*, 131–197. <https://doi.org/10.1016/bbs.agron.2024.11.004>
20. Thapaa, S., Baralb, B., Shresthab, M., & Dahal, K. C. (2022). Effect of different priming methods on germination behaviour of Broadleaf Mustard cv. Marpha Chauda Paate. *Tropical Agrobiodiversity*, 3 (2), 52–59. <https://doi.org/10.26480/tra.02.2022.52.59>
21. Semenov, A. O., Semenova, N. V., Cakhno, T. V., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. Vykorystannia UF-vyprominiuvannia dla peredposivnogo oprominennia nasinnia ripaku ozymoho. *Rozvytok sil'skykh terytorii na zasadakh ekolohichnosti, enerhonzalezhnosti y enerhoefektyvnosti : II Mizhnarodna nauko-vo-praktychna konferentsiia* (11 lystopada 2021). Poltava: PDAU [in Ukrainian]
22. Korotkova, I., Chaika, T., Romashko, T., & Rybalchenko, A. (2022). Photosynthetic pigments content in emmer wheat plants as criteria of productivity in traditional and organic farming technology. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 6 (1), 31–39. LOCKSS. <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.1.255277>
23. Hussain, H. A., Hussain, S., Anjum, S. A., & Hussain, S. (2019). Seed priming toward enhanced chilling tolerance in field crops: An overview. *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 265–286. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_13
24. Poomani, S., Pravinkumar, R. V., Anbalagan, A., & Kirubakaran, S. (2024). Thermo priming: a technique to enhance seed quality by alleviating heat stress. *Krishi Science*, 5 (8), 83–86.
25. Chen, K., & Arora, R. (2013). Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 94, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.03.005>
26. Evenari, M. (1984). Seed physiology: Its history from antiquity to the beginning of the 20th century. *The Botanical Review*, 50 (2), 119–142. <https://doi.org/10.1007/bf02861090>
27. Raj, A. B., & Raj, S. K. (2019). Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. *Journal of Applied and Natural Science*, 11 (1), 227–234. <https://doi.org/10.31018/jans.v11i1.2010>
28. Looney, N. E. (1994). Hormones and horticulture. *HortScience*, 32 (6), 1014–1018.
29. Sott, M. K., Nascimento, L. d. S., Foguesatto, C. R., Furstenuau, L. B., Faccin, K., Zawislak, P. A., Mellado, B., Kong, J. D., & Bragazzi, N. L. (2021). A bibliometric network analysis of recent publications on digital agriculture to depict strategic themes and evolution structure. *Sensors*, 21 (23), 7889. <https://doi.org/10.3390/s21237889>
30. Winkler, B., Mangold, A., von Cossel, M., Clifton-Brown, J., Pogrzeba, M., Lewandowski, I., Iqbal, Y., & Kiesel, A. (2020). Implementing miscanthus into farming systems: A review of agronomic practices, capital and labour demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110053. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110053>

31. Onipko, V., Voropina, V., & Kalashnik, O. (2023). Prospects for the use of growth regulators and biostimulants in medicinal plant production. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 42–46. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.08>
32. Polishchuk, V., & Konovalov, D. (2024). Ways of improving winter wheat seed quality during pre-sowing preparation. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 69–73. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.12>
33. ScienceDirect. Search for peer-reviewed journal articles and book chapters (including open access content). Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/>
34. Ibrahim, E. A.-A. (2019). Fundamental processes involved in seed priming. *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 63–115. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_4
35. Abbasdokht, H. (2011). The effect of hydropriming and halopriming on germination and early growth stage of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Desert*, 16 (1), 61–68. <https://doi.org/10.22059/jdesert.2011.23023>
36. Ajouri, A., Asgedom, H., & Becker, M. (2004). Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under conditions of P and Zn deficiency. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167 (5), 630–636. <https://hdl.handle.net/20.500.11766/13475>
37. Kanjevac, M., Bojović, B., Ćirić, A., Stanković, M., & Jakovljević, D. (2023). Seed priming improves biochemical and physiological performance of wheat seedlings under low-temperature conditions. *Agriculture*, 13 (1), 2. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010002>

ORCID

Yu. Nedoborenko 

<https://orcid.org/0009-0007-2394-6252>

T. Sakhno 

<https://orcid.org/0000-0001-7049-4657>



2025 Nedoborenko Yu. and Sakhno T. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Buckwheat as a strategic crop in the context of climate change, agroecological sustainability, and food security

V. Shevchuk✉

Article info

Correspondence Author

V. Shevchuk

E-mail:

vitalii.shevchuk@pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Shevchuk, V. (2025). Buckwheat as a strategic crop in the context of climate change, agroecological sustainability, and food security. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 112–119. doi: 10.31210/spi2025.28.02.17

The aim of this review is to systematize and analyze current scientific knowledge on the role of buckwheat as a strategic crop in the context of the global challenges of the 21st century. It assesses its potential to contribute to agroecological sustainability and food security under climate change and identifies promising directions for its practical application in modern farming systems. Buckwheat is an adaptive crop with a short growing season, capable of efficiently absorbing nutrients and thriving on low-fertility soils. It supports biodiversity, suppresses weeds, improves soil properties, and exhibits phytoremediation potential, making it valuable for sustainable and organic agriculture. Climate change in Ukraine complicates buckwheat cultivation due to drought and heat stress, especially during the flowering stage. The adaptive capacity of the crop is realized through an efficient root system, osmotic regulation, and the development of new cultivars. A region-specific approach to cultivar selection and agronomic practices can help stabilize yields under climate variability. Buckwheat breeding in Ukraine focuses on the development of high-yielding, climate-resilient cultivars with enhanced drought and heat tolerance, improved grain quality, and suitability for mechanized production. Promising directions include hybrid development with heterosis effect and advancements in seed production. Buckwheat plays a strategic role in agricultural adaptation to climate change, ensuring stable productivity in intensive crop rotations and suitability for organic systems. Its ecological functions, including carbon sequestration and phytoremediation, contribute to mitigating greenhouse gas emissions and soil restoration. Buckwheat is a unique crop with high nutritional and functional value. It is a source of complete protein, flavonoids, minerals, and vitamins. Its gluten-free nature and low glycemic index make it suitable for dietary nutrition and the development of innovative food products and nutraceuticals.

Keywords: *Fagopyrum esculentum* Moench, biological properties, biodiversity, phenotypic plasticity, plant breeding, productivity.

Гречка як стратегічна культура в умовах зміни клімату, агроекологічної сталості та продовольчої безпеки

В. М. Шевчук

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Мета огляду полягає в систематизації й аналізі сучасних наукових знань про роль гречки як стратегічної культури в контексті глобальних викликів XXI століття, оцінці її потенціалу для забезпечення агроекологічної сталості та продовольчої безпеки в умовах кліматичних змін, а також визначенні перспективних напрямів практичного застосування цієї унікальної культури в сучасних системах землеробства. Гречка – адаптивна культура з коротким вегетаційним періодом, здатна ефективно засвоювати поживні речовини та рости на малородючих ґрунтах. Вона підтримує біорізноманіття, пригнічує бур'яни, покращує ґрунтові властивості та виявляє фіторемераційний потенціал, що робить її цінною для сталого й органічного землеробства. Кліматичні зміни в Україні ускладнюють вирощування гречки через посухи та температурні стреси, особливо у фазу цвітіння. Адаптивний потенціал культури реалізується через ефективну кореневу систему, осморегуляцію та селекцію нових сортів. Регіональний підхід до вибору сортів і агротехніки дозволяє стабілізувати врожайність в умовах кліматичної нестабільності. Селекційна робота з гречкою в Україні спрямована на створення високопродуктивних, адаптованих до кліматичних змін сортів із підвищеною посухо- та жаростійкістю, технологічністю й якістю зерна. Перспективним напрямом є розробка гібридів гречки з ефектом гетерозису й удосконалення насінництва. Гречка має стратегічне значення в адаптації сільського господарства до кліматичних змін, забезпечує стабільну врожайність в інтенсивних сівоzmінах і придатна для органічного землеробства. Завдяки екологічним властивостям, зокрема секвестрації вуглецю та фіторемерації, сприяє зменшенню парникових викидів і відновленню ґрунтів. Гречка – унікальна культура з високою поживною та функціональною цінністю. Вона містить повноцінний білок, флавоноїди, а також є джерелом мінералів і вітамінів. Завдяки безглютенності та низькому глікемічному індексу є придатною для дієтичного харчування та створення інноваційних продуктів і nutraceutиків.

Ключові слова: *Fagopyrum esculentum* Moench, біологічні властивості, біорізноманіття, пластичність, селекція, продуктивність.

Бібліографічний опис для цитування: Шевчук В. М. Гречка як стратегічна культура в умовах зміни клімату, агроекологічної сталості та продовольчої безпеки. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 112–119.

Сучасне сільське господарство стикається з безпрецедентними викликами, які загрожують глобальній продовольчій безпеці та сталості агро-екосистем [1]. Кліматичні зміни призводять до підвищення температур, зміни режимів опадів, частішого екстремальних погодних явищ і непередбачуваності сезонних циклів, що суттєво впливає на продуктивність основних сільськогосподарських культур [2, 3]. Водночас зростання світового населення, яке за прогнозами досягне 9,1 млрд людей до 2050 року, створює додатковий тиск на продовольчі системи, вимагаючи збільшення виробництва продуктів харчування на 70 % порівняно з сучасним рівнем [4].

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва протягом останніх десятиліть, хоча й забезпечила значне зростання врожайності, водночас призвела до серйозних екологічних наслідків [5]. Деградація ґрунтів через ерозію, засолення, втрату органічної речовини та біорізноманіття охопила понад 33 % світових сільськогосподарських земель [6], що становить майже 2 млрд га [7]. Надмірне використання синтетичних добрив і пестицидів спричинило забруднення водних ресурсів, зниження біологічної активності ґрунтів і формування резистентності у шкідників і патогенів [8]. Монокультурне землеробство призвело до генетичного збіднення агро-екосистем і підвищення їх вразливості до біотичних і абіотичних стресів [9].

У контексті цих викликів особливої актуальності набуває пошук альтернативних сільськогосподарських культур, здатних забезпечити сталу продуктивність в умовах змінюваного клімату при мінімальному негативному впливі на довкілля. Серед таких культур особливе місце посідає гречка (*Fagopyrum esculentum* Moench), яка протягом століть культивувалася в різних регіонах світу та демонструє унікальні адаптивні властивості до несприятливих умов вирощування [10].

Агроекологічне значення гречки

Гречка характеризується унікальними біологічними особливостями, які забезпечують її високу агротехнічну пластичність і адаптивність до різноманітних умов вирощування. Гречка демонструє винятково широкий діапазон толерантності до едафічних факторів, здатна продуктивно рости на ґрунтах з різним рівнем родючості, кислотності та механічного складу. Ця особливість обумовлена специфічною архітектурою кореневої системи культури, яка характеризується інтенсивним розвитком як головного кореня, так і бічних відгалужень, що забезпечує ефективне засвоєння поживних речовин з різних горизонтів ґрунтового профілю [11].

Фізіологічні адаптації гречки включають здатність до ефективної утилізації фосфору з важкорозчинних сполук завдяки виділенню органічних кислот кореневою системою. Цей механізм дозволяє культурі успішно розвиватися на ґрунтах з низьким вмістом рухомого фосфору, що є особливо важливим

в умовах обмеженого використання мінеральних добрив у системах сталого землеробства. Короткий вегетаційний період гречки (65–100 днів залежно від сорту) забезпечує можливість її вирощування в регіонах з обмеженим термічним ресурсом і дозволяє ефективно використовувати проміжні періоди в сівозмінах [12].

Агротехнічна пластичність гречки проявляється також у її здатності до саморегуляції густоти стояння рослин залежно від умов вирощування. За сприятливих умов культура формує потужний листовий апарат і розгалужену структуру пагонів, тоді як в стресових умовах редує вегетативну масу, концентруючи ресурси на формуванні генеративних органів. Ця пластичність забезпечує стабільність врожайності гречки в широкому діапазоні агрокліматичних умов [13].

Значення гречки для підтримки біорізноманіття агроекосистем важко переоцінити. Культура відіграє ключову роль у підтримці популяцій корисних комах, насамперед запилювачів. Гречка є одним з найважливіших медоносів серед польових культур, забезпечуючи виробництво меду в середньому 60–100 кг/га [14] та досягає 150–300 кг/га для найкращих сортів [15]. Тривале цвітіння гречки (від 6 до 8 тижнів) припадає на період обмеженого цвітіння інших рослин, що робить її незамінним джерелом корму для бджіл та інших запилювачів у пізньолітній період [16].

Структурна різноманітність посівів гречки створює сприятливі умови для розвитку корисної ентомофауни. Розгалужена архітектура рослин і тривале цвітіння забезпечують місця укриття та розмноження для хижих і паразитичних комах, які контролюють чисельність шкідників сільськогосподарських культур. Дослідження показують, що в агроценозах з гречкою спостерігається підвищена активність корисних членистоногих, зокрема турунів, сонечок, златоочок і паразитичних наїзників [17].

Алелопатична активність гречки сприяє природному пригніченню бур'янів без застосування гербіцидів [18]. Кореневі виділення та рослинні рештки гречки містять фенольні сполуки, які інгібують проростання насіння та ріст багатьох видів бур'янів [19]. Ця властивість особливо цінна в системах органічного землеробства, де хімічний контроль бур'янів заборонений [20].

Фіторе mediaційні властивості гречки обумовлені її здатністю акумулювати важкі метали з ґрунту та переміщувати їх у надземну частину рослини. Гречка демонструє підвищену здатність до поглинання кадмію, свинцю, цинку й інших токсичних елементів з ґрунту. Ця особливість може бути використана для поступової детоксикації забруднених ґрунтів, особливо в районах з підвищеним техногенним навантаженням [21].

Позитивний вплив гречки на агрофізичні властивості ґрунту реалізується через формування потужної кореневої системи, яка розпушує ущільнені горизонти та покращує водно-повітряний режим.

Після збирання врожаю в ґрунті залишається значна кількість кореневих і пожнивних решток, які збагачують ґрунт органічною речовиною та сприяють активізації мікробіологічних процесів [22].

У системах органічного землеробства гречка особливо цінна завдяки мінімальним вимогам до зовнішніх ресурсів. Культура може забезпечувати задовільні врожаї без застосування синтетичних добрив і засобів захисту рослин, що відповідає принципам органічного виробництва [20]. Короткий вегетаційний період дозволяє включати гречку до складних сівозмін як проміжну або покривну культуру, збагачуючи агроєкосистему без втрати продуктивності основних культур.

Вплив кліматичних та екологічних факторів на продуктивність гречки

Кліматичні зміни в Україні характеризуються підвищенням середньорічних температур, зміною режимів опадів і зростанням частоти екстремальних погодних явищ [23]. Основними кліматичними ризиками для гречки в українських умовах є посухи різної інтенсивності та тривалості, температурні стреси під час цвітіння та формування зерна, а також нерівномірний розподіл опадів протягом вегетаційного періоду [24].

Засухи, які стали більш частими й інтенсивними в останні роки, особливо негативно впливають на продуктивність гречки у фазі цвітіння-плодоутворення. Дефіцит вологи в цей критичний період призводить до опадання квіток, зниження насінневої продуктивності та погіршення якісних показників зерна. Водночас гречка демонструє відносно високу посухостійкість порівняно з іншими польовими культурами завдяки ефективній кореневій системі та здатності до осморегуляції [25].

Температурні стреси, особливо високі температури (понад 30 °C) під час цвітіння, негативно впливають на життєздатність пилку та процеси запилення. Це призводить до зниження зав'язуваності плодів та, відповідно, урожайності культури. Водночас гречка виявляє толерантність до помірних заморозків у ранні фази розвитку, що розширює можливості її вирощування в регіонах з нестійкою весняною погодою [26].

Сучасні сорти гречки демонструють різний рівень адаптивності до мінливих кліматичних умов. Ранньостиглі сорти краще адаптовані до посушливих умов, оскільки встигають завершити найбільш критичні фази розвитку до настання найспекотнішого періоду літа. Середньостиглі та пізньостиглі сорти виявляють вищу продуктивність за достатнього зволоження, але більше страждають від засух [27].

Селекційні програми з гречки в Україні спрямовані на створення сортів з підвищеною стійкістю до абіотичних стресів. Особлива увага приділяється селекції на посухостійкість, жаростійкість і адаптивність до змінних умов вегетаційного періоду. Сучасні сорти характеризуються поліпшеними

показниками водокористування та здатністю підтримувати продуктивність за несприятливих погодних умов [28].

Фізіологічні механізми адаптації включають зміни в архітектурі листкового апарату, оптимізацію водного балансу рослини, активацію антиоксидантних систем захисту та модифікацію фотосинтетичних процесів. Ці адаптації дозволяють рослинам гречки ефективніше використовувати доступні ресурси та зберігати продуктивність в умовах кліматичного стресу.

Аналіз багаторічних даних показує значну варіабельність урожайності гречки залежно від природно-кліматичних умов різних регіонів України [29, 30]. У Поліссі, де переважають достатнє зволоження та помірні температури, середня врожайність гречки коливається в межах 1,2–1,8 т/га. Лісостепова зона характеризується оптимальними умовами для гречки з потенційною врожайністю 1,5–2,2 т/га, проте нестабільність опадів може призводити до значних коливань продуктивності між роками.

У північній частині Степової зони врожайність гречки лімітується недостатнім зволоженням та високими температурами, що знижує середні показники до 0,8–1,5 т/га. Водночас використання адаптованих сортів та оптимізованих агротехнологій дозволяє стабілізувати врожайність на рівні 1,2–1,6 т/га навіть у посушливих умовах.

Регіональна специфіка вирощування гречки вимагає диференційованого підходу до вибору сортів і агротехнічних прийомів, котрі направлені на збільшення її врожайності й якості, зростання прибутковості [31]. У зволжених регіонах перевагу слід надавати високопродуктивним середньостиглим сортам, тоді як у посушливих умовах доцільно використовувати ранньостиглі посухостійкі сорти з стабільною продуктивністю [27].

Селекція та відбір високопродуктивних сортів гречки

Селекційна робота з гречкою в Україні ведеться провідними науковими установами, зокрема ННЦ «Інститут землеробства НААН України», Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН України та НДІ круп'яних культур ім. Олени Алексєєвої Подільського аграрно-технічного університету та ТОВ НВ МП «Антарія». У Державному реєстрі сортів рослин України наразі зареєстровано вісім сортів гречки, з яких шість належать до детермінантного типу (Крупинка, Іванна, Селяночка, Сумчанка, Ювілейна 100, Ярославна), а два – до індетермінантного або звичайного типу (Сімка, Слобожанка) [32]. Це забезпечує достатній вибір для різних агрокліматичних умов і виробничих потреб.

Сучасні українські сорти гречки створені з використанням методів традиційної селекції, включаючи індивідуальний і масовий відбір, гібридизацію та мутагенез. Селекційна робота спрямована на поєднання високої продуктивності з адаптивністю до

місцевих умов, стійкістю до хвороб і шкідників, покращеними технологічними якостями зерна [27].

Сучасна селекція гречки в Україні орієнтована на створення сортів з комплексом господарсько-цінних ознак. Першочерговими завданнями є підвищення стійкості до абіотичних стресів, особливо посухи та високих температур, що набуває критичного значення в умовах кліматичних змін. Селекція на ранньостиглість дозволяє створювати сорти, здатні уникати несприятливих умов пізнього літа та ефективно використовувати весняні запаси вологи в ґрунті [33].

Технологічність сортів включає такі характеристики, як дружність дозрівання, стійкість до осипання зерна, придатність до механізованого збирання врожаю. Ці ознаки особливо важливі для великотоварного виробництва, де втрати при збиранні можуть суттєво знизити економічну ефективність культури [34].

Селекція на якість зерна спрямована на підвищення вмісту білка, покращення амінокислотного складу, збільшення вмісту біологічно активних речовин, особливо флавоноїдів. Ці показники визначають харчову та функціональну цінність продукції, що особливо важливо для ринку здорових продуктів харчування [35].

Перспективним напрямом є створення гібридів гречки, які можуть забезпечити підвищену продуктивність завдяки ефекту гетерозису. Водночас технологія виробництва гібридного насіння потребує подальшого вдосконалення для забезпечення економічної доцільності [36].

Успішна адаптація сортів гречки до конкретних агрокліматичних умов вимагає комплексного підходу до селекційної роботи. Для Лісостепової зони пріоритетними є сорти з оптимальним поєднанням продуктивності й адаптивності, здатні ефективно використовувати сприятливі умови та толерувати періодичні стреси.

Північна частина Степової зони потребує сортів з підвищеною посухостійкістю та жаростійкістю. Такі сорти повинні мати ефективну кореневу систему, здатність до осморегуляції, оптимізовані параметри листового апарату для мінімізації втрат вологи через транспірацію.

Регіональне сортовипробування відіграє ключову роль у відборі найбільш адаптованих сортів. Багаторічні дослідження в різних агрокліматичних умовах дозволяють оцінити стабільність сортів, їх реакцію на варіювання погодних умов і придатність для конкретних виробничих систем [27].

Гречка як компонент кліматично розумного та сталого сільського господарства

У контексті адаптації сільського господарства до кліматичних змін гречка набуває стратегічного значення як культура, здатна забезпечувати стабільну продуктивність в умовах підвищеної мінливості погодних умов. Включення гречки до сучасних

сівозмін дозволяє диверсифікувати ризики, пов'язані з несприятливими погодними явищами, та забезпечити більш стійке економічне становище сільгоспвиробників [28].

Короткий вегетаційний період гречки створює унікальні можливості для її використання в інтенсивних сівозмінах як проміжної або покривної культури. Після збирання ранніх зернових або кормових культур гречка може бути висіяна як повторна культура, ефективно використовуючи післяжнивний період і залишки вологи в ґрунті. Такий підхід особливо актуальний в умовах скорочення орної площі та необхідності максимального використання сільськогосподарських угідь [19].

Агроекологічна роль гречки в сівозмінах реалізується через її здатність покращувати фітосанітарний стан ґрунту, переривати цикли розвитку шкідників і хвороб зернових культур, збагачувати ґрунт органічною речовиною. Алелопатичні властивості гречки сприяють природному контролю бур'янів, що зменшує потребу в гербіцидах у наступних культурах сівозміни [26].

Гречка може відігравати важливу роль у мітиматії кліматичних змін шляхом секвестрації вуглецю в ґрунті та зменшення викидів парникових газів. Завдяки інтенсивному розвитку кореневої системи та значному обсягу пожнивних решток, гречка сприяє накопиченню органічного вуглецю в ґрунті. Особливо ефективною вона є як покривна культура, оскільки забезпечує підвищення вмісту органічної речовини та покращення структури ґрунту. Дослідження засвідчили, що після вирощування гречки спостерігається зростання вмісту органічного вуглецю в ґрунті, що підтверджує її потенціал як екологічно цінної культури для пом'якшення наслідків змін клімату [37].

Мінімальні вимоги гречки до азотних добрив зменшують непрямі викиди N_2O , одного з найпотужніших парникових газів. Здатність культури ефективно використовувати фосфор з важкодоступних сполук знижує потребу у фосфорних добривах, виробництво яких характеризується високими енергетичними витратами та викидами CO_2 [38].

Фіторе mediaційні властивості гречки сприяють відновленню деградованих ґрунтів через покращення їх агрофізичних, агрохімічних і біологічних властивостей. Це особливо актуально для регіонів з інтенсивним сільськогосподарським використанням, де спостерігається зниження природної родючості ґрунтів [39], або для регіонів, які постраждали після воєнних дій [40].

Гречка як важлива продовольча культура

Гречка займає унікальне місце серед зернових культур завдяки винятковому поєднанню харчових і функціональних властивостей. Зерно гречки містить 8,5–18,8 % повноцінного білка [41] з оптимальним співвідношенням незамінних амінокислот, що

подібний до твердих речовин молока й яєць [42]. Білки гречки складаються з глобулінів (43,3–64,5 %), альбумінів (12,5–18,2 %), проламінів (0,8–2,9 %) та глютелінів (8,0–22,7 %), а також 15 % залишкових білків [43]. Склад амінокислот у білках гречки добре збалансований і багатий на аргінін (5,4–11,2 %), лізин (4,9–8,2 %) та аспарагінову кислоту (5,2–9,5 %) [44, 45].

Унікальність гречки полягає у високому вмісті флавоноїдів, таких як рутин, ізоорієнтин, кверцетин, ізофітєксин, вітєксин та орієнтин [46]. Серед усіх псевдозлаків рутин присутній лише в гречці, з вищими антиоксидантними, протизапальними та протираковими властивостями [47]. Флавоноїдні сполуки в гречці надають їй фармацевтичних та інших переваг для здоров'я [48]. Гречка також є хорошим джерелом резистентного крохмалю, танінів, рослинних стеролів і фагопіринів [49].

Також гречка містить значний комплекс мінералів: марганець (0,4 мг), мідь (0,15 мг), магній (51 мг), залізо (0,8 мг), фосфор (70 мг), цинк (0,61 мг), селен (2,2 мкг), калій (88 мг), кальцій (7 мг), натрій (4 мг). До вітамінного складу гречки входять: B1 (0,04 мкг), B2 (0,04 мкг), B3 (0,94 мкг), B5 (0,36 мкг), B6 (0,08 мкг), E (0,09 мкг), K (1,9 мкг), фолат (14 мкг), холін (20 мкг) [50].

Вуглеводний комплекс гречки характеризується переважанням повільних вуглеводів (крохмалю) з низьким глікемічним індексом (50 ± 4) [51], що робить її цінним продуктом для дієтичного харчування хворих на діабет. Відсутність глютену забезпечує безпечність гречки для людей з целиакією та непереносимістю глютену, захворюваннями, поширеність яких зростає у всьому світі [52].

У контексті зростання світового населення гречка може відігравати ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Висока адаптивність культури до маргінальних земель і несприятливих кліматичних умов дозволяє розширювати географію її вирощування, включаючи регіони з обмеженими можливостями для традиційних зернових культур [53].

Ефективність використання води гречкою значно вища порівняно з пшеницею або кукурудзою, що особливо важливо в умовах зростаючого дефіциту водних ресурсів. Короткий вегетаційний період дозволяє отримувати врожаї гречки навіть у регіонах з тривалими посушливими періодами, використовуючи короткі вологі сезони [54].

Значення гречки для продовольчої безпеки особливо проявляється у віддалених і гірських регіонах, де традиційні зернові культури мають обмежений потенціал. У Бутані, Непалі та північних провінціях Китаю гречка є основною зерновою культурою, забезпечуючи харчування мільйони людей [55].

Сучасні дослідження підтверджують виняткові функціональні властивості гречки як продукту харчування з доведеною користю для здоров'я. Регулярне споживання гречаних продуктів асоціюється зі зниженням ризику серцево-судинних захворювань

завдяки комплексній дії флавоноїдів, магнію, калію та розчинної клітковини [56].

Пребіотичні властивості гречаної клітковини сприяють нормалізації кишкової мікрофлори та покращенню травлення [57]. Резистентний крохмаль гречки підтримує ріст корисних біфідобактерій і лактобацил, що має позитивний вплив на імунітет і загальний стан здоров'я [49].

Антидіабетичні властивості гречки обумовлені наявністю D-хіро-інозиту, сполуки, яка покращує чутливість до інсуліну та сприяє нормалізації рівня глюкози в крові [58]. Клінічні дослідження показують, що включення гречки до раціону хворих на діабет 2 типу призводить до поліпшення глікемічного контролю та зниження потреби в медикаментозній терапії [59].

Розвиток харчових технологій відкриває нові можливості для створення інноваційних продуктів на основі гречки. Гречане борошно використовується для виробництва безглютенових хлібобулочних виробів, макаронних виробів, печива й інших продуктів для спеціального харчування [60].

Екструзійні технології дозволяють створювати гречані сухі сніданки, чіпси та снеки з високою харчовою цінністю [61]. Ферментативні методи переробки гречки відкривають можливості для виробництва функціональних напоїв, пробіотичних продуктів і дієтичних добавок [62].

Нанотехнології в харчовій промисловості дозволяють створювати інкапсульовані форми біологічно активних речовин гречки для підвищення їх біодоступності та стабільності. Це особливо актуально для виробництва нутрицевтиків і функціональних продуктів з доведеною ефективністю [63].

Перспективним напрямом є розробка персоналізованих продуктів харчування на основі гречки з урахуванням індивідуальних потреб споживачів, генетичних особливостей метаболізму та стану здоров'я [64]. Це відповідає сучасним трендам точного харчування та персоналізованої медицини.

Висновки

Мета огляду полягала в систематизації й аналізі сучасних наукових знань про роль гречки як стратегічної культури в контексті глобальних викликів XXI століття, оцінці її потенціалу для забезпечення агроекологічної сталості та продовольчої безпеки в умовах кліматичних змін, а також визначенні перспективних напрямів практичного застосування цієї унікальної культури в сучасних системах землеробства. Проведений огляд засвідчив, що агроекологічні переваги гречки реалізуються через її здатність покращувати родючість ґрунту, підтримувати біорізноманіття, природним чином контролювати бур'яни та з абезпечувати фіторе mediaцію забруднених територій. Короткий вегетаційний період і мінімальні вимоги до зовнішніх ресурсів забезпечують високу ресурсну ефективність культури, що особливо важливо в

умовах обмеженості природних ресурсів і необхідності зменшення екологічного впливу сільського господарства.

Встановлено, що кліматична адаптивність гречки проявляється у здатності продуктивно рости в широкому діапазоні агрокліматичних умов, толерувати температурні стреси й ефективно використовувати водні ресурси. Ці властивості набувають критичного значення в умовах зростаючої мінливості клімату та необхідності забезпечення стабільності сільськогосподарського виробництва.

Продовольче значення гречки обумовлене високою біологічною цінністю білка, унікальним комплексом біологічно активних речовин і відсутністю глютену. Функціональні властивості гречаних продуктів відповідають сучасним трендам здорового харчування та створюють передумови для розвитку спеціалізованих ринкових сегментів.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на оптимізацію технологій вирощування гречки в умовах кліматичних змін з метою збереження та підвищення її продуктивності й якості зерна.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

- Sirenko, N. M., & Chaika, T. O. (2012). Orhanichni produkty kharchuvannia u zabezpechenni prodovolchoi bezpeky Ukrainy. *Ekonomika APK*, 1, 43–48/ [in Ukrainian]
- Capua, G.D., & Rahmstorf, S. (2023). Extreme weather in a changing climate. *Environmental Research Letters*, 18, 102001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acfb23>
- Bogati, K., & Walczak, M. (2022). The impact of drought stress on soil microbial community, enzyme activities and plants. *Agronomy*, 12 (1), 189. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010189>
- How to Feed the World in 2050. (n.d.). *Food and Agriculture Organization*. Retrieved from: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- Chaika, T. O. (2013). Environmental consequences of traditional agriculture. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 95–99. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.18>
- Soil degradation: types, causes, effects and solutions. (2025). *Nextias*. Retrieved from: <https://www.nextias.com/blog/soil-degradation/>
- United Nations. (2000). *Defending the soil. Chapter C. UN Secretary General's report. A/54/2000*. United Nations, New York.
- Tripathi, S., Srivastava, P., Devi, R. S., & Bhadoria, R. (2020). Influence of synthetic fertilizers and pesticides on soil health and soil microbiology. *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation*, 25–54. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-103017-2.00002-7>
- Elouattassi, Y., Ferioun, M., El Ghachtouli, N., Derraz, K., & Rachidi, F. (2023). Agroecological concepts and alternatives to the problems of contemporary agriculture: Monoculture and chemical fertilization in the context of climate change. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 117 (2), 41–98. <https://doi.org/10.36253/jaeid-14672>
- Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. (2022). Vplyv pryrodno-klimatychnykh umov na urozhaisty i adaptyvnysh hrechky. T. O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalyykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (s. 159–165). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
- Tryhub, O. V., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. (2022). Hrechka yak vazhlyvyi skladnyk ekolohoorientovanykh pidkhodiv do zberezhenia i rozvytku ahroekosystem. T. O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalyykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (s. 73–85). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
- Tryhub, O. V., Kharchenko, Yu. V., Riabchun, V. K., Hryhorashchenko, L. V., & Dokukina, K. I. (2013). *Shyrokyi unifikovanyi klasyfikator rodu Hrechky (Fagopyrum Mill.)*. Ustymivka [in Ukrainian]
- Alekseieva, O. S., Taranenko, L. K., & Malyna, M. M. (2004). *Henetyka, selektsiia i nasinnystvo hrechky*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian].
- Demchuk, N. (2020). Tekhnolohiia vyroshchuvannia hrechky. *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/articles/347-tehnologiya-vyroschuvannya-grechki> [in Ukrainian]
- Heuzé, V., Tran, G., Maxin, G., & Lebas, F. (2019). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) grain and by-products. *Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO*. Retrieved from: <https://www.feedipedia.org/node/25140>
- Myers, R. (2018). Growing buckwheat for grain or cover crop use. Retrieved from: *MU Extension*. <https://extension.missouri.edu/publications/g4163#:~:text=Buckwheat%20has%20long%20been%20a,the%20more%20common%20clover%20honey>
- Thurman, J. H., & Furlong, M. J. (2024). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) floral strips support natural enemies and maintain yields in organic green bean (*Phaseolus vulgaris*) crops. *Biological Control*, 191, 105476. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105476>
- Jacquemart, A.-L., Cawoy, V., Kinet, J.-M., Ledent, J.-F., & Quinet, M. (2012). Is buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) still a valuable crop today? *European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 6 (Special issue 2), 1–10.
- Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Nohin, V. V. (2022). The importance of cultivating buckwheat as unique and environmentally oriented crop. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 69–76. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.08>
- Chaika, T. O. (2013). *Rozvytok vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v ahrarynomu sektori ekonomiky Ukrainy : monohrafiia*. Donetsk: Noulidzh [in Ukrainian]
- Domańska, J., Leszczyńska, D., & Badora, A. (2021). The possibilities of using common buckwheat in phytoremediation of mineral and organic soils contaminated with Cd or Pb. *Agriculture*, 11 (6), 562. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060562>
- Valenzuela, H., & Smith, J. (2002). Buckwheat. *Sustainable Agriculture*. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/10125/12734>
- Balabukh, V. O., Malytska, L. V., Dovhal, H. P., Yahodynets, S. M., & Lavrynenko, O. M. (2024). Changes in the frequency of sharp cold snaps in spring during the XXI century in Ukraine and their impact on agricultural production. *Agricultural Science and Practice*, 11 (3), 3–22. <https://doi.org/10.15407/agrisp11.03.003>
- Rarok, A. V. (2016). Udoshkonalennia okremykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia hrechky v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. *Candidate's thesis*. Podilskyi ATU. Kamianets-Podilskyi [in Ukrainian]
- Yakovets, L., & Solomon, A. (2023). State biological assessment of buckwheat varieties for nectar productivity depending on the factors of agricultural intensification. *Agriculture and Forestry*, 1, 195–209. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-14>
- Savitsky, K. A. (2003). *Kultura hrechky na Ukrayini*. Kyiv: Ukrghoskhozdat. [in Ukrainian]
- Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., & Liashenko, V. V. (2022). Vyznachennia suchasnykh vysokoproduktyvnykh sortiv hrechky dlia vyroshchuvannia v umovakh Lisostepovoi ta pivnichnoi chastyny Stepovoi zony Ukrainy. T. O. Chaika (Red.), *Zakhyst i vidnovlennia ekolohichnoi rovnovahy ta zabezpechennia samovidnovlennia ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (s. 172–203). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
- Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Dudka, K. O. (2021). Estimation of yield and adaptive characteristics of buckwheat genepool. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 27–36. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.03>

29. Serednia vrozhainist hrechky po Ukraini ne perevyschue 1,3 t/ha. (2020). *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/11637-serednya-vrojajnist-grechki-po-ukrayini-ne-perevischuye-13-t-ga> [in Ukrainian]
30. V 2024 rotsi naivyschha serednia vrozhainist hrechky 3,6 t/ha, prosa – 3 t/ha. (2024). *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/19878-v-2024-rotsi-nayvischha-serednya-vrojajnist-grechki-36-t-ga-prosa-3-t-ga> [in Ukrainian]
31. Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., Chaika, T. O., Lytovko, R. O., & Bozhko, V. I. (2023). The effect of sown areas' treatment with micro-fertilizers on yield and technological parameters of buckwheat varieties. *Taurian Scientific Herald*, 134, 178–184. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.23>
32. Tsoho sezonu v Ukraini ye vsi peredumovy zapobihy tsinovym hoidalkam na hrechku. (2025). *Agro-Business*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/32423-tsoho-sezonu-v-ukraini-ye-vsi-peredumovy-zapobihy-tsinovym-hoidalkam-na-hrechku.html> [in Ukrainian]
33. Tryhub, O. V., & Liashenko, V. V.. (2017). Sources of economic and breeding-valuable traits for buckwheat breeding (*Fagopyrum esculentum* Moench.). *Scientific Progress & Innovations*, 1-2, 48–55. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.1-2.10>
34. Povydalo, M., Taranuho, M., & Koval'chuk, S. (2024). Selection of highly productive source material in the selection of edible buckwheat. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 102 (3), 53–59. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202403-08>
35. Zaika, Ye. V., Kozub, N. A., Sozinov, I. A., Bidnyk, G. Ya., & Karazhbey, P. P. (2019). Polymorphism of buckwheat seed storage proteins in cultivar groups, differing by their morphotype. *Agricultural Science and Practice*, 6 (1), 10–17.
36. Sugiyama, M., Norizuki, M. M., Kikuchi, S., Yasui, Y., & Matsui, K. (2023). Development and chromosomal characterization of interspecific hybrids between common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and a related perennial species (*F. cymosum*). *Breeding Science*, 73 (2), 230–236. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.22063>
37. Lalewicz, P., Domagała-Swiątkiewicz, I., & Siwek, P. (2024). Phacelia and buckwheat cover crops' effects on soil quality in organic vegetable production in a high tunnel system. *Agronomy*, 14 (8), 1614. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081614>
38. Mahama, G. Y., Prasad, P. V. V., Roozeboom, K. L., Nippert, J. B., & Rice, C. W. (2020). Reduction of nitrogen fertilizer requirements and nitrous oxide emissions using legume cover crops in a no-tillage sorghum production system. *Sustainability*, 12 (11), 4403. <https://doi.org/10.3390/su12114403>
39. Chaika, T. O., Korotkova, I. V. (2023). Directions and reproduction soil fertility technologies in the post-war period in Ukraine. *Agrobiologia*, 1, 142–156. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-142-156>
40. Chaika, T., & Korotkova, I. (2023). Directions and reproduction soil fertility technologies in the post-war period in Ukraine. *Agrobiologia*, 1 (179), 142–156. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-142-156>
41. Dziadek, K., Kopeć, A., Pastucha, E., Piątkowska, E., Leszczyńska, T., Pisulewska, E., Witkiewicz, R., & Francik, R. (2016). Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. *Journal of Cereal Science*, 69, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.004>
42. Gimenez-Bastida, J. A., & Zielinski, H. (2015). Buckwheat as a functional food and its effects on health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63 (36), 7896–7913. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02498>
43. Chrungoo, N. K., Dohtdong, L., & Chetty, U. (2016). Diversity in seed storage proteins and their genes in buckwheat. *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*, 387–399. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803692-1.00031-6>
44. Bhinder, S. B., Kaur, A., Singh, M. P., Yadav, M. P., & Singh, N. (2020). Proximate composition, amino acid profile, pasting and process characteristics of flour from different Tartary buckwheat varieties. *Food Research International*, 130, 108946. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108946>
45. Christa, K., & Soral-Śmietana, M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components – a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 26, 153–162. <https://doi.org/10.17221/1602-CJFS>
46. Raguindin, P. F., Itodo, O. A., Stoyanov, J., Dejanovic, G. M., Gamba, M., Asllanaj, E., Minder, B., Bussler, W., Metzger, B., Muka, T., Glisic, M., & Kern, H. (2021). A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat. *Food Chemistry*, 338, 127982. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127982>
47. Zhu, F. (2016). Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 203, 231–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.050>
48. Lee, L. S., Choi, E. J., Kim, C. H., Sung, J. M., Kim, Y. B., Seo, D. H., & Park, J. D. (2016). Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and Tartary buckwheat. *Journal of Cereal Science*, 68, 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.005>
49. Ahmed, A., Khalid, N., Ahmad, A., Abbasi, N. A., Latif, M. S. Z., & Randhawa, M. A. (2014). Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: A review. *Journal of Agricultural Science*, 152, 349–369. <https://doi.org/10.1017/S0021859613000166>
50. Buckwheat nutrition: calories, carbs, GI, protein, fiber, fats. *FoodStruct*. Retrieved from: <https://foodstruct.com/food/buckwheat>
51. Movsisyan, Z. (2024). Buckwheat Glycemic Index (GI) - Is It High or Low? *FoodStruct*. Retrieved from: <https://foodstruct.com/food/buckwheat/glycemic-index>
52. Sofi, S. A., Ahmed, N., Farooq, A., Rafiq, S., Zargar, S. M., Kamran, F., Dar, T. A., Mir, S. A., Dar, N., & Khaneghah, A. M. (2022). Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Science and Nutrition*, 11 (5), 2256–2276. <https://doi.org/10.1002/fsn.3166>
53. Martínez-Goñi, X. S., Miranda-Apodaca, J., & Pérez-López, U. (2024). Enhanced photosynthesis, transpiration regulation, water use-efficiency and growth in buckwheat outperforms wheat response to high [CO₂], high temperature and drought. *Environmental and Experimental Botany*, 222, 105756. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105756>
54. Siracusa, L., Gresta, F., Sperlinga, E., & Ruberto, G. (2017). Effect of sowing time and soil water content on grain yield and phenolic profile of four buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) varieties in a Mediterranean environment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.04.005>
55. Jha, R., Zhang, K., He, Y., Mender-Drienyovszki, N., Magyar-Tábori, K., Quinet, M., Germ, M., Kreft, I., Meglič, V., Ikeda, K., Chapman, M. A., Janovská, D., Podolska, G., Woo, S.-H., Bruno, S., Georgiev, M. I., Chrungoo, N., Betekhtin, A., & Zhou, M. (2024). Global nutritional challenges and opportunities: Buckwheat, a potential bridge between nutrient deficiency and food security. *Trends in Food Science & Technology*, 145, 104365. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104365>
56. Matsui, K. & Walker, A. R. (2019). Biosynthesis and regulation of flavonoids in buckwheat. *Breeding Science*, 70 (1), 74–84. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19041>
57. Coman, M. M., Verdenelli, M. C., Cecchini, C., Silvi, S., Vasile, A., Bahrim, G. E., Orpianesi, C., & Cresci, A. (2013). Effect of buckwheat flour and oat bran on growth and cell viability of the probiotic strains *Lactobacillus rhamnosus* IMC 501®, *Lactobacillus paracasei* IMC 502® and their combination SYNBO®, in synbiotic fermented milk. *International Journal of Food Microbiology*, 167 (2), 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.015>
58. Cheng, F., Ge, X., Gao, C., Li, Y., & Wang, M. (2019). The distribution of D-chiro-inositol in buckwheat and its antioxidative effect in HepG2. *Journal of Cereal Science*, 89, 102808. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102808>
59. Khalid, S., Rehman, A., Mansha, M. A., Mukhtar, A., & Rehman, M. (2020). Exploring phyto-biochemical and nutraceutical profiling of buckwheat. *Journal of Agriculture Environment & Food Security*, 2, 32–73.

60. Chaika, T. O. (2025). Vykorystannia netradytsiinykh roslynnykh inhrediientiv u tekhnologii pshenchnoho khliba z metoiu pidvyshchennia yoho kharchovoi tsinnosti. *Stalyi lantsiuh kharchuvannia ta bezpeka kriz nauku, znannia ta biznes : II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia, 15 travnia 2025*. Kharkiv: DBTU [in Ukrainian]
61. Thakur, S., & Saxena, D. C. (2000). Formulation of extruded snack food (gum based cereal-pulse blend): optimization of ingredients levels using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 33, 354–361. <https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0668>
62. Matejčeková, Z., Liptáková, D., & Valík, E. (2017). Functional probiotic products based on fermented buckwheat with *Lactobacillus rhamnosus*. *LWT - Food Science and Technology*, 81, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.018>
63. Kumar, G., Srivastava, A., & Singh, R. (2019). Impact of Nanoparticles on Genetic Integrity of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 13 (1), 13–17.
64. Appiani, M., Rabitti, N. S., Proserpio, C., Pagliarini, E., & Laureati, M. (2021). Tartary buckwheat: a new plant-based ingredient to enrich corn-based gluten-free formulations. *Foods*, 10 (11), 2613. <https://doi.org/10.3390/foods10112613>

ORCID

V. Shevchuk 

<https://orcid.org/0009-0004-6320-2985>



2025 Shevchuk V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Can improving soil health enhance agricultural sustainability and resilience to climate change?

N. Volchenko | E. Zakharchenko | M. Ponomarenko

Article info

Correspondence Author

E. Zakharchenko

E-mail:

elionapolis@gmail.com

Sumy National Agrarian
University,
H. Kondratieva Str., 160,
Sumy, 40021,
Ukraine

Citation: Volchenko, N., Zakharchenko, E., & Ponomarenko, M. (2025). Can improving soil health enhance agricultural sustainability and resilience to climate change? *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 120–125. doi: 10.31210/spi2025.28.02.18

The paper is devoted to the currently relevant problem of achieving sustainable development and minimizing the consequences of climate change by improving soil health. The authors aimed to determine whether improving soil health can enhance agricultural sustainability and resilience to climate change. A theoretical justification is provided for three concepts: soil health, sustainable development goals, and climate change, through an understanding of soil functions. Soil plays a key role in conserving nutrients, regulating water balance, reducing erosion, and mitigating greenhouse gas emissions. An attempt has been made to analyze soil health indicators to understand how they can be influenced to prevent climate change. Depending on the importance and complexity of monitoring soil health indicators, they were divided into three levels of observation. Level I is for baseline indicators that require continuous, more frequent monitoring (e.g., annually): OM and soil moisture content, pH, bulk density, soil texture and structure, visual state, and earthworm count. II level is for more detailed and required laboratory analyses: potentially mineralized nitrogen content, cation exchange capacity, aggregate stability, electrical conductivity, water holding capacity indicators, and microorganism biomass. III level is for highly specialized laboratory research, which is held less frequently: microbial ratio (bacteria : fungi), C : N, soil respiration (CO₂ emission), enzyme activity, microbiome genetic analysis, soil fauna biodiversity index, infiltration capacity. Based on the research, we propose addressing the issues of soil health, sustainable development, and climate change mitigation through measures to improve water retention capacity, maintain biodiversity, reduce soil erosion and degradation, and mitigate greenhouse gas emissions from agriculture, as well as adapt agricultural systems. The main thing is that the soil must preserve its functions for future generations. Be that as it may, food security will still be a basic need of all mankind. People will satisfy all other needs only when their biological needs are regular and satisfied.

Keywords: humus, fertilizer, mycorrhizae, microbiota, soil fertility, yield, ecosystem.

Чи може покращення здоров'я ґрунту підвищити сталий розвиток сільського господарства та стійкість до зміни клімату?

Н. В. Волченко | Е. А. Захарченко | М. О. Пономаренко

Сумський національний
аграрний університет,
м. Суми, Україна

Стаття присвячена актуальній на сьогодні проблемі досягнення сталого розвитку та мінімізації наслідків зміни клімату шляхом покращення здоров'я ґрунту. Автори мали на меті визначити, чи може покращення здоров'я ґрунту підвищити стійкість сільського господарства та стійкість до зміни клімату. Наведено теоретичне обґрунтування трьох концепцій: здоров'я ґрунту, цілей сталого розвитку та зміни клімату через розуміння функцій ґрунту. Ґрунт відіграє ключову роль у збереженні поживних речовин, регулюванні водного балансу, зменшенні ерозії та пом'якшенні викидів парникових газів. Було зроблено спробу проаналізувати показники здоров'я ґрунту, щоб зрозуміти, як на них можна впливати для запобігання зміні клімату. Залежно від важливості та складності моніторингу за індикаторами здоров'я ґрунту, вони були поділені на три рівня за спостереженнями. I рівень призначений для показників базового рівня для постійного більш частого моніторингу: вміст органічної речовини (гумусу) та вологості ґрунту, pH, об'ємна щільність, текстура та структура ґрунту, візуальний стан, кількість дощових черв'яків. II рівень призначений для більш детальних лабораторних аналізів: вміст потенційно мінералізованого азоту, ємність катіонного обміну, стабільність агрегатів, електропровідність, показники вологостримувальної здатності, біомаси мікроорганізмів. III рівень призначений для вузькоспеціалізованих лабораторних досліджень і які проводяться більш рідше: мікробне співвідношення (бактерії : гриби), C : N, дихання ґрунту (виділення CO₂), активність ферментів, генетичний аналіз мікробіому, індекс біорізноманіття ґрунтової фауни, інфільтраційна здатність. На основі дослідження ми пропонуємо вирішувати проблеми здоров'я ґрунту, сталого розвитку та пом'якшення наслідків зміни клімату заходами з секвестрації вуглецю, покращення водоутримувальної здатності, підтримки біорізноманіття, зменшення ерозії та деградації ґрунту, скороченням викидів парникових газів від сільського господарства та адаптації сільськогосподарських систем. Головне, щоб ґрунт зберігав свої функції для майбутніх поколінь. Як би там не було, продовольча безпека все одно залишатиметься базовою потребою всього людства. Люди задовольнятимуть усі інші потреби лише тоді, коли їхні біологічні потреби будуть регулярними та задоволеними.

Ключові слова: гумус, добриво, мікориза, мікробіота, родючість ґрунту, врожайність, екосистема.

Бібліографічний опис для цитування: Волченко Н. В., Захарченко Е. А., Пономаренко М. О. Чи може покращення здоров'я ґрунту підвищити сталий розвиток сільського господарства та стійкість до зміни клімату? *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 120–125.

Today, in almost any field of research, any publication necessarily references the compliance of the authors' proposal and development with the Sustainable Development Goals. The general understanding of all 17 goals, which comprise 169 tasks [1], is often fixed as indisputable, so it does not need to prove its relevance. This is true because civilizational development is impossible without a perspective plan. Perspectives appear only if you strive for their implementation. This applies to sustainable development, particularly its thirteenth goal. According to the current report, "The Sustainable Development Goals Report. Special edition" [2], it identifies among the causes of climate change "the use of exhausting methods of land use and adherence to irrational patterns of consumption and production." We see a reference to land use that directly affects soil health as "the ability to function as a living ecosystem capable of supporting plants, animals and people" [3].

Unfortunately, the report mentioned above illustrates that the work to achieve Goal 13 does not coincide with the plan and has certain problems, including regression in some indicators. Therefore, the world community should make more efforts to realize this goal. We aim to demonstrate in this work that it is possible to achieve this by enhancing the health of the soil, similar to other mechanisms. To support this prediction, a quote from Raghavendra et al. [4] can be added, where even in the

definition of the term, its connection to sustainable agriculture is given: «Soil health indicators are a composite set of measurable physical, chemical, and biological attributes which relate to functional soil processes and are being used to evaluate soil health status»). Also, Doran [5] consistently points to the optimization of soil functions and resources as sustainable agricultural practices that support soil health.

Soil health is a complex concept that is balanced by various indicators. Allen et al. [6] define it as balanced and influencing performance. The perspective of using land fertility indicators is highlighted in the definition presented by Lehmann et al. [7]: "continued capacity of soil to function as a vital living ecosystem that sustains plants, animals and humans, and connects agricultural and soil science to policy, stakeholder needs and sustainable supply-chain management". The definition of soil health is inextricably linked to its ability to perform its primary functions and its relationship to various subjects, as outlined in the above definition: plants, animals, and people. So, the more effectively the soil will be able to realize its functions, the more effective will be the sustainability of its use for agricultural purposes.

Soil health can be assessed using specific indicators and specific methods. Summarizing the research of Kibblewhite et al [8], we schematically depicted the following methods of soil health assessment and analysis (*Fig. 1*).

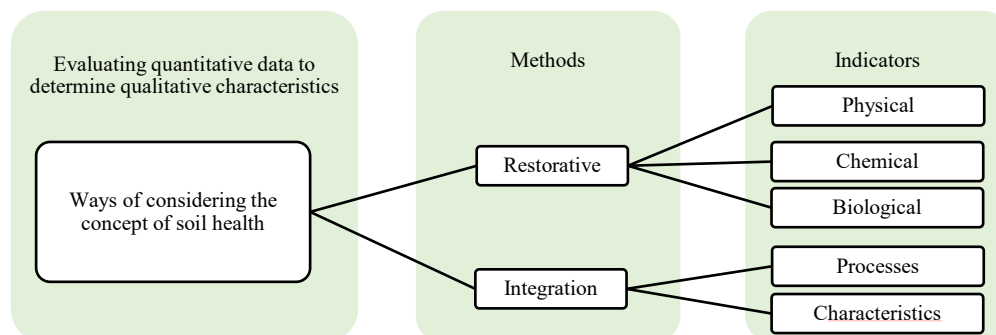


Fig. 1. Methods and indicators of soil health assessment (construction based on literary data).
Source: [8].

Theoretically, in this case, we can discuss assessing quality indicators and their interaction, which form the processes and their consequences, which will be decisive. To develop a system of indicators that need to be influenced to improve soil health, it is necessary, first of all, to identify the key numbers to focus on when enhancing soil use for sustainability (*Table 1*).

In a natural ecosystem unaffected by humans, the carbon balance is positive; plants photosynthesize, their residues accumulate in the soil and turn into humus [9]. When farmers begin farming in the fields, they can disrupt the natural balance, potentially leading to a threat of climate change [10]. When farmers harvest crops from the field, the energy in the form of organic compounds and residues is removed, which should have been absorbed by the soil, and it also removes phosphorus, potassium, and trace elements [11]. Therefore, the more intensive the farming system, the more humans deplete the soil.

Table 1

Some indicators of soil health that may be associated with sustainability and the mitigation of climate change

Indicators	Function	Task
Primary productivity	Safeguarding the environment, regulating biological populations; water cycle; providing habitat	Production of biomass
Organic substances and carbon; potentially mineralized nitrogen	Cyclicity of elements and organic substances; water cycling	Supply of nutrients, climate regulation
Water holding capacity	Provision of habitat and regulation of biological population	Temperature regulation, water quality and supply
Soil texture and stability	Maintenance of good soil structure	Erosion control

Source: [4, 6].

Soil organic matter is not only humus, but also plant and animal remains, as well as living flora and fauna: from bacteria to field mice. The organic components of the soil are constantly in a state of transition from one form to another. Plants take mineral elements from the soil, their residues become food for animals, insects and microorganisms [12]. Complete decomposition of the remains of plants and all those who fed on them leads to the release of mineral elements needed by plants, as well as to the accumulation of additional organic matter in the form of humus compounds [13]. This is a positive carbon balance in a healthy ecosystem. Climate change and carbon balance always go hand in hand [14].

Agribusinesses are not increasing the productivity of ecosystems, but are using more and more mineral nutrients and pesticides to combat the consequences of declining soil productivity. Unhealthy crop rotation [15] leads to an increase in the use of chemical pesticides (especially first-generation ones), which alters the qualitative composition of soil biota. As a result, the simplest unicellular organisms, as well as worms and insects, die, the diversity of the microbial world decreases, and mycorrhizal fungi disappear. There is also a change in the ratio of beneficial to harmful microorganisms, and pathogenic fungi and bacteria begin to predominate in number. Excessive use of mineral nutrition while reducing organic matter reserves in the soil leads to soil salinization [16]. A stable ecosystem, formed from everything available in this climatic zone, will significantly improve the circulation of substances and stabilize climatic changes.

The reproduction of pathogens on vegetative plants causes epiphytes of diseases (excessive spread of the disease). With monocultures and two-field crop rotations, where the same list of pathogens accumulates from year to year, against the backdrop of a reduction in the number and diversity of beneficial microflora, there is an uncontrolled increase in the number of pathogens. Thus, more chemicals are needed to protect the plant. The same applies to pest control, particularly in the context of a decline in the biodiversity of entomophages [17]. The lack of labile organic matter, combined with an excessive amount of mineral nutrition, forces the microbiocenosis of the soil to utilise humus as a source of carbon and energy. Although humus is a very stable structure that is not easily degraded by microbes, microbes find a way to feed on it when necessary. Thus, mineralization of organic matter begins to prevail over condensation (formation of new organic compounds), and the soil increasingly loses organic matter.

To monitor the health of the soil, it is necessary to monitor the state of the soil constantly. In addition to agrochemical analysis, microbiological analysis of the soil is also necessary. This will allow monitoring the following critical components, in particular: the dynamics of changes in the content of organic matter in the soil; important structural indicators (the degree of compaction, moisture content, erosion); changes in soil microflora, in particular the accumulation of pathogens, reduction in the number of functional groups of microorganisms [18].

The problem can be solved in the future by restoring the carbon balance. First, it is necessary to compensate for carbon losses due to the use of covering crops or

composts, and second, it is necessary to restore the soil microflora, which should transform this organic matter into humus compounds. The first step in this process is to refuse burning plant residues and instead promote their controlled decomposition with the aid of microbial preparations, which aim to enhance the soil microbiota.

Soil biota consists of several elements. Among which: the smallest parts are bacteria, actinomycetes, fungi, and the larger ones are the simplest primary-mouthed amoebas, ciliates, which feed on microorganisms. Next comes mesofauna (insects, worms), which feed on protozoa, and macrofauna, all the animals that live in this area. Therefore, to restore the normal flora and fauna of the soil, it is necessary to start with the lowest link – microorganisms [19]. Correction of soil dysbacteriosis entails the restoration of other links in the food chain that are disturbed by “extensive” agriculture.

In the presence of a sufficient amount of available organic substances in the soil, healthy flora and fauna can influence the soil's physical and chemical characteristics [20, 21]. Loosening, desalination, normalization of acidity, and an increase in moisture content – all desirable phenomena for every agronomist can be achieved due to soil improvement. After all, a stable ecosystem can maintain soil productivity, control the number of pests and pathogens, protect plants from stress factors, and reduce the risk of agriculture. What farmers will have as a result is healthy soil, and therefore the opportunity to implement agriculture, let's say, “without fanaticism” from the point of view of the use of harmful substances and components.

Many experts believe it is necessary to switch to plough-less soil cultivation to prevent moisture and yield loss [22]. In general, practices of zero or minimal tillage, cover crops, and agroforestry contribute not only to soil conservation but also prevent soil degradation, which is an additional factor in climate change and, at the same time, is influenced by it [23]. That is, these indicators are interconnected and cause mutual influence.

Don't forget that soil management practices that improve soil health can also reduce greenhouse gas emissions from agriculture. For example, improving nitrogen management reduces emissions of N_2O , a potent greenhouse gas. What can be done? It is essential to pay attention to the forms of nitrogen available to plants, which are primarily water-soluble, including nitrates, ammonium, and some amino acids [24].

There may be other forms, but these are the most important. In total, about 54 different amino acids and amino acid-type compounds are identified as available to plants. There are many methods for determining nitrogen in the soil. The burning method is one of the most famous [25]. This method provides information on total nitrogen (organic + inorganic) and total carbon. Also known is the method of extraction with a solution of potassium chloride, which yields the total amount of inorganic nitrogen (nitrates + ammonium). Understanding the value of total nitrogen (organic + inorganic), we can subtract the value of inorganic nitrogen (nitrates + ammonium) from it; this way, we will obtain the organic nitrogen value. In the context of the “Soil Health” principles, nitrogen extracted with clean water (water extraction) is currently analyzed. After extraction from

the aqueous extract, organic nitrogen, nitrate and ammonium are analyzed; all of these forms of nitrogen are thought to be available to plants because they are water-extractable (dissolved in water). In a natural stable environment, the dominant form of organic nitrogen in the soil is amino acids; therefore, from the point of view of “Soil Health”, the analysis of water-soluble organic nitrogen [26] is a successful and informative method. If we do not consider the introduction of nitrogen fertilizers, there are two main sources of nitrogen entering the soil: as a product of the vital activity of soil biomass, and from organic matter [27].

All this nitrogen can also be considered when considering the need for fertilizers. It is believed that one to three percent of nitrogen enters the soil during mineralization from organic matter. Standard agrochemical soil analysis uses various solutions (e.g., ammonium acetate, DTPA, Mehlich III, and others) to measure plant-available nutrients and total plant-absorbable minerals. To analyse the total amount of nutrients (most of which are unavailable forms that can be considered a mineral reserve), the decomposition of samples (digestion) is used; therefore, let’s not confuse these two different chemical methods. But how do plants get these unavailable forms of nutrients? Answer: only thanks to microorganisms and the mycorrhizal connection. All the necessary mineral nutrients, which are critical for plant health, but are in an unavailable forms, can be obtained by plants only through the association with mycorrhizae [28]. Nature provides us with all these

nutrients for free, but the most important thing is that we need to understand how these substances are released (become available to plants). The percentage of bacterial colonization can be measured by microscopy and microscopic techniques, which are very accurate but time-consuming and expensive. Plant roots (as working material) are used to identify this percentage of bacterial colonization, because that is where nutrient exchange takes place [29].

However, two new and very sensitive methods exist: “Soil respiration” and the PLFA test (Phospholipid Fatty Acids Test – analysis of phospholipid fatty acids). Soil respiration provides information on the total number of microbial communities based on the amount of carbon dioxide released from the soil [30]. The soil sample is placed in a small glass jar, moistened with a small amount of water, and then closed with a lid. It is kept in an incubator for 24 hours in a warm environment. After 24 hours, the amount of carbon dioxide released from this soil is measured. The PLFA test (Phospholipid Fatty Acid Test) is an analysis designed to detect total microbial biomass using specific biomarkers that are unique to certain microbial groups [31]. These biomarkers are quantified by gas chromatography and provide information on the following soil communities: bacteria (gram-positive and gram-negative), fungi, mycorrhizae, actinomycetes, nitrogen-fixing bacteria, and protozoa.

We have conventionally divided soil health indicators into three levels (*Fig. 2*).

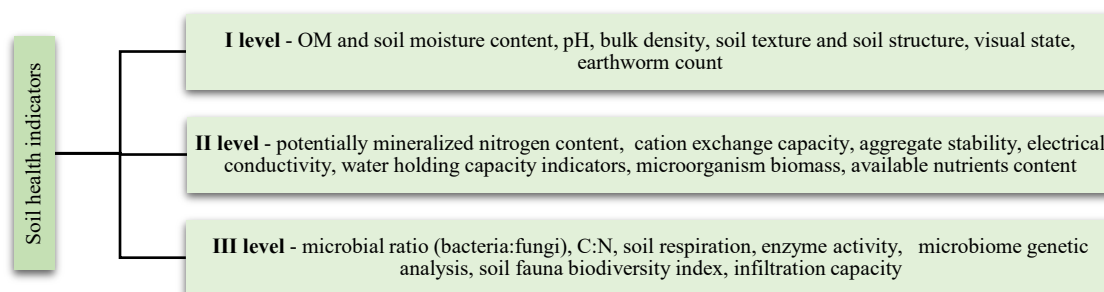


Fig. 2. Classification of soil health indicators depending on the complexity of the measurement, the availability of techniques, and the depth of interpretation

Source: [4, 27, 29, 32, 33].

Level I is the baseline level for annual monitoring. The II level is for more detailed and required laboratory analyses. The III level is for highly specialized laboratory research.

It is obvious that achieving soil health and implementing sustainable agricultural practices will help minimize the negative consequences of climate change (*Fig. 3*).

It is possible to combine the proposed measures and predict their impact on the main trends in climate change that we are currently observing. For example, these include an increase in air temperature and the melting of glaciers, an increase in extreme weather conditions (such as droughts, downpours, and hurricanes), a rise in carbon dioxide concentration, and a decline in biodiversity in various ecosystems. All this affects all areas of human

activity and the human body. An increase in the number of diseases caused by climate change can lead to a deterioration in nations’ overall health and a reduction in life expectancy. Climate change can lead to population migration, resource conflicts, economic losses due to reduced harvests, and infrastructure destruction, necessitating significant adaptation and recovery costs.

Think about this: total human consumption of plant-based foods in developed countries is about 500–600 kg [34]. Food waste, on average, per person is 79–132 kg. If you add garden waste and other biodegradable materials to this amount, the total waste will increase to 200–300 kg per year per person. People on the planet need to be fed, and at the same time, the fertility of the soil needs to be maintained.

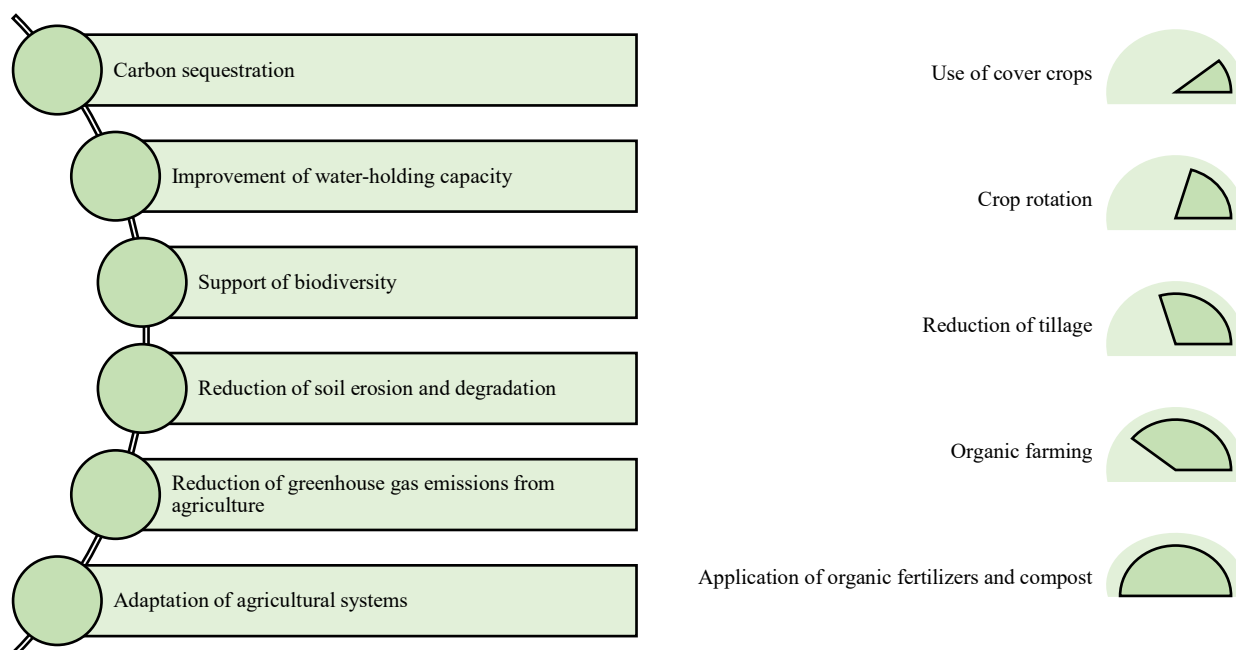


Fig. 3. Means of achieving soil health and practising sustainable agriculture, which can influence the minimization of the negative consequences of climate change

Source: [20, 28].

Conclusions

Soil health, sustainable development, and climate change mitigation are interrelated and require a comprehensive approach to address their interconnected challenges. The main solutions can be reducing greenhouse gas emissions, adapting to new climatic conditions, and introducing sustainable agriculture practices. The primary concern is that the soil must retain its functions for future generations. Be that as it may, food security will still be a basic need of all mankind. People will satisfy all other needs only when their biological needs are normal and satisfied.

Improving soil health is a critical tool for increasing agricultural sustainability and its adaptability to climate change. Soil restoration is not a short-term measure, but a long-term investment in the sustainability and productivity of agroecosystems. Farmers who implement biocentric technologies not only achieve better yields, but also reduce their farms' vulnerability to climate risks.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. (2015). *Sustainable Development Goals (A/70/L.1)*. Retrieved from: <http://surl.li/tvqgpa>
2. The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition. (2023). *The Sustainable Development Goals Report*. <https://doi.org/10.18356/9789210024914>
3. Zdorovia hruntu. (2022). *Nuseed*. <http://surl.li/tvqgov> [in Ukrainian]
4. Raghavendra, M., Sharma, M. P., Ramesh, A., Richa, A., Billore, S. D., & Verma, R. K. (2020). Soil health indicators: methods and applications. *Soil Analysis: Recent Trends and Applications*, 221–253. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2039-6_13

5. Doran, J. W. (2002). Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88 (2), 119–127. [https://doi.org/10.1016/s0167-8809\(01\)00246-8](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(01)00246-8)
6. Allen, D. E., Singh, B. P., & Dalal, R. C. (2011). Soil health indicators under climate change: A review of current knowledge. *Soil Health and Climate Change*, 25–45. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20256-8_2
7. Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1 (10), 544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
8. Kibblewhite, M. G., Ritz, K., & Swift, M. J. (2007). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (1492), 685–701. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>
9. Raspopina, S. P., Degtyarjov, V. V., Trofymenko, P. I., Trofimenko, N. V., & Zatserkovnyi, V. I. (2019). Organic carbon content in the old-arable soils of the ukrainian polissia forest ecosystems. *Monitoring 2019*, 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903257>
10. Datsko, O., Kovalenko, V., Yatsenko, V., Sakhoshko, M., Hotvianska, A., Solohub, I., Horshchar, V., Dubovyk, I., Kriuchko, L., & Tkachenko, R. (2024). Increasing soils fertility as a factor in the sustainability of agriculture and resilience to climate change. *Modern Phytomorphology*, 18, 110–113. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14591570>
11. Skilky koshtuie zdorovia gruntu? (2022). *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/870-skilky-koshtuie-zdorovya-gruntu> [in Ukrainian]
12. Mishchenko, Y., Kovalenko, I., Butenko, A., Danko, Y., Trotsenko, V., Masyk, I., Radchenko, M., Hlupak, Z., & Stavyskyi, A. (2022). Microbiological activity of soil under the influence of post-harvest siderates. *Journal of Ecological Engineering*, 23 (4), 122–127. <https://doi.org/10.12911/22998993/146612>
13. Khomenko, T., & Tonkha, O. (2024). Assessment of the biological activity of derno-podzolic soil using organic technologies for potato cultivation. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20 (1). [https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.005](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.005)
14. Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G., Pajtík, J., Sedmák, R., & Turcáni, M. (2011). Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47 (3), 219–236. <https://doi.org/10.3354/cr01024>
15. Arnold, H. (2012). Concepts in Crop Rotations. *Agricultural Science*. <https://doi.org/10.5772/35935>

16. Bui, E. N. (2017). Causes of soil salinization, sodification, and alkalization. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.264>
17. Gupta, R. K., Srivastava, K., & Bali, K. (2012). An entomophage park to promote natural enemy diversity. *Biocontrol Science and Technology*, 22 (12), 1442–1464. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.731685>
18. Nyamasoka-Magonziwa, B., Vanek, S. J., Ojiem, J. O., & Fonte, S. J. (2020). A soil tool kit to evaluate soil properties and monitor soil health changes in smallholder farming contexts. *Geoderma*, 376, 114539. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114539>
19. Singh, J. S., Pandey, V. C., & Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140 (3–4), 339–353. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.017>
20. Mehra, P., Singh, B. P., Kunhikrishnan, A., Cowie, A. L., & Bolan, N. (2018). Soil health and climate change: a critical nexus. *Managing Soil Health for Sustainable Agriculture Volume 1: Fundamentals*, 39–68. <https://doi.org/10.19103/as.2017.0033.04>
21. Telo da Gama, J. (2023). The role of soils in sustainability, climate change, and ecosystem services: Challenges and opportunities. *Ecologies*, 4 (3), 552–567. <https://doi.org/10.3390/ecologies4030036>
22. Basanets, O. (2020). 10 sposobiv pokrashchennia stanu gruntiv. *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/articles/407-10-sposobiv-pokrashchennya-stanu-gruntiv> [in Ukrainian]
23. Sobko, M., Zakharchenko, E., Kolisnyk, O., Medvid, S., Kysylchuk, A., Krokhin, S., Rudska, N., Amons, S., Omelianenko, O., Bondarets, R., & Surzhykov, M. (2024). Yield and energy efficiency of sunflower cultivation under different primary soil tillage methods. *Modern Phytomorphology*, 18, 200–204. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14590801>
24. Zhang, X., & Zakharchenko, E. A. (2023). Effect of biogas slurry returning to field on soil phosphatase activity. *Interagency Thematic Scientific Collection «Irrigated Agriculture»*, 79, 83–87. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.11>
25. Muñoz-Huerta, R., Guevara-Gonzalez, R., Contreras-Medina, L., Torres-Pacheco, I., Prado-Olivarez, J., & Ocampo-Velazquez, R. (2013). A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: Advantages, disadvantages and recent advances. *Sensors*, 13 (8), 10823–10843. <https://doi.org/10.3390/s130810823>
26. Zhang, Q., Anastasio, C., & Jimenez-Cruz, M. (2002). Water-soluble organic nitrogen in atmospheric fine particles (PM_{2.5}) from northern California. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 107(D11). <https://doi.org/10.1029/2001jd000870>
27. Horwath, W. (2007). Carbon cycling and formation of soil organic matter. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*, 303–339. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-047514-1.50016-0>
28. Davis, A. G., Huggins, D. R., & Reganold, J. P. (2023). Linking soil health and ecological resilience to achieve agricultural sustainability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21 (3), 131–139. <https://doi.org/10.1002/fee.2594>
29. Macci, C., Vannucchi, F., Scartazza, A., Masciandaro, G., Doni, S., & Peruzzi, E. (2025). Soil–plant indicators for assessing nutrient cycling and ecosystem functionality in urban forestry. *Urban Science*, 9 (3), 82. <https://doi.org/10.3390/urbansci9030082>
30. Luo, Y., & Zhou, X. (2006). Controlling factors. *Soil Respiration and the Environment*, 79–105. <https://doi.org/10.1016/b978-012088782-8/50005-x>
31. Quideau, S. A., McIntosh, A. C. S., Norris, C. E., Lloret, E., Swallow, M. J. B., & Hannam, K. (2016). Extraction and analysis of microbial phospholipid fatty acids in soils. *Journal of Visualized Experiments*, 114. <https://doi.org/10.3791/54360>
32. Datsko, O., & Zakharchenko, E. (2024). Influence of biofertilizers and soil cultivation systems on corn grain quality and their correlation. *Science, Technology and Innovation in the Context of Global Transformation*. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-499-3-2>
33. Kaziuta, A., Kaziuta, O., Dehtiarov, V., & Pachev, I. (2024). The structural condition of typical chernozem in agrocenosis. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 27 (3), 389–417.
34. World squanders over 1 billion meals a day – UN report. (2024). *UN Environment Programme*. Retrieved from: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/world-squanders-over-1-billion-meals-day-un-report>

ORCID

N. Volchenko  <https://orcid.org/0000-0002-5748-972X>
 E. Zakharchenko  <https://orcid.org/0000-0002-9291-3389>
 M. Ponomarenko  <https://orcid.org/0009-0001-0494-3116>



2025 Volchenko N. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Innovative technologies for the synthesis of pharmaceuticals in transgenic plants

N. Inshyna✉

Article info

Correspondence Author

N. Inshyna

E-mail:

n.inshyna@med.sumdu.edu.ua

Sumy State University,
Kharkivska Str., 116,
Sumy 40007, Ukraine

Sumy National Agrarian
University,
H. Kondratieva Str., 160,
Sumy, 40021,
Ukraine

Citation: Inshyna, N. (2025). Innovative technologies for the synthesis of pharmaceuticals in transgenic plants. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 126–130. doi: 10.31210/spi2025.28.02.19

The use of transgenic organisms for the production of pharmaceutical compounds has given rise to a new industry, biopharmaceutical, whose main products are vaccines, monoclonal antibodies, and therapeutic and nutraceutical proteins. The high cost of biopharmaceuticals necessitates the search for and development of new synthesis technologies that will ensure their availability to the general population. The aim of this study was to characterize the current achievements in the field of biopharmaceuticals and to determine the potential of transgenic plants as an alternative means for the production of therapeutic and preventive recombinant proteins. The study used a systematic approach, systematic analysis, and bibliosemantic method to review the literature on the synthesis of pharmaceuticals in transgenic plants. The development of plant genetic engineering has given rise to new methods for the synthesis of biologically active peptides and proteins characterized by better economic efficiency, productivity, and safety than traditional expression systems based on microbial or mammalian cells. Unlike bacteria, plants provide post-translational modification of proteins similar to those in the human body. This enables plants to produce biologically active recombinant human proteins of high quality. To date, transgenic plants have been created that are capable of synthesizing human proteipeptide hormones, enzymes, monoclonal antibodies, interferons, growth factors, cytokines, and microbial antigens for the production of vaccines. The development and improvement of the transient expression system in plants allows the production of pharmaceuticals in a short time, which is important during pandemics. The newest pharmaceuticals have been created on the basis of genetically modified plants: ZMapp, a complex of monoclonal antibodies against Ebola; Covifenz vaccine against SARS-CoV-2; and Eleliso, a drug for the enzyme replacement therapy of Gaucher disease. The production of edible vaccines is a priority area of application of transgenic plants in the pharmaceutical industry. The development and implementation of recombinant protein synthesis technologies based on plant expression systems creates new opportunities to provide humanity with affordable and safe therapeutic and preventive pharmaceuticals.

Keywords: recombinant proteins, monoclonal antibodies, vaccines, biotechnology, plant genetic engineering.

Інноваційні технології синтезу фармацевтичних сполук у трансгенних рослинах

Н. М. Іншина

Сумський державний
університет,
м. Суми, Україна

Сумський національний
аграрний університет,
м. Суми, Україна

Застосування трансгенних організмів з метою одержання фармацевтичних сполук започаткувало розвиток нової галузі – біофармацевтики, основними продуктами якої є вакцини, моноклональні антитіла, терапевтичні та нутрицевтичні білки. Висока вартість біофармацевтичних препаратів обумовлює необхідність пошуку і розробки нових технологій синтезу, що забезпечать їх доступність для широких верств населення. Метою даної роботи було охарактеризувати сучасні досягнення біофармацевтики та з'ясувати потенціал трансгенних рослин як альтернативних засобів для виробництва терапевтичних і профілактичних рекомбінантних білків. У дослідженні використовували системний підхід, системний аналіз та бібліосемантичний метод для огляду літературних джерел стосовно технологій синтезу фармацевтичних сполук у трансгенних рослинах. Розвиток генетичної інженерії рослин обумовив появу нових технологій синтезу біологічно активних пептидів і білків, що характеризуються кращими показниками економічної ефективності, продуктивності та безпеки, порівняно з традиційними системами експресії на основі клітин мікроорганізмів або ссавців. Рослини, на відміну від бактерій, володіють системами посттрансляційної модифікації білків, подібними до таких, що здійснюються в організмі людини. Це забезпечує можливість одержання біологічно активних рекомбінантних білків людини високої якості. На сьогодні створені трансгенні рослини, що здатні синтезувати білково-пептидні гормони людини, ферменти, моноклональні антитіла, інтерферони, фактори росту, цитокіни, антигени мікроорганізмів для виробництва вакцин. Розробка та вдосконалення системи тимчасової експресії трансгенів у рослинах дозволяє одержувати фармацевтичні сполуки у стислі терміни, що має важливе значення під час пандемій. На основі генетично модифікованих рослин створені фармацевтичні препарати: ZMapp – комплекс моноклональних антитіл проти лихоманки Ебола, вакцина Covifenz проти SARS-CoV-2, Елелісо – препарат для ферментозамісної терапії хвороби Гоше. Перспективним напрямом застосування трансгенних рослин у фармацевтичній галузі є виробництво істинних вакцин. Розробка і впровадження технологій синтезу рекомбінантних білків на основі рослинних систем експресії відкриває нові можливості забезпечення людства ефективними та доступними фармацевтичними препаратами.

Ключові слова: рекомбінантні білки, моноклональні антитіла, вакцини, біотехнологія, генетична інженерія рослин.

Бібліографічний опис для цитування: Іншина Н. М. Інноваційні технології синтезу фармацевтичних сполук у трансгенних рослинах. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 126–130.

Розвиток і вдосконалення методів генетичної інженерії рослин відкриває нові перспективи для їх застосування у медичній і фармацевтичній галузі з метою одержання біологічно активних рекомбінантних білків і пептидів, що є складовими багатьох лікарських засобів [1–2]. Наразі вартість біофармацевтичних препаратів обмежує їх доступність, що обумовлює необхідність розробки нових економічно доцільних технологій синтезу.

Застосування трансгенних рослин в якості продуцентів рекомбінантних білків має суттєві переваги порівняно із традиційними системами експресії на основі бактерій або культури клітин ссавців. Клітини рослин, на відміну від мікроорганізмів, володіють механізмами посттрансляційної модифікації синтезованих білків, подібними до таких, що відбуваються в клітинах людини [3]. Біофармацевтичні препарати рослинного походження дешеві у виробництві та зберіганні, вони є безпечними, оскільки не містять вірусів чи пріонів, здатних вражати клітини людини [4–5]. Вартість виробництва рекомбінантних білків у рослинах може бути в 10–50 разів нижчою, ніж виробництво того самого білка шляхом ферментації *Escherichia coli* [6]. Виробництво фармацевтичних сполук у рослинах легко масштабувати [7].

Перші дослідження з можливості синтезу рекомбінантних білків людини у трансгенних рослинах були здійснені у 1980-ті рр. Були створені генетично модифіковані сорти тютюну, що здатні синтезувати гормон росту людини (1986 р.), імуноглобулін G (1989 р.), альбумін сироватки крові (1990 р.). Пізніше були розроблені технології синтезу компонентів вакцин, інтерферонів, моноклональних антитіл та ферментів для фармацевтичної промисловості [5, 8].

У 2012 р. був комерціалізований перший фармацевтичний продукт на основі трансгенних рослин «Елелісо» Protalix Biotherapeutics Inc., що використовується для лікування хвороби Гоше [9]. Молекулярною причиною захворювання є спадковий дефіцит ферменту глюкоцереброзидази. Для зменшення клінічних симптомів захворювання здійснюють ферментозамісну терапію. У якості джерела глюкоцереброзидази використовували плаценту людини. Препарат глюкоцереброзидази був одним із найдорожчих у світі, оскільки для одного пацієнта з хворобою Гоше I типу необхідно було витратити 10–12 тон плаценти на рік. Розробка технології синтезу глюкоцереброзидази у генетично модифікованому тютюні суттєво знизила вартість одержання препарату і зробила його доступним для пацієнтів [10].

На сьогодні генетично змінено більше 150 різних видів рослин, їх застосовують для синтезу біоактивних пептидів і білків, виробництва моноклональних антитіл та компонентів вакцин [11–12].

Метою проведеного огляду було охарактеризувати сучасні досягнення біофармацевтики та з'ясувати потенціал трансгенних рослин як альтернативних засобів для виробництва терапевтичних і профілактичних рекомбінантних білків.

Завдання роботи полягали у висвітленні основних методів генетичної трансформації рослин з метою їх використання в якості систем експресії для синтезу

рекомбінантних білків медичного призначення, а також для розробки технологій одержання істивних вакцин.

В роботі використовували системний підхід, системний аналіз та бібліосемантичний метод дослідження. Були проаналізовані сучасні англомовні джерела стосовно розробки і впровадження технологій синтезу фармацевтичних сполук на основі трансгенних рослин. Інформаційний пошук здійснювали з використанням баз даних: PubMed, Web of Science Core Collection, Scopus та Google Scholar.

Методи генетичної трансформації рослин

Найчастіше у якості біореакторів для синтезу фармацевтичних сполук використовують трансгенні сорти тютюну, кукурудзи, сої, помідорів, рису, пшениці, картоплі, сафлору, люцерни та листової гірчиці [13]. Рослини генетично модифікуються шляхом введення генів, що забезпечують синтез рекомбінантних білків або пептидів. З цією метою найчастіше застосовують опосередковану *Agrobacterium tumefaciens* трансформацію ядерної ДНК рослин. Даний метод забезпечує стабільну експресію трансгенів у рослинах, проте рівень експресії не завжди достатній для виробництва біофармацевтичних білків у промислових масштабах [14].

В якості альтернативи були розроблені системи тимчасової експресії трансгенів з використанням вірусних векторів, які забезпечують швидку експресію білка на високому рівні протягом кількох днів. Тимчасова експресія рослин має величезний потенціал для виробництва білків швидкого реагування, екстрених вакцин або біопрепаратів, що було доведено під час спалаху лихоманки Ебола в 2014 р. На основі трансгенного тютюну *Nicotiana benthamiana* був розроблений фармацевтичний препарат ZMapp – комплекс моноклональних антитіл проти лихоманки Ебола [9, 15]. Під час пандемії COVID-19 застосування систем тимчасової експресії дозволило у стислі терміни одержати моноклональні антитіла та субодичні вакцини проти SARS-CoV-2 [16–17]. Використовуючи платформу тимчасової експресії, можна в короткі терміни масштабувати виробництво рекомбінантних білків у рослинах [18].

Іншим підходом у застосуванні рослин для синтезу рекомбінантних білків є генетична трансформація хлоропластів. Перевагами трансформантів хлоропластів є безпечність та високий рівень експресії трансгенів. Встановлено, що при введенні гену фактору росту людини у ДНК хлоропластів кількість синтезованого білка значно вища, ніж при вбудовуванні цього ж гену у ядерну ДНК [19]. На сьогодні тютюн *N. benthamiana* найактивніше використовувався для виробництва рекомбінантних білків у хлоропластах.

Для одержання фармацевтичних сполук використовують не лише цілі рослини, але й суспензійні культури рослинних клітин [20]. Перший рослинний фармацевтичний препарат Елелісо був вироблений у суспензійних культурах клітин тютюну та моркви, що доводить ефективність даної технології.

Таким чином, основними технологіями, що використовуються для виробництва фармацевтичних сполук у трансгенних рослинах, є генетична трансформація ядерної ДНК, що забезпечує стабільну або тимчасову експресію трансгенів, трансформація ДНК хлоропластів, застосування суспензійних культур трансформаних рослинних клітин.

Виробництво рекомбінантних білків людини

Завдяки досягненням генної інженерії створені трансгенні рослини, що здатні синтезувати різноманітні антитіла ссавців і людини, фактори росту, цитокіни, інтерферони, фактори згортання крові, гормони (інсулін, соматотропін, еритропоєтин, кальцитонін), ферменти, колаген, альбумін та інші рекомбінантні білки [8, 21–24].

В якості продуцента рекомбінантних білків людини найчастіше використовують тютюн, оскільки дана рослина швидко нарощує біомасу і є зручним об'єктом для генетичної трансформації. Два види тютюну *N. benthamiana* та *N. tabacum* застосовують як для стабільної, так і для тимчасової експресії трансгенів.

У 2000 р. була розроблена технологія синтезу колагену людини у трансгенному тютюні. Для генетичної трансформації рослини використовували метод агроінфільтрації. Продуктивність синтезу колагену становила 200 мг/кг листя, що значно перевищує показники інших технологій. Ізраїльська компанія CollPlant Inc. успішно застосовує технологію виробництва рекомбінантного колагену людини на основі клітинної лінії тютюну [9]. Наведені дані підтверджують той факт, що трансгенні рослини є альтернативним джерелом рекомбінантного колагену для потреб медичної і косметичної галузей.

На сьогодні більше 100 рекомбінантних білків людини можна одержувати за допомогою трансгенних рослин. Генетично модифікований тютюн здатний синтезувати епідермальний фактор росту людини [19] та інсулін [23]. Трансгенний рис є продуцентом альфа-1-антитрипсину людини, що застосовується у терапії емфіземи легень і захворювань печінки [21]. Антикоагулянт гірудин синтезується генетично модифікованими сортами ріпаку, тютюну та гірчиці. Канадська компанія SemBioSys вирощує трансгенний ріпак для виробництва гірудину [9].

Гени багатьох регуляторних білків були експресовані у рослинах: еритропоєтину, інтерлейкінів, енкефалінів, цитокінів, факторів росту та ін. [24].

Українські вчені з Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України створили генетично модифіковані томати, що синтезують людський альфа-інтерферон [25]. Активність альфа-інтерферону у листі томатів становила 800 000 МО/г. Дослідження, проведені на тваринах, підтвердили високу біологічну активність та ефективність противірусної дії альфа-інтерферону рослинного походження. Плоди трансгенних томатів, що містять альфа-інтерферон, можуть бути доступними і ефективними противірусними засобами, що не

втрачають захисної дії навіть після тривалого зберігання.

Незважаючи на суттєві переваги рослин як альтернативних продуцентів рекомбінантних білків людини, поки що вони не в змозі конкурувати з традиційними системами експресії на основі клітин мікроорганізмів та ссавців, оскільки останні достатньо вивчені та охарактеризовані з точки зору нормативно-правових аспектів їх застосування у промисловому умовах.

Синтез моноклональних антитіл

Традиційними продуцентами моноклональних антитіл є гібридоми – штучні гібридні клітини, створені шляхом злиття В-лімфоцитів людини та клітин мієломи. Застосування трансгенних рослин у якості продуцентів моноклональних антитіл дозволить суттєво знизити вартість їх одержання.

Найчастіше для синтезу моноклональних антитіл людини використовують генетично модифіковані сорти тютюну, картоплі, сої, люцерни, рису і кукурудзи [26–27]. Моноклональні антитіла, синтезовані у трансгенних рослинах, не поступаються за ефективністю дії антитілам, одержаним на основі гібридів. Це підтверджують дані клінічного дослідження химерного антитіла IgG–IgA рослинного походження та його аналога, синтезованого гібридом. Обидва антитіла були ефективним проти поверхневого антигену основного збудника карієсу *Streptococcus mutans* і запобігали повторній колонізації *S. mutans* [8].

Розроблені рослинні технології синтезу моноклональних антитіл проти ентеровірусу, в експериментах на тваринах була доведена ефективність їх дії [28]. У 2015 р. вперше отримані моноклональні антитіла проти вірусу імунодефіциту людини (ВІЛ) із використанням генетично модифікованих рослин тютюну [29–30].

На основі трансгенного тютюну *N. benthamiana* створений фармацевтичний препарат ZMapp – комплекс моноклональних антитіл проти лихоманки Ебола. Під час пандемії COVID-19 застосування систем тимчасової експресії трансгенів у рослинах дозволило у стислі терміни одержати моноклональні антитіла та суб'єдиничні вакцини проти SARS-CoV-2 та забезпечило можливість швидкого реагування [15, 18].

Трансгенні рослини забезпечують високий рівень продуктивності моноклональних антитіл: генетично модифікована кукурудза здатна виробляти до 1 кг антитіл з 0,4 га посівної площі. Потенційні можливості виробництва становлять до 10 кг антитіл на 1 га [6]. Навіть після тривалого зберігання трансгенних рослин, антитіла, виділені з них, не втрачають своїх властивостей. Було підраховано, що вартість виробництва 1 кг моноклональних антитіл у соєвих бобах на рівні експресії 1 % від загального білка становить приблизно 100 доларів США [24].

Таким чином, застосування генетично модифікованих рослин в якості продуцентів моноклональних антитіл людини відкриває нові можливості забезпечення людства цінними терапевтичними засобами з мінімальними економічними витратами.

Виробництво вакцин на основі трансгенних рослин

Трансгенні рослини здатні синтезувати антигени мікроорганізмів, що використовуються як компоненти вакцин. Так наприклад, трансгенні томати є продуцентами антигенів вірусів папіломи людини, гепатиту В, ВІЛ та ін. [31]. Основними перевагами виробництва вакцин рослинного походження є економічна ефективність, безпечність і термостабільність компонентів вакцин, що значно спрощує вимоги до їх зберігання і транспортування. Найдорожчим етапом у виробництві рекомбінантних білків у рослинах є очищення синтезованих продуктів. Однак цей етап можна не здійснювати, якщо для виробництва антигенів використовувати харчові культури, що можуть бути основою їстівних вакцин [32]. Сучасні методи генетичної інженерії дозволяють забезпечити високий рівень експресії антигенів у рослинах, що є достатнім для формування імунної відповіді при пероральному введенні вакцини. Наразі тривають клінічні дослідження новітніх розробок у даній галузі. У Японії науковці Токійського університету провели випробування на людях пероральної вакцини MusoRice-СТВ проти холери на основі трансгенного рису. Рослини продукували фрагмент холерного токсину В, який розпізнається імунною системою людини. За результатами клінічного дослідження введення пероральної вакцини призвело до синтезу антитіл IgA та IgG, специфічних до холерного токсину В, що підтвердило ефективність імунізації [33]. На відміну від існуючих вакцин проти холери, їстівна вакцина не потребує охолодження при зберіганні та має низьку вартість, що обумовлює її доступність та зручність у використанні.

Вчені працюють над розробкою їстівних вакцин на основі овочів та фруктів. У якості продуцентів антигенів використовують томати, картоплю, моркву, салат латук, яблука, банани та ін. При споживанні сирих овочів та фруктів вакцинні антигени потрапляють до організму людини, активуючи імунний захист.

На основі трансгенних томатів була розроблена субодинична вакцина проти респіраторно-синцитіального вірусу [34]. На основі трансгенної картоплі, здатної синтезувати антигени ентеротоксигенної *E. Coli*, створена вакцина проти бактерій, які викликають діарею. Досліджується можливість розробки їстівної вакцини проти гепатиту В на основі генетично модифікованого салату. Тривають спроби створити їстівні вакцини проти холери та ауто-імунного діабету [35]. У перспективі будуть створені вакцини для немовлят на основі трансгенних бананів. Результати наукових досліджень підтверджують можливість використання бананів для розробки вакцин проти кору, поліомієліту, дифтерії, жовтої лихоманки та деяких типів вірусної діареї [36].

Крім низької вартості виробництва, перевагами вакцин на рослинній основі є стабільність, безпечність та ефективність. Рослинні вакцини не містять патогенів, здатних інфікувати клітини людини. Трансгенні рослини можуть синтезувати фрагменти антигенів з меншою токсичною дією,

що знижує несприятливі ефекти при застосуванні пероральних вакцин. Сучасні методи генетичної інженерії рослин дозволяють створювати багатокомпонентні рослинні вакцини.

Висновки

Метою проведеного огляду було охарактеризувати сучасні досягнення біофармацевтики та з'ясувати потенціал трансгенних рослин як альтернативних засобів для виробництва терапевтичних і профілактичних рекомбінантних білків. Трансгенні рослини є альтернативними засобами економічно ефективного виробництва рекомбінантних білків фармацевтичного призначення: гормонів, факторів росту, інтерферонів, факторів згортання крові, ферментів, антитіл та ін.

Рослини мають як економічні, так і технічні переваги порівняно зі звичайними системами експресії для виробництва фармацевтичних продуктів. Системи тимчасової експресії трансгенів у рослинах дозволяють в короткі терміни здійснювати виробництво моноклональних антитіл і компонентів вакцин проти нових інфекцій, що забезпечує можливість швидкого реагування медичної і фармацевтичної галузей на виклики під час пандемій, зокрема COVID-19.

Розробка технологій створення пероральних вакцин на основі трансгенних рослин відкриває нові можливості для здійснення потужної імунізації населення особливо в країнах, що розвиваються.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні механізмів регуляції експресії трансгенів у рослинах. Реалізація і впровадження технологій синтезу фармацевтичних сполук на основі рослинних систем експресії у виробництво в промислових масштабах потребує розробки відповідного нормативно-правового забезпечення.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Awasthi, A. (2021). An overview on transgenic plants as biopharmaceutical factories. *Asian Journal of Multidimensional Research*, 10 (11), 183–188. <https://doi.org/10.5958/2278-4853.2021.01081.8>
2. Burnett, M. J. B., & Burnett, A. C. (2019). Therapeutic recombinant protein production in plants: Challenges and opportunities. *Plants, People, Planet*, 2 (2). <https://doi.org/10.1002/ppp3.10073>
3. Schillberg, S., & Finnen, R. (2021). Plant molecular farming for the production of valuable proteins – Critical evaluation of achievements and future challenges. *Journal of Plant Physiology*, 258–259, 153359. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153359>
4. Xu, J. (2023). Harnessing the power of plants: A green factory for bioactive compounds. *Life*, 13 (10), 2041. <https://doi.org/10.3390/life13102041>
5. Giddings, G., Allison, G., Brooks, D., & Carter, A. (2000). Transgenic plants as factories for biopharmaceuticals. *Nature Biotechnology*, 18 (11), 1151–1155. <https://doi.org/10.1038/81132>
6. Schillberg, S., Raven, N., Spiegel, H., Rasche, S., & Buntru, M. (2019). Critical analysis of the commercial potential of plants for the production of recombinant proteins. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00720>

7. Verma, A., & Singh, D. (2021). Transgenic plants role in agriculture and biopharmaceuticals. *Asian Journal of Multidimensional Research*, 10 (11), 176–182. <https://doi.org/10.5958/2278-4853.2021.01080.6>
8. Daniell, H., Streatfield, S. J., & Wycoff, K. (2001). Medical molecular farming: production of antibodies, biopharmaceuticals and edible vaccines in plants. *Trends in Plant Science*, 6 (5), 219–226. [https://doi.org/10.1016/s1360-1385\(01\)01922-7](https://doi.org/10.1016/s1360-1385(01)01922-7)
9. Zahmanova, G., Aljabali, A. A. A., Takova, K., Minkov, G., Tambuwala, M. M., Minkov, I., & Lomonosoff, G. P. (2023). Green biologies: Harnessing the power of plants to produce pharmaceuticals. *International Journal of Molecular Sciences*, 24 (24), 17575. <https://doi.org/10.3390/ijms242417575>
10. Zimran, A., Gonzalez-Rodriguez, D. E., Abrahamov, A., Cooper, P. A., Varughese, S., Giraldo, P., Petakov, M., Tan, E. S., & Chertkoff, R. (2018). Long-term safety and efficacy of taliglucerase alfa in pediatric Gaucher disease patients who were treatment-naïve or previously treated with imiglucerase. *Blood Cells, Molecules, and Diseases*, 68, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.bcmd.2016.10.005>
11. Kulshreshtha, A., Sharma, S., Padilla, C. S., & Mandadi, K. K. (2022). Plant-based expression platforms to produce high-value metabolites and proteins. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1043478>
12. Shanmugaraj, B. I. Bulaon, C. J., & Phoolcharoen, W. (2020). Plant molecular farming: A viable platform for recombinant biopharmaceutical production. *Plants*, 9 (7), 842. <https://doi.org/10.3390/plants9070842>
13. Eidenberger, L., Kogelmann, B., & Steinkellner, H. (2023). Plant-based biopharmaceutical engineering. *Nature Reviews Bioengineering*, 1, 1–14. <https://doi.org/10.1038/s44222-023-00044-6>
14. Moon, K.-B., Park, J.-S., Park, Y.-I., Song, I.-J., Lee, H.-J., Cho, H. S., Jeon, J.-H., & Kim, H.-S. (2019). Development of systems for the production of plant-derived biopharmaceuticals. *Plants*, 9 (1), 30. <https://doi.org/10.3390/plants9010030>
15. Tusé, D., Nandi, S., McDonald, K. A., & Buyel, J. F. (2020). The Emergency response capacity of plant-based biopharmaceutical manufacturing-what it is and what it could be. *Frontiers in Plant Science*, 11, 594019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.594019>
16. Hager, K. J., Pérez Marc, G., Gobeil, P., Diaz, R. S., Heizer, G., Llapur, C., Makarkov, A. I., Vasconcellos, E., Pillet, S., Riera, F., Saxena, P., Geller Wolff, P., Bhutada, K., Wallace, G., Aazami, H., Jones, C. E., Polack, F. P., Ferrara, L., Atkins, J., & Boulay, I. (2022). Efficacy and safety of a recombinant plant-based adjuvanted Covid-19 vaccine. *New England Journal of Medicine*, 386 (22). <https://doi.org/10.1056/nejmoa2201300>
17. Jamal, Q. M. S. (2022). Antiviral potential of plants against COVID-19 during outbreaks-an update. *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (21), 13564. <https://doi.org/10.3390/ijms232113564>
18. Rosales-Mendoza, S. (2020). Will plant-made biopharmaceuticals play a role in the fight against COVID-19? *Expert Opinion on Biological Therapy*, 1–4. <https://doi.org/10.1080/14712598.2020.1752177>
19. Wang, Y., Fan, J., Wei, Z., & Xing, S. (2023). Efficient expression of fusion human epidermal growth factor in tobacco chloroplasts. *BMC Biotechnology*, 23 (1). <https://doi.org/10.1186/s12896-022-00771-5>
20. Xu, J., PerezSanchez, P., & Sadravi, S. (2025). Unlocking the full potential of plant cell-based production for valuable proteins: Challenges and innovative strategies. *Biotechnology Advances*, 79, 108526. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2025.108526>
21. Mirzaee, M., Osmani, Z., Frébortová, J., & Frébort, I. (2022). Recent advances in molecular farming using monocot plants. *Biotechnology Advances*, 107913. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.107913>
22. Kolotilin, I. (2022). Plant-produced recombinant cytokines IL-37b and IL-38 modulate inflammatory response from stimulated human PBMCs. *Scientific Reports*, 12 (1), 19450. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23828-z>
23. Boyhan, D., & Daniell, H. (2010). Low-cost production of proinsulin in tobacco and lettuce chloroplasts for injectable or oral delivery of functional insulin and C-peptide. *Plant Biotechnology Journal*, 9 (5), 585–598. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2010.00582.x>
24. Huebbers, J. W., & Buyel, J. F. (2021). On the verge of the market – Plant factories for the automated and standardized production of biopharmaceuticals. *Biotechnology Advances*, 46, 107681. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107681>
25. Yaroshko, O., Ovcharenko, O., Zholobak, N., Rudas, V., Moseiko, V., Morgun, B., Shcherbak, N., & Kuchuk, M. (2022). Expression of HuINFalpha-2b gene in transgenic tomato plants of the cv. Shedeivr long shelf-life variety and maintenance of physiologically active human interferon alpha-2b during fruit storage. *FEBS Open Bio*, 12, 04.4-022.
26. Donini, M., & Marusic, C. (2019). Current state-of-the-art in plant-based antibody production systems. *Biotechnology Letters*, 41 (3), 335–346. <https://doi.org/10.1007/s10529-019-02651-z>
27. Jin, C., Hinterdorfer, P., Lee, J. H., & Ko, K. (2025). Plant production systems for recombinant immunotherapeutic proteins. *Plant Biotechnology Reports*, 19 (1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11816-024-00956-8>
28. Rattanapisit, K., Chao, Z., Siri Wattananon, K., Huang, Z., & Phoolcharoen, W. (2019). Plant-Produced Anti-Enterovirus 71 (EV71) monoclonal antibody efficiently protects mice against EV71. *Infection. Plants*, 8 (12), 560. <https://doi.org/10.3390/plants8120560>
29. Gutierrez-Valdes, N., Cunyat, F., Balieu, J., Walet-Balieu, M.-L., Paul, M. J., de Groot, J., Blanco-Perera, A., Carrillo, J., Lerouge, P., Seters, M. J., Joensuu, J. J., Bardor, M., Ma, J., Blanco, J., & Ritala, A. (2024). Production and characterization of novel Anti-HIV Fc-fusion proteins in plant-based systems: Nicotiana benthamiana & tobacco BY-2 cell suspension. *New Biotechnology*, 83, 142–154. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2024.08.499>
30. Singh, A. A., Pooe, O., Kwezi, L., Lotter-Stark, T., Stoychev, S. H., Alexandra, K., Gerber, I., Bhiman, J. N., Vorster, J., Pauly, M., Zeitlin, L., Whaley, K., Mach, L., Steinkellner, H., Morris, L., Tsekoa, T. L., & Chikwamba, R. (2020). Plant-based production of highly potent anti-HIV antibodies with engineered posttranslational modifications. *Scientific Reports*, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63052-1>
31. Gaobotsé, G., Venkataraman, S., Mmereke, K. M., Moustafa, K., Hefferon, K., & Makhzoum, A. (2022). Recent progress on vaccines produced in transgenic plants. *Vaccines*, 10 (11), 1861. <https://doi.org/10.3390/vaccines10111861>
32. Naik, P. (2022). Edible vaccines: Current scenario and future prospects. *Future Foods*, 305–313. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91001-9.00034-7>
33. Yuki, Y., Nojima, M., Kashima, K., Sugiura, K., Maruyama, S., Kurokawa, S., Yamanoue, T., Nakahashi-Ouchida, R., Nakajima, H., Hiraizumi, T., Kohno, H., Goto, E., Fujihashi, K., & Kiyono, H. (2022). Oral MucoRice-CTB vaccine is safe and immunogenic in healthy US adults. *Vaccine*, 40 (24), 3372–3379. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.04.051>
34. Ward, B. J., Séguin, A., Couillard, J., Trépanier, S., & Landry, N. (2021). Phase III: Randomized observer-blind trial to evaluate lot-to-lot consistency of a new plant-derived quadrivalent virus like particle influenza vaccine in adults 18–49 years of age. *Vaccine*, 39 (10), 1528–1533. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.01.004>
35. Stander, J., Mbewana, S., & Meyers, A. E. (2022). Plant-Derived human vaccines: Recent developments. *BioDrugs*, 36 (5), 573–589. <https://doi.org/10.1007/s40259-022-00544-8>
36. Su, H., van Eerde, A., Rimstad, E., Bock, R., Branza-Nichita, N., Yakovlev, I. A., & Clarke, J. L. (2023). Plant-made vaccines against viral diseases in humans and farm animals. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1170815>

ORCID

N. Inshyna 

<https://orcid.org/0000-0002-8204-8547>



2025 Inshyna N. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Economically useful traits of heifers and cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed of different origins and belonging to the genealogical formation

S. Voitenko¹ | B. Shaferivskyi² | O. Sydorenko³ | A. Korobka¹

Article info

Correspondence Author
S. Voitenko
E-mail: slvoitenko@ukr.net

¹ Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production of the NAAS, Shvedska Mohyla Str., 1, Poltava, 36013, Ukraine

² Poltava State Agrarian University, Skovoroda St., 1/3, Poltava, 36000, Ukraine

³ Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M. V. Zubets of NAAS, Chubynske vil., Boryspilskyi distr., Kyivska reg., Ukraine

Citation: Voitenko, S., Shaferivskyi, B., Sydorenko, O., & Korobka, A. (2025). Economically useful traits of heifers and cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed of different origins and belonging to the genealogical formation. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 131–138. doi: 10.31210/spi2025.28.02.20

The article investigated the growth characteristics of heifers of the Ukrainian black-and-white dairy breed of different origins by father, bull of the offspring, as well as by lineal affiliation to determine the individuals that grew most intensively and were able to engage in reproduction and milk production at an earlier age. A significant differentiation of the live weight of heifers during the growing process was established, which may be consistent with the heredity of the animals according to the Holstein breed, lineal affiliation and paternal origin. The best weight during breeding was characterized by the daughter descendants of the bulls of the Marshal 2290977 and Valiant 1650414.73 lines. In herds with traditional milk production technology, breeding of daughter descendants of the bulls of the Starbuck 352790.79 line is not desirable due to their slow growth and further exploitation in the process of milk production. To improve the intensity of weight growth of heifers of the studied lines, it is worth using animal selection taking into account the coefficient of variability of the trait, as well as the animals' belonging to the corresponding line, taking into account the coefficients of the influence of genealogical formation (26 % ($P < 0.001$) on live weight and 23 % ($P < 0.001$) on absolute and average daily gain. Heifers of different paternal origin were characterized by uneven growth during the growing period, but at the final stage, the highest live weight was achieved by the offspring of the bulls G. B. Halak Et 105889677, P. Kane Et 109010869, P. Manitoba Et 12529251, and S. O. Merlot Et 108013895. It has been proven that it is possible to predict the weight of heifers, daughters of the studied bulls, except for the daughters of bulls L. P. Kamik Et 105585416 and S. O. Merlot Et 108013895 at the age of 12 and 15 months, by their live weight at the age of 6 months, which reduces the signs of female selection. Daughters of all bulls, except Chapman Et 347903595, can be involved in reproduction at the age of 15 months or earlier, given their weight at this period. To form a highly productive herd and improve the breed, it is recommended to focus on such genetic factors as the line and bull, the father of the offspring, as well as to select animals using information about the variability of the trait, its connection with the desired productivity traits, taking into account the strength of the influence of the relevant genetic factors.

Keywords: growth, live weight, live weight gains, line, bull, age at first insemination, correlation coefficient, strength of influence of genetic factors.

Господарськи корисні ознаки телиць та корів української чорно-рябої молочної породи різного походження та належності до генеалогічного формування

С. Л. Войтенко¹ | Б. С. Шаферівський² | О. В. Сидоренко³ | А. В. Коробка¹

¹ Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН, м. Полтава, Україна

² Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

³ Інститут розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН, с. Чубинське Київська обл., Україна

В статті досліджувалися особливості росту телиць української чорно-рябої молочної породи різного походження за батьком, бугаєм потомства, а також лінійною належністю для визначення особин, які найбільш інтенсивно росли та були здатні у більш ранньому віці залучатися до відтворення і виробництва молока. Встановлена істотна диференціація живої маси телиць в процесі вирощування, що може узгоджуватися із спадковістю тварин за голштинською породою, лінійною належністю та походженням за батьком. Кращою масою під час вирощування характеризувалися дочірні потомки бугаїв лінії Маршала 2290977 та Валіанта 1650414.73. В стадах з традиційною технологією виробництва молока не бажано розведення дочірніх потомків бугаїв лінії Старбака 352790.79 з огляду на їх повільний ріст та подальшу експлуатацію в процесі виробництва молока. Для поліпшення інтенсивності росту маси телиць досліджуваних ліній варто застосовувати добір тварин за урахування коефіцієнту мінливості ознаки, а також належності тварин до відповідної лінії з огляду на коефіцієнти сили впливу генеалогічного формування (26 % ($P < 0,001$) на живу масу і 23 % ($P < 0,001$) на абсолютний і середньодобовий приріст. Телиці різного походження за батьком характеризувалися нерівномірністю росту за період вирощування, але на завершальному етапі найвищу живу масу мали дочірні потомки бугаїв Г. Б. Халака Ет 105889677, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251 і С. О. Мерлота Ет 108013895. Доведена можливість прогнозування маси телиць, крім дочірніх потомків бугаїв Л. П. Каміка Ет 105585416 і С. О. Мерлота Ет 108013895 у віці 12 і 15 місяців, за їх живою масою у віці 6 місяців, що скорочує ознаки добору самиць. Дочірні потомки усіх бугаїв, крім Чапмана Ет 347903595, можна залучати до відтворення у віці 15 місяців або і раніше з огляду на їх масу у цей період. Для формування високопродуктивного стада і удосконалення породи рекомендовано акцентувати увагу на таких генетичних чинниках, як лінія і бугай, батько потомства, а також проводити добір тварин за використання інформації про мінливість ознаки, її зв'язку з бажаними ознаками продуктивності за урахування сили впливу відповідних генетичних чинників.

Ключові слова: ріст, жива маса, прирости живої маси, лінія, бугай, вік першого осіменіння, коефіцієнт кореляції, сила впливу.

Бібліографічний опис для цитування: Войтенко С. Л., Шаферівський Б. С., Сидоренко О. В., Коробка А. В. Господарськи корисні ознаки телиць та корів української чорно-рябої молочної породи різного походження та належності до генеалогічного формування. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 131–138.

Вступ

Поліпшення господарськи корисних ознак великої рогатої худоби молочних порід зумовлює необхідність постійного моніторингу та пошуку ознак, які контролюються різними чинниками, оскільки доведено, що навіть тварини голштинської породи, однієї з найбільш продуктивних у світі, а також вітчизняної селекції, створені за використання останньої, за однакових умов утримання, годівлі й експлуатації характеризуються різною продуктивністю. На думку науковців, така ситуація може зумовлюватися різним генетичним потенціалом тварин за ознаками продуктивності, а також методами селекційної роботи з популяціями [1,2].

Практика ведення молочного скотарства в Україні в умовах сучасного виробництва засвідчує, що при формування високопродуктивних і консолідованих стад великої рогатої худоби вітчизняної селекції, включаючи й української чорно-рябої молочної породи, продовжують використовувати бугаїв голштинської породи закордонної селекції здебільшого за кросу ліній, у результаті чого серед корів знаходиться значна кількість особин з різною умовною кровністю за поліпшувальною породою. Різне походження за батьком само по собі не сприяє прояву однакової продуктивності корів, а у сумі з різною спадковістю, обумовленою умовною кровністю голштинської породи, стримує прояв генетичного потенціалу кращого світового генофонду. Водночас на думку зарубіжних і вітчизняних науковців, роль бугаїв-плідників у прискоренні селекційного процесу є визначальною, з урахуванням чого добір корів з першою лактацією вбачається актуальним методом селекційної роботи в племінних стадах. Про те, що оцінка, добір і інтенсивне використання бугаїв вважається найбільш ефективним засобом генетичного поліпшення великих масивів худоби молочних порід вказано в роботах багатьох вчених [3–9]. Виходячи з чого, для формування високопродуктивного племінного стада по виробництву молока актуальним є пошук бугаїв, батьків наступного покоління, які б передали своїм дочірнім потомкам високий генетичний потенціал основних ознак продуктивності.

Загальновідомо, що для формування дійного стада з високопродуктивних корів, крім спадкової основи кращих бугаїв, батьків потомства чи лінійної належності, потрібно враховувати і рівень вирощування ремонтних телиць. З огляду на закономірності розвитку організму тварин в онтогенезі, багатьма науковцями підтверджений зв'язок молочної продуктивності телиць з їх живою масою під час вирощування [10–14], а також живою масою і відтворною здатністю корів [1], хоча одностайної думки щодо оптимальних середньодобових приростів телиць в процесі їх вирощування навіть у межах однієї породи немає.

Мета дослідження

Метою нашого дослідження було визначити інтенсивність росту маси телиць української

чорно-рябої молочної породи за період їх вирощування з метою пошуку ліній та бугаїв, які б забезпечили дочірнім потомкам відповідних генеалогічних формувань і походження за батьком прояв найвищого генетичного потенціалу живої маси і її приростів з можливістю використання тварин у процесі виробництва молока у найбільш ранньому віці.

Матеріали і методи

Дослідження проведені на телицях і коровах з першим отеленням української чорно-рябої молочної породи, яких утримували в господарствах з традиційною технологією виробництва молока. Для проведення досліджень було сформовано групу телиць, яких вирощували в ДП ДГ Шевченка (Київська область), ДП Чайка (Київська область) СПОП Відродження і СТОВ Прогрес (Черкаська область) і які належали до ліній Валіанта 1650414.73, Елевейшна 1491007.65, Маршала 2290977.95, Старбака 352790.79 і Чіфа 1427381.62, а батьками були бугаїв голштинської породи Босбос 348088239, Г. Б. Халак Ет 105889677, Доміно Ет 105889677, Л. П. Камік Ет 105585416, Н. Атуро 354252769, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоб Ет 12529251, С. О. Мерлот Ет 108013895 і Чапман Ет 347903595. Для аналізу використано електронну інформаційну базу СУМС ОРСЕК станом на грудень 2023 року. Ураховували живу масу новонароджених телят і визначали її величину шляхом щомісячного зважування у віці 3, 6, 9, 12, 15 і 18 місяців. Абсолютний і середньодобовий приріст визначали за загальноприйнятими у тваринництві формулами. Відтворювальну здатність корів з першим отеленням визначали за віком першого плідного осіменіння, живою масою у цей період і віком першого отелення. Рівень розвитку господарськи корисних ознак тварин визначали за пуляційно-генетичними параметрами, як-от: середня арифметична величина (M), її похибка (m), рівень значущості (p), коефіцієнт кореляції (r) та сила впливу (η^2), використовуючи статистичні методи [15].

Результати та їх обговорення

Оцінка молодняку великої рогатої худоби в онтогенезі дає змогу не лише здійснювати добір особин з бажаним екстер'єром чи живою масою, але й передбачити можливість використання тварин для формування власного стада чи реалізації. Наразі для формування консолідованого стада корів вітчизняної селекції, які успадкували основні селекційні ознаки кращих бугаїв голштинської породи, актуальним є цілеспрямоване вирощування телиць з тим, щоб вони в процесі експлуатації проявили генетичний потенціал кращих бугаїв голштинської породи. Безперечно, що прояв ознак продуктивності у худобі узгоджується не лише з генетичними чинниками, але й умовами докільля, серед яких чинне місце відведено технології виробництва молока, що потрібно враховувати при формування стада чи удосконалення породи.

Враховуючи, що від якості телиць, тобто їх живої

маси, залежить проявлення ними повноцінної охоти і одержання першого отелення, ми проаналізували живу масу тварин та її прирости, а також встановили зв'язок росту тварин з початком процесу відтворення.

Моніторинг вікової динаміки живої маси телиць української чорно-рябої молочної породи, які належали до ліній Валіанта 1650414.73, Елевейшна 1491007.65, Маршала 2290977.95, Старбака 352790.79 і Чіфа 1427381.62 в постембріональний період вказує на наявність деякої, в окремі вікові періоди – значущої, різниці між тваринами, зумовленої, на нашу думку, чинниками генетичного спрямування. Підтверджує таке бачення і виявлена міжлінійна диференціація приросту живої маси телиць досліджуваних ліній, що варто враховувати при доборі телиць відповідних генеалогічних формувань для відтворення стада.

Нашими дослідженнями встановлено, що серед

представниць досліджуваних ліній, кращою живою масою характеризувалися дочірні потомки бугаїв лінії Маршала 2290977.95 (*табл. 1*), які зберегли цю закономірність і в процесі вирощування тварин до 18-місячного віку, за виключенням віку 12 місяців. Представниці даного генеалогічного формування при народженні перевищували особин досліджуваних ліній на 2,0–4,4 кг, у віці трьох місяців – на 5–13,8 кг, у шестимісячному віці 3,1–19,1 кг, в дев'ятимісячному віці 4,5–35,7 кг, у віці 15 місяців 6,3–56,2 кг і на завершальному етапі – на 12,2–60,5 кг за достовірної різниці лише до дочірніх потомків лінії Старбака 352790.79. Ймовірно, під час ембріонального розвитку особини лінії Маршала 2290977.95 перебували в найкращих умовах, які дали змогу проявитися їх генетичному потенціалу. Не варто, безперечно, нехтувати й спадковістю батьків, бугаїв даної лінії та підбором корів, матерів майбутніх телят.

Таблиця 1

Жива маса телиць різних ліній

Лінія	n	Вік, міс.						
		при народженні	3	6	9	12	15	18
Валіанта 1650414.73	33	32,8±0,72 ²	101,0±2,09	173,3±4,12	261,1±4,61	337,4±5,02	411,1±5,5	464,4±5,8
Елевейшна 1491007.65	206	34,2±0,31	100,3±0,98	169,8±1,72	247,8±2,66	321,2±3,55	389,3±3,86	440,1±3,9
Маршала 2290977.95	75	37,2±0,39	106,0±1,35	176,4±2,58	265,6±3,14	298,8±4,57	417,4±4,3	476,6±5,01
Старбака 352790.79	109	34,7±0,52	92,2±1,04 ¹	157,3±1,83 ²	229,9±3,42 ³	298,5±4,57 ²	361,2±5,44 ³	416,1±5,29 ³
Чіфа 1427381.62	714	35,2±0,19	98,7±0,46	170,6±0,86	246,7±1,27	321,3±1,63	380,7±1,65	427,7±1,71

Примітки: ¹ – P<0,05; ² – P<0,01; ³ – P<0,001 по відношенню до найвищого значення ознаки.

Варто також вказати на не значну різницю живої маси дочірніх потомків бугаїв лінії Маршала 2290977.95 з лінією Валіанта 1650414.73 за переваги останньої у віці 12 місяців, що дає змогу рекомендувати до використання з метою удосконалення стада за живою масою і бугаїв останньої лінії, одночасно з плідниками лінії Маршала 2290977.95.

Продовж періоду вирощування найнижчою живою масою серед представниць 5 досліджуваних ліній характеризувалися дочки бугаїв лінії Старбака 352790.79, що не дає змоги рекомендувати їх для подальшого використання у стадах з традиційною технологією виробництва молока. Можливо телицям цієї лінії для прояву свого генетичного потенціалу за живою масою не були створені необхідні умови, або мало місце не поєднуваність батьківської основи.

В усякому випадку у стадах з традиційною технологією виробництва молока бажано уникати розведення дочірніх потомків бугаїв лінії Старбака 352790.79 та не вводити їх в стадо для подальшого відтворення, оскільки їх залучення до процесу відтворення і отримання молока за істотно більшого часу на вирощування на фоні тварин інших генеалогічних формувань буде збитковим.

З метою пошуку селекційних чинників поліпшення живої маси телиць був визначений коефіцієнт мінливості ознаки, який засвідчив, що у дочок бугаїв лінії Валіанта 1650414.73 за період вирощування з трьох – до вісімнадцятимісячного віку він варіював на рівні 6,6–12,6 %, лінії Елевейшна 1491007.65 – на рівні 13,9–17,3 %, Маршала 2290977.95 – на рівні 9,0–13,8 %, Старбака 352790.79 – на рівні 12,9–17,1 % і

Чіфа 1427381.62 – на рівні 11,5–14,9 %. Тобто, добір телиць за показниками живої маси в окремі вікові періоди, коефіцієнт мінливості за який найбільш високий, дозволить сформувати однорідну групу тварин, відселекціоновану за показниками росту.

Дослідженнями також з'ясовано, що у телиць генеалогічних формувань, які були об'єктом досліджень, відсутній чіткий зв'язок їх живої маси з віком, що узгоджується з обмінними процесами, які відбуваються в організмі тварин та проявляється у нерівномірності росту тканин і формуванням скелету. Водночас інші дослідники довели високу інтенсивність росту молодяку великої рогатої худоби в ранньому віці, тобто до шестимісячного віку. Після чого у телиць починається період статевого дозрівання, що супроводжується уповільненням їх росту. Але наші дослідження засвідчили дещо іншу тенденцію росту тварин за період їх вирощування, що можливо узгоджувалося з рядом чинників генотипового характеру та впливом довкілля. Наші дані узгоджуються з результатами досліджень інших науковців [16], відповідно до яких було встановлено, що ріст теличок західного внутріпородного типу у різні вікові періоди відбувається нерівномірно і на них впливають генотип і батьки.

Серед потомків досліджуваних ліній за період вирощування більшим абсолютним приростом, 432,8 кг і 431,9 кг, характеризувалися телиці лінії Маршала 2290977.95 і Валіанта 1650414.73, які на 30,3–54,9 кг та 29,4–57 кг, відповідно, перевищували представниць ліній Елевейшна 1491007.65, Старбака 352790.79 і Чіфа 1427381.62 (*рис. 1*).

При цьому у дочірніх потомків бугаїв лінії Валіанта 1650414.73, Елевейшна 1491007.65 і Чіфа 1427381.62 абсолютний приріст живої маси збільшувався від народження до дев'ятимісячного віку за поступового зменшення за період 12–

15 місяців та значного – на етапі завершення вирощування. Для дочірніх потомків бугаїв лінії Маршала 2290977.95 характерно суттєве збільшення приростів живої маси до 12-місячного віку за зниження у подальшому.

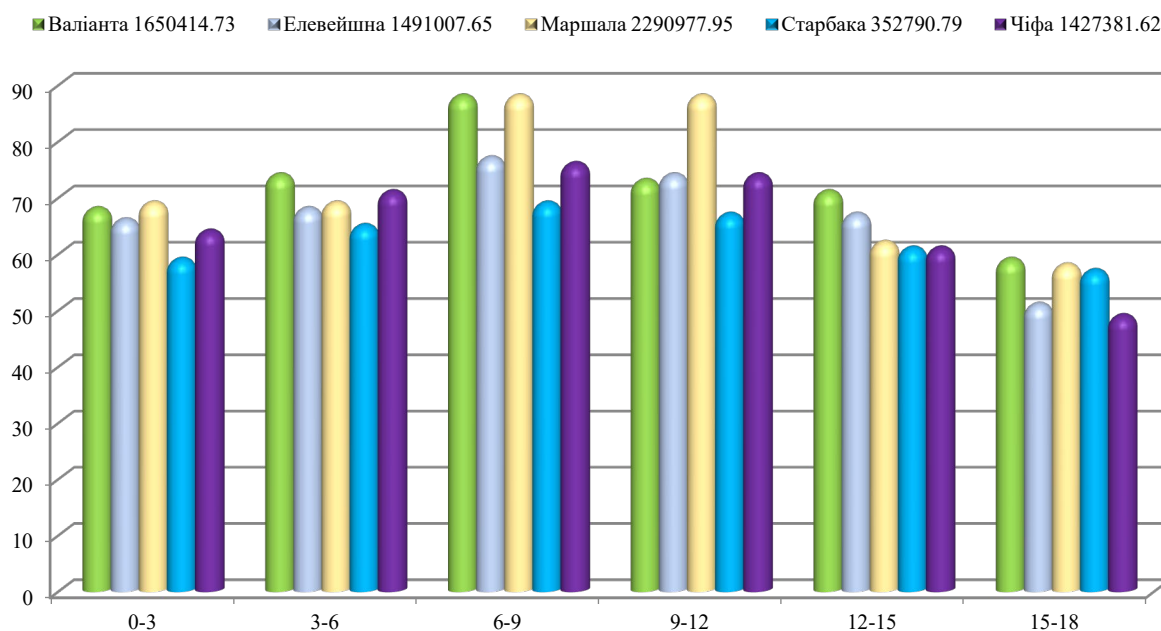


Рис. 1. Абсолютний приріст живої маси телиць різних генеалогічних формувань

Особини, які належали до лінії Старбака 352790.79 хоча й підвищували інтенсивність росту від народження до 9-місячного віку, але різниця між приростом за віковими періодами народження – 3 місяці, 3–6 і 6–9 місяців була не суттєвою, на відміну від представниць решти генеалогічних формувань

Для телиць цієї лінії характерно також зниження абсолютних приростів, починаючи з дев'ятимісячного віку. Слід зауважити, що від народження до тримісячного віку більший абсолютний приріст мали потомки бугаїв лінії Маршала 2290977.95 – 68,5 кг, у віці 3–6 місяців Валіанта 1650414.73 – 74,1 кг, у віці 6–9 місяців Валіанта 1650414.73 і Маршала 2290977.95 – 87,5 кг, 9–12 місяців Маршала 2290977.95 – 88,1 кг, 12–15 місяців і 15–18 місяців Валіанта 1650414.73 – 71,3 кг і 58,5 кг, відповідно.

Тобто, за показниками абсолютних приростів живої маси в умовах традиційної технології виробництва молока серед п'яти досліджених ліній вищі показники характерні для дочірніх потомків бугаїв ліній Валіанта 1650414.73 і Маршала 2290977.95, що варто враховувати при доборі бугаїв відповідних ліній для відтворення стада.

З огляду на коефіцієнт варіації абсолютних приростів доречним буде поліпшення ознаки методами селекції серед особин лінії Валіанта 1650414.73 у віці 3–6 (Cv=30,9 %); 12–15 (Cv=23,2 %) і 15–18 місяців (Cv=43,7 %), лінії Елевейшна 1491007.65 – у віці 3–18 місяців (Cv=26,9–42 %), лінії Маршала 2290977.95 у віці 3–18 місяців (Cv=26,6–42,7 %), лінії Старбака 352790.79 у віці 3–18 місяців

(Cv=20,8–36,5 %), лінії Чіфа 1427381.62 у віці 3–18 місяців (Cv=20,2–50,6%).

Підтверджують нерівномірність росту телиць залежно від генеалогічного формування і показники середньодобових приростів як в цілому за період вирощування, так і окремі вікові періоди. З'ясовано, що за період вирощування середньодобовий приріст варіював на рівні 688–787 г за вищого показника у представниць лінії Валіанта 1650414.73, а нижчого – Старбака 352790.79 (рис. 2). За перший період (народження – 3 місяців), більш інтенсивно росли телиці лінії Маршала 2290977.95, що підтверджують показники середньодобового приросту (748,6 г), які більші від ровесниць решти ліній на 6,4–104,3 г, за другий період (3–6 місяців) перевага була за телицями лінії Валіанта 1650414.73 (809,7 г), які перевищували показники особин решти досліджуваних ліній на 28,8–96,5 г, за третій і четвертий періоди (6–9 і 9–12 місяців) кращими були представниці лінії Маршала 2290977.95, а за п'ятий і шостий (12–15 і 15–18 місяців) – лінії Валіанта 1650414.73. Тобто, одержані результати досліджень середньодобових приростів тварин 5 досліджуваних генеалогічних формувань в умовах традиційної технології виробництва молока підтвердили тенденцію переваги інтенсивності росту телиць, які належали до ліній Маршала 2290977.95 і Валіанта 1650414.73.

Коефіцієнт варіації середньодобових приростів аналогічний до абсолютних, тобто є можливість поліпшити ознаку методами добору, починаючи з тримісячного віку телиць. Для усіх досліджуваних ліній коефіцієнт варіації ознаки знаходився у межах 20,2–50,6 %.

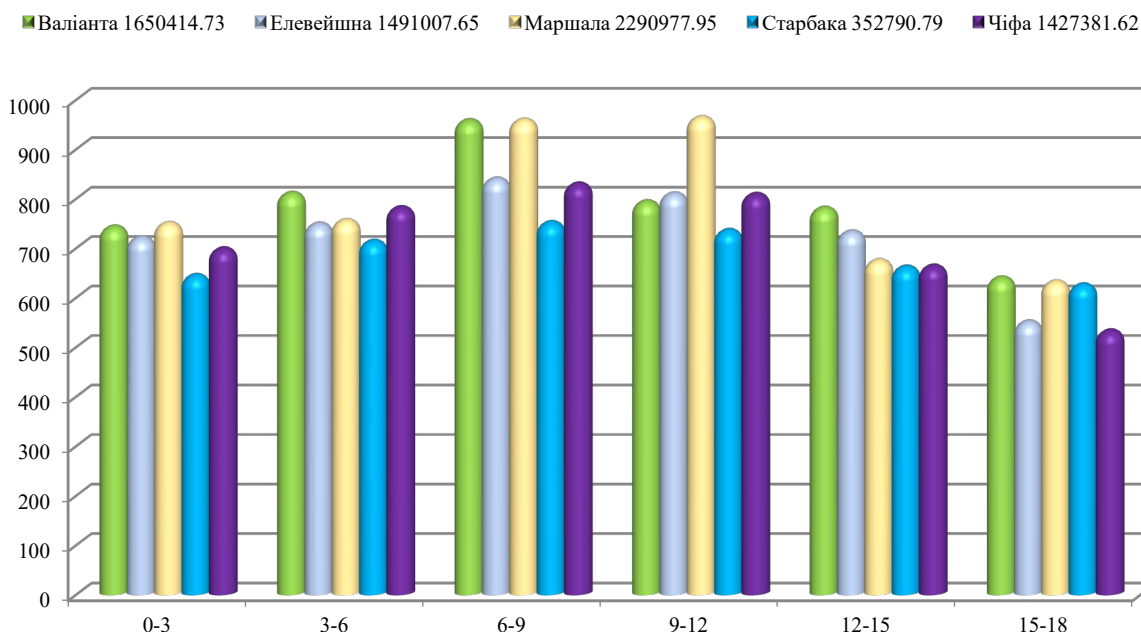


Рис. 2. Середньодобовий приріст живої маси телиць різних ліній

Отже, нашими дослідженнями визначені найбільш продуктивні генеалогічні формування, які в умовах традиційної технології виробництва молока забезпечують своїм представницям прояв найвищої живої маси, абсолютних та середньодобових приростів, сприяючи залучення їх до відтворення у більш ранньому віці. Серед 5 досліджуваних ліній кращими за інтенсивністю росту були дочірні потомки бугаїв ліній Валіанта 1650414.73 і Маршала 2290977.95.

Коефіцієнт сили впливу лінії на живу масу тварин в обумовлені вікові періоди (народження – 18 місяців) варіював на рівні 6–26 % ($P < 0,001$), абсолютний і середньодобовий приріст за увесь період вирощування – на рівні 23 % ($P < 0,001$).

Для відтворення великої рогатої худоби вітчизняної селекції виробничники надають перевагу бугаям голштинської породи закордонної селекції,

стверджуючи, що вплив бугаїв-плідників на прояв господарськи корисні ознак у дочок знаходиться на рівні 90–98 % [17, 18]. З урахуванням чого нами була проаналізована ефективність використання таких бугаїв голштинської породи: Босбоса 348088239, Г. Б. Халака Ет 105889677, Доміно Ет 105889677, Л. П. Каміка Ет 105585416, Н. Атуро 354252769, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251, С. О. Мерлота Ет 108013895 і Чапмана Ет 347903595, яких використовували для відтворення маточного поголів'я в усіх досліджуваних господарствах.

Дослідження встановлена нерівномірність росту тварин, тобто зміна їх живої маси з віком та походження за батьком. При народженні жива маса телиць варіювала на рівні 29–38 кг за вищого показнику у дочок бугаїв Босбоса 348088239 і С. О. Мерлота Ет 108013895 (табл. 2).

Таблиця 2

Жива маса дочірніх потомків бугаїв голштинської породи

Кличка та ідент. № бугая	п дочок	При народженні	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.	15 міс.	18 міс.
Босбос 348088239	188	38±0,3	104±0,7	176±1,3	251±2,0	324±2,6	381±2,2	418±2,0
Г. Б. Халак Ет 105889677	50	30±0,2	96±1,0	172±2,5	256±2,7	335±3,3	405±4,1	464±4,9
Доміно Ет 105889677	89	31±0,2	88±0,9	150±1,9	210±2,5	276±3,0	344±3,6	407±3,8
Л. П. Камік Ет 105585416	39	29±0,3	98±1,0	171±1,8	251±4,1	317±3,7	388±3,7	458±4,3
Н. Атуро 354252769	111	38±0,4	105±1,0	178±1,5	256±2,1	335±2,7	387±2,4	417±3,8
П. Кане Ет 109010869	48	36±0,4	107±1,5	178±3,0	266±3,5	354±3,9	425±3,8	480±4,3
П. Манітоб Ет 12529251	50	37±0,4	108±1,2	187±2,2	280±2,5	357±3,5	410±4,5	469±4,2
С. О. Мерлот Ет 108013895	43	38±0,4	109±1,5	173±3,6	265±3,7	357±3,1	426±5,5	489±5,4
Чапман Ет 347903595	30	31±0,5	101±1,7	154±3,5	214±5,0	277±6,8	329±7,3	383±8,0

З віком диференціація показнику у дочок досліджуваних бугаїв збільшилася за виявлення батьків потомства, які сприяли більш інтенсивному росту телиць. За живої маси представниць досліджуваних ліній у віці трьох місяців на рівні 88–109 кг найбільш масивними були дочки бугаїв П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251 і С. О. Мерлота Ет 108013895. В наступний віковий

період – шість місяців, більшу живу масу мали дочки бугаїв Н. Атуро 354252769, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251, відповідно, 178–187 кг, а найменшу – Доміно Ет 105889677 (88 кг) і Г. Б. Халака Ет 105889677 (96 кг). Починаючи з дев'ятимісячного віку і до завершення процесу вирощування (18 місяців), лідерами за живою масою були дочірні потомки бугаїв Г. Б. Халака Ет

105889677, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251 і С. О. Мерлота Ет 108013895, у яких формувався відповідний тип будови тіла і стабільно розвивалися усі органи і тканини. Варто також додати, що дочки досліджуваних бугаїв не сповільнювали ріст після шестимісячного віку для формування статевої системи, що ймовірно зумовлено їх породними та індивідуальними особливостями. При цьому, дочірні потомки бугая Доміно Ет 105889677 мали нижчі показники живої маси, порівняно з представниками решти досліджуваних плідників у віці 3–12 місяців, але змогли її дещо поліпшити на завершальному етапі вирощування у віці 15–18 місяців, але за переваги лише над дочками бугая Чапмана Ет 347903595, щодо яких встановлена зворотна тенденція, порівняно до дочок бугая Доміно Ет 105889677.

У молочному скотарстві прийнято прогнозувати інтенсивність росту молодняку за живою масою у віці 6 місяців, вбачаючи, що наявність кореляції з цією селекційною ознакою у наступні вікові періоди створює підґрунття для раннього добору телиць. За результатними кореляційного аналізу нами встановлено, що дочки досліджуваних бугаїв здебільшого дійсно мали високі достовірні коефіцієнти кореляції між живою масою у віці 6-ти і 12 і 15 місяців, що може сприяти зменшенню кількості ознак добору молодняку. Так, коефіцієнт кореляції між живою масою у віці 6 місяців та 12 і 15 місяців у дочок бугая Босбоса 348088239 становив $r = +0,721$ ($p < 0,01$) і $+0,515$ ($p < 0,001$), Г. Б. Халака Ет 105889677 $+0,482$ і $+0,607$ ($p < 0,001$), Доміно Ет 105889677 $+0,562$ і $+0,574$ ($p < 0,001$), Л. П. Каміка Ет 105585416 $+0,147$ і $+0,866$, Н. Агуро 354252769 $+0,711$ і $+0,378$ ($p < 0,001$), П. Кане Ет 109010869 $+0,552$ ($p < 0,001$) і $+0,253$, П. Манітоба Ет 12529251 $+0,480$ і $+0,249$, С. О. Мерлота Ет 108013895 $+0,106$ і $-0,206$ і Чапмана Ет 347903595 $+0,642$ і $+0,574$ ($p < 0,001$). З огляду на отримані результати досліджень, недостатнім слід вважати добір за живою масою у віці 6 місяців для прогнозування живої маси у подальшому тільки у телиць, дочок бугаїв Л. П. Каміка Ет 105585416 і С. О. Мерлота Ет 108013895, для решти досліджуваних бугаїв даний селекційний підхід буде актуальним.

При розведенні худоби сучасних молочних порід актуальним є питання відтворення, особливо віку першого плідного осіменіння корів та можливість мати від них щорічно приплід. Вік першого плідного осіменіння зазвичай узгоджується із живою масою телиць різних порід і наразі не має чітких меж показнику, обумовлюючись здебільшого технологією виробництва молока та можливостями господарства. На переконання практиків, потенціал молочної продуктивності проявляється за умови, коли тварині від народження створені умови для задоволення усіх її фізіологічних потреб [19, 20], виходячи з чого вирощування телиць повинне ґрунтуватися на біологічних закономірностях росту і розвитку їх організму.

З огляду на живу масу дочок усіх бугаїв, крім Чапмана Ет 347903595 (табл. 2), їх можна залучати до відтворення у віці 15 місяців або і раніше. Такий висновок підтверджують дані таблиці 3, згідно яких вік першого осіменіння у потомків усіх досліджуваних бугаїв варіює на рівні 13,8–18,6 місяців, а їх жива маса у цей період становила 373–422 кг.

З огляду на живу масу дочок усіх бугаїв, крім Чапмана Ет 347903595 (табл. 2), їх можна залучати до відтворення у віці 15 місяців або і раніше. Такий висновок підтверджують дані таблиці 3, згідно яких вік першого осіменіння у потомків усіх досліджуваних бугаїв варіює на рівні 13,8–18,6 місяців, а їх жива маса у цей період становила 373–422 кг.

Таблиця 3

Показники відтворної здатності дочок досліджуваних бугаїв та коефіцієнти кореляції між ознаками

Кличка та ідент. № бугая	п дочок	Вік першого осіменіння, міс	Жива маса першого осіменіння, кг	Вік першого отелення, міс	Коефіцієнт кореляції (r) віку першого осіменіння з:	
					– живою масою першого осіменіння	– віком першого отелення
Босбос 348088239	188	13,8±0,08	373±2,38	23,4±0,14	0,219 ¹	0,501 ³
Г. Б. Халак Ет 105889677	50	15,4±0,25	421±6,51	25,7±0,44	0,742 ³	0,492 ³
Доміно Ет 105889677	89	16,9±0,36	389±6,21	27,5±0,54	0,803 ²	0,583 ³
Л. П. Камік Ет 105585416	39	15,1±0,24	404±7,14	24,8±0,33	0,814 ³	0,592 ³
Н. Агуро 354252769	111	15,9±0,11	380±2,44	23,7±0,28	0,334 ³	0,279 ²
П. Кане Ет 109010869	48	14,1±0,26	408±5,79	23,5±0,89	0,656 ³	0,797 ³
П. Манітоб Ет 12529251	50	14,5±0,18	407±4,17	23,6±0,26	0,491 ³	0,825 ³
О. Мерлот Ет 108013895	43	14,5±0,22	422±6,75	24,0±0,28	0,681 ³	0,788 ³
Чапман Ет 347903595	30	18,6±0,58	390±8,68	29,7±0,97	0,502 ¹	0,763 ³

Примітки: ¹ – $p < 0,05$; ³ – $p < 0,001$.

В досить ранньому віці (до 15 місячного віку) до процесу відтворення залучали дочок бугаїв Босбоса 348088239, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251 і О. Мерлота Ет 108013895, значно пізніше – Чапмана Ет 347903595 (18,6 місяців).

З'ясовано, що у піддослідних корів вік першого плідного осіменіння достовірно корелював із їх живою масою та віком першого отелення за достатньо високих достовірних показників коефіцієнту кореляції у дочірніх потомків бугаїв Г. Б. Халака Ет 105889677, Доміно Ет 105889677, Л. П. Каміка Ет 105585416, П. Кане Ет 109010869, О. Мерлота Ет 108013895 і Чапмана Ет 347903595,

що потрібно враховувати при розведенні представників цих генеалогічних формувань та інтенсивно вирощувати телиць для ранньої їх експлуатації в процесі виробництва молока.

Загалом, для отримання високопродуктивних корів, від яких можна очікувати виробництва молока орієнтовно у віці 24 місяців варто акцентувати увагу на використанні бугаїв голштинською породи Босбоса 348088239, Н. Агуро 354252769, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251 і С. О. Мерлота Ет 108013895.

Результати наших досліджень щодо впливу таких генетичних чинників, як бугай, батько потомства, і

належність до відповідної лінії чи спорідненої групи на прояв господарськи корисних ознак худоби, узгоджуються із даними багатьох дослідників [21–25] й можуть бути залучені для добору самок української чорно-рябої молочної породи на етапі створення чи удосконалення стада великої рогатої худоби.

Висновки

Моніторинг інтенсивності росту маси телиць української чорно-рябої молочної породи створює підґрунтя для визначення генеалогічних формувань та бугаїв, які в умовах традиційної технології виробництва молока сприяють добору найбільш високопродуктивних особин. Серед телиць різних генеалогічних формувань відсутній чіткий зв'язок їх живої маси з віком, а поліпшення абсолютного приросту маси методами селекції доречним буде в окремі визначені вікові періоди росту для кожного генеалогічного формування з огляду на коефіцієнти варіації ознаки.

Найкращою інтенсивністю росту у різні періоди вирощування (630–959 г) характеризувалися телиці ліній Валіанта 1650414.73 і Маршала 2290977.95, забезпечуючи їм живу масу у віці 15 місяців на рівні 411–417 кг та одержання повноцінної охоти і першого отелення значно раніше від представниць інших досліджуваних генеалогічних формувань. При цьому можливість поліпшити ознаку методами добору є в усіх досліджуваних ліній, про що свідчить коефіцієнт варіації ознаки (20,2–50,6 %). Вплив лінії на живу масу телиць української чорно-рябої молочної породи від народження до 18 місяців варіював на рівні 6–26 % ($P < 0,001$), а абсолютний і середньодобовий приріст – 23 % ($P < 0,001$), засвідчуючи істотну роль генеалогічного формування в процесі отримання високопродуктивного молодняка.

Доведено, що тварини української чорно-рябої молочної породи, але різного походження за батьком, характеризуються різною інтенсивністю росту та відтворною здатністю, тобто різним генетичним потенціалом продуктивності, що зумовлює необхідність застосовувати до них не однакові методи селекції. Дочки досліджуваних бугаїв характеризувалися нерівномірністю росту в процесі вирощування, при цьому найвищу масу у віці 15 місяців (405–426 кг) мали потомки бугаїв Г. Б. Халака Ет 105889677, П. Кане Ет 109010869, П. Манітоба Ет 12529251 і С. О. Мерлота Ет 108013895. З огляду на високі коефіцієнти кореляції між живою масою телиць у віці 6 місяців та 12 і 15 місяців, встановлена доцільність скорочення ознак добору для дочок усіх бугаїв, крім Л. П. Каміка Ет 105585416 і С. О. Мерлота Ет 108013895.

Вік першого осіменіння у потомків усіх досліджуваних бугаїв варіює на рівні 13,8–18,6 місяців, а їх жива маса у цей період 373–422 кг. При цьому вік першого плідного осіменіння достовірно корелював з живою масою тварин та віком першого отелення, засвідчуючи можливість раннього залучення до відтворення дочірніх потомків бугаїв Г. Б. Халака Ет 105889677, Доміно Ет 105889677, Л. П. Каміка Ет 105585416, П. Кане Ет .

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Krugliak, A. P., Krugliak, O. V., & Krugliak, T. O. (2021). Peculiarities of manifestation of economic useful traits of the different henotypes animals of holstein breed in Ukraine. *Animal Breeding and Genetics*, 62, 37–48. <https://doi.org/10.31073/abg.62.07>
2. Polupan, Ju., Biriukova, O., Mel'nyk, Ju., & Pryjma, S. (2024). Prospects for Holstein Breeding in Ukraine. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 102 (12), 40–50. <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202412-05>
3. Olesko, V. P. (2010). Efektyvnist vykorystannia buhaiv-plidnykiv u plemynnykh stadakh molochnoi khudoby. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 44, 135–139. [in Ukrainian]
4. Savegnago, R. P., Rosa, G. J. M., Valente, B. D. Herrera, L. G. G., Carneiro, R. L. R., Sesana, R. C., Faro, L. El., Munari, D. P. (2013). Estimates of genetic parameters and eigenvector indices for milk production of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 96 (11), 7284–7293. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6708>
5. Hladii, M. V., Polupan, Yu. P., Bazyshyna, I. V., Polupan, N. L., & Bezrutenko, I. M. (2014). Vplyv pokhodzhennia za batkom i liniinoi nalezhnosti na hospodarsky korysni oznaky koriv. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya. «Tvarynnytstvo»*, 7 (26), 3–11. [in Ukrainian]
6. Koval, T. P. (2017). Bulls and their impact on the economic useful signs cows daughters of polyester father. *Animal Breeding and Genetics*, 53, 124–130. <https://doi.org/10.31073/abg.53.16>
7. Vechorka, V. V., Salohub, A. M., Bondarchuk, V. M., & Khmelnychy, S. L. (2018). Realizatsiia henetychnoho potentsialu molochnoi produktyvnosti buhaiv-plidnykiv. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Universytetu. Seriya. «Tvarynnytstvo»*, 2 (34), 30–33. [in Ukrainian]
8. Voitenko, S. L., & Sydorenko, O. V. (2020). Estimation of holstein breed bulls by dairy productivity of their daughters. *Animal Breeding and Genetics*, 59, 26–34. <https://doi.org/10.31073/abg.59.03>
9. Shuliar, A. L., Shuliar, A. L., Omelkovych, S. P., Tkachuk, V. P., & Andriichuk, V. F. (2020). The genetic conditionality of the economically useful traits of the cows of Ukrainian Black-and-White dairy breed. *Animal Breeding and Genetics*, 60, 92–98. <https://doi.org/10.31073/abg.60.12>
10. Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn : navchalnyi posibnyk. Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian]
11. Siratskyi, Y. Z., Fedorovych, Ye. I., Fedorovych, V. S., & Ferents, L. V. (2004). Vplyv rostu i rozvytku koriv u period vyroshchuvannia na yikh molochnu produktyvnist. *Visnyk Cherkaskoho IAPV*, 4, 106–119. [in Ukrainian]
12. Danets, L. M., & Shablia, V. P. (2006). Prohnozuvannia nadoiv u zalezhnosti vid zhyvoi masy telyts u rizni periody vyroshchuvannia. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Tvarynnytstva UAAN*, 92, 38–42. [in Ukrainian]
13. Olesko, V. P. (2012). Vyroshchuvannia remontnykh telychok yak faktor formuvannia vysokoproduktyvnoho molochnoho stada. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 46, 294–296. [in Ukrainian]
14. Stadnytska, O. I. (2011). Vplyv rostu i rozvytku koriv u period vyroshchuvannia na yikh molochnu produktyvnist. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 45, 264–270. [in Ukrainian]
15. Polupan, Ju., & Pryjma, S. (2024). Correlative variability of growth of heifers and exterior of firstborns with milk productivity of cows. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 102 (5), 31–41. <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202405-04>
16. Siratskyi, Y., Fedorovych, Ye., & Ferents L. (2005). Rist i rozvytok telychok zakhidnoho vnutriporodnoho typu ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Tvarynnytstvo Ukrainy*, 10, 18–19. [in Ukrainian]
17. Iliashenko, H. D., & Polupan, Yu. P. (2009). Vplyv henetychnykh ta paratypnykh chynnykiv na molochnu produktyvnist koriv ukrainskoi chervonoj ta chorno-riaboi molochnykh porid. *Visnyk Stepu*, 6, 129–136. [in Ukrainian]

18. Polupan, Yu. P. (2000). Otsinka buhaiv za typom dochok. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 5, 45–49. [in Ukrainian]
19. Pershuta, V. V. (2010). Formuvannia zhyvoi masy pervistok ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody zalezno vid intensyvnosti vyroshchuvannia. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnoho Ahrarno-Tekhnichnoho Universytetu*, 18, 146–148. [in Ukrainian]
20. Stavetska, R. V. (2013). Efektyvnist provedennia vidboru molodniaku ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody za rostem i rozvytkom. *Tekhnolohiia Vyrobnystva i Pererobky Produktsii Tvarynnytstva*, 9 (103), 33–36. [in Ukrainian]
21. Khmelnychyi, L. M., & Vechorka, V. V. (2014). Henotypovi ta paratypovi chynnyky vplyvu na oznaky molochnoi produktyvnosti koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 7 (26), 87–90. [in Ukrainian]
22. Fedorovych, Ye. I., Siratskyi, Y. Z. (2005). Vplyv batkiv na formuvannia molochnoi produktyvnosti dochok. *Tvarynnytstvo Ukrainy*, 2, 15–17. [in Ukrainian]
23. Fyl, S. I., Fedorovych, E. I., & Bodnar, P. V. (2019). Dynamics of dairy productivity of cows of different lines. *Animal Breeding and Genetics*, 57, 136–142. <https://doi.org/10.31073/abg.57.16>
24. Voitenko, S. L., & Zheliznyak, I. M. (2019). Milk yield of cows depending on a line on linear belonging and method of maintenance. *Animal Breeding and Genetics*, 57, 38–44. <https://doi.org/10.31073/abg.57.05>
25. Hyl, M. I., & Volkov, V. A. (2010). Molochna produktyvnist koriv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody riznykh henealohichnykh lini. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria*, 50, 13–24. [in Ukrainian]

ORCID

- S. Voitenko  <https://orcid.org/0000-0003-3530-6360>
 B. Shaferivskyi  <https://orcid.org/0000-0001-5742-5016>
 O. Sydorenko  <https://orcid.org/0000-0003-2429-9361>
 A. Korobka  <https://orcid.org/0009-0009-0866-0277>



2025 Voitenko S. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Veterinary and sanitary evaluation of sausage products based on quality and safety indicators

V. Kotelevych[✉] | S. Huralska | O. Pinsky | V. Honcharenko

Article info

Correspondence Author

V. Kotelevych

E-mail:

valya.kotelevich@ukr.netPolissia National University,
7 Stariy Bulvar Str.,
Zhytomyr, 10008,
Ukraine**Citation:** Kotelevych, V., Huralska, S., Pinsky, O., & Honcharenko, V. (2025). Veterinary and sanitary evaluation of sausage products based on quality and safety indicators. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 139–146. doi: 10.31210/spi2025.28.02.21

The analysis of scientific publications and the results of our research have shown that under the current economic conditions, domestic sausage manufacturers often resort to falsification. The primary reason for this is the pursuit of maximum profit and cost reduction amidst intense price competition. Instead of using high-quality raw materials, they opt for cheaper, lower-quality, or even hazardous ingredients. Examples include mechanically separated bone remnants containing microscopic bone particles, the addition of food additives, and the use of stale meat. Manufacturers also use meat preserved with brining after prolonged freezing, cuttered minced meat, substitution of high-quality meat with low-grade alternatives, soy, by-products, as well as tissues and organs not specified in the recipe, such as trachea, larynx, stomach, esophagus, testicles, and uterus. A significant portion of manufacturers do not adhere to DSTU standards (Ukrainian National Standards) and instead develop and approve their own technical specifications (TU), which allow for the production of lower-quality products. To reduce costs, natural raw materials are replaced with artificial components such as flavorings, taste enhancers, stabilizers, colorants, emulsifiers, thickeners, modified starch, and soy. As a result, the content of natural components, which have vital biological value and beneficial properties, is significantly reduced. Of particular concern is the use of soy and corn, which may contain GMOs, yet some manufacturers fail to disclose this on product labels. The sanitary quality of sausage products is also a significant issue. Bacteriological studies indicate that such products can be contaminated with coliform bacteria (CB), salmonella, molds, yeasts, and may exceed permissible levels of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAnM). This points to inadequate veterinary and sanitary control at all stages of production, storage, transportation, and distribution of products. The market offers a wide range of sausage products containing food additives labeled with "E" (e.g., E102, E110, E122, E124, E211, E250, E320, E450, E951). While permitted for use in Ukraine, these additives are banned in many countries due to their adverse effects on consumer health. As part of our study, we analyzed the labeling of dry-cured, semi-dry-cured, smoked, and boiled-smoked sausages sold in supermarkets in Zhytomyr. It was found that most products were manufactured according to TU rather than DSTU. Products made according to DSTU were of higher quality: the meat content ranged from 97–100 %, and food additives and preservatives were used minimally. Among the 17 analyzed sausage samples, 23 types of additives were identified, with sodium nitrite, one of the most hazardous ingredients, present in all samples. Veterinary and sanitary assessments have demonstrated that the quality and safety of meat products in Ukraine require continuous monitoring and public reporting. The leading role in protecting the population from unsafe sausages belongs to manufacturers and specialists of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection (Derzhprodsposhyvsluzhba). They must ensure a clear control system and promptly remove hazardous products from circulation.

Keywords: quality and safety, organoleptic, physicochemical and sanitary indicators, food additives.

Ветеринарно-санітарна оцінка ковбасних виробів за показниками якості і безпеки

В. А. Котелевич | С. В. Гуральська | О. В. Пінський | В. В. Гончаренко

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Аналіз наукових публікацій і результати власних досліджень засвідчили, що в умовах сучасної економічної ситуації вітчизняні виробники ковбасних виробів часто вдаються до фальсифікацій. Основною причиною цього є прагнення до максимального прибутку та зниження витрат у межах жорсткої цінової конкуренції. Замість використання якісної сировини вони застосовують більш дешеві та менш якісні або навіть небезпечні інгредієнти. Серед таких варіантів – дообвалювання кісток із залишками мікроскопічних кісточок, додавання харчових добавок і використання несвіжого м'яса. Також застосовують м'ясо, консервоване солінням після тривалого заморожування, кутерований фарш, заміну високоякісного м'яса на низькосортне, сою, субпродукти, а також тканини та органи, не передбачені рецептурою, такі як трахея, гортань, шлунок, стравохід, сім'яники та матка. Значна частина виробників не дотримується стандартів ДСТУ, а розробляє й затверджує власні технічні умови (ТУ), які дозволяють випускати продукцію із менш якісним складом. Для зниження собівартості натуральну сировину замінюють штучними компонентами, такими як ароматизатори, підсилювачі смаку, стабілізатори, барвники, емульгатори, загусники, модифікований крохмаль та соя. Як наслідок, значно знижується вміст натуральних компонентів, що мають важливу біологічну цінність і корисні властивості. Особливу стурбованість викликає використання сої та кукурудзи, які можуть містити ГМО, проте деякі виробники не зазначають про це на маркуванні. Санітарна якість ковбасних виробів також є суттєвою проблемою. Результати бактеріологічних досліджень свідчать, що такі продукти можуть бути контаміновані бактеріями групи кишкової палички (БГКП), сальмонелами, пліснявими грибами, дріжджами та мати перевищення допустимого рівня мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФAnM). Це свідчить про неналежний ветеринарно-санітарний контроль на всіх етапах виробництва, зберігання, транспортування та реалізації продукції. На ринку широко представлені ковбасні вироби, які містять харчові добавки з позначенням Е (наприклад, E102, E110, E122, E124, E211, E250, E320, E450, E951). Хоча вони дозволені до використання в Україні, у багатьох країнах вони заборонені через негативний вплив на здоров'я споживачів. У рамках нашого дослідження було проаналізовано маркування сирокочених, сиров'ялених, напівкочених і варено-кочених ковбас, що реалізуються у супермаркетах м. Житомира. Встановлено, що переважна більшість продукції виготовлена за ТУ, а не за ДСТУ. Вироби, виготовлені за ДСТУ, виявилися більш якісними: у них вміст м'яса становив 97–100 %, а харчові добавки та консерванти застосовувалися в мінімальних кількостях. У досліджених 17 зразках ковбас було виявлено 23 види добавок, серед яких у всіх зразках містився консервант нітрит натрію, що є одним із найнебезпечніших інгредієнтів. Ветеринарно-санітарна оцінка засвідчила, що якість і безпека м'ясних виробів в Україні потребують постійного моніторингу та висвітлення у публічному інформаційному просторі. Провідна роль у захисті населення від небезпечних ковбасних виробів належить виробникам і фахівцям Держпродспоживслужби. Саме вони повинні забезпечити чітку систему контролю, а також оперативно вилучати з обігу небезпечну продукцію.

Ключові слова: якість і безпека, органолептичні, фізико-хімічні і санітарні показники, харчові добавки.**Бібліографічний опис для цитування:** Котелевич В. А., Гуральська С. В., Пінський О. В., Гончаренко В. В. Ветеринарно-санітарна оцінка ковбасних виробів за показниками якості і безпеки. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 139–146.

Вступ

Виробництво якісних і безпечних м'ясних виробів із використанням сучасних технологічних систем є надзвичайно важливим у сучасних умовах. Ковбасні вироби займають суттєву частку в раціоні харчування населення України. За аналітичними даними, 90–95 % українців споживають ковбасні вироби, серед яких 51 % надають перевагу варено-копченим продуктам [1, 4, 19, 22–28, 42, 46].

Водночас актуальним залишається питання безпечності таких виробів, особливо з огляду на те, що значна їх частина постачається з-за кордону або виготовляється в Україні з використанням сировини сумнівної якості. Недотримання санітарних норм під час виробництва, зберігання, транспортування й реалізації, а також випадки фальсифікації продукції створюють загрозу для здоров'я споживачів [3, 9, 11, 20, 35–37]. Особливої уваги потребують ковбаси, виготовлені на невеликих м'ясопереробних підприємствах, де часто не впроваджено систему НАССР, яка забезпечує контроль за якістю та безпекою продукції на всіх етапах її виробництва [21, 30, 41].

Серед основних проблем – використання генетично модифікованих інгредієнтів, таких як соя та кукурудза. На жаль, багато виробників не маркують свою продукцію щодо вмісту ГМО, що викликає занепокоєння у споживачів. Крім того, більшість виробників в Україні відмовилися виготовляти ковбасні вироби відповідно до стандартів ДСТУ, розробляючи та затверджуючи власні технічні умови (ТУ). Це дозволяє їм знижувати собівартість продукції, але водночас негативно впливає на якість кінцевого продукту. У таких випадках нерідко замість високоякісного м'яса використовуються низько-сортна сировина, субпродукти та органи тварин, що не передбачені рецептурою (трахея, гортань, шлунок, стравохід, сім'яники, матка тощо), а також соя [7, 38, 41, 53].

Згідно з результатами наукових досліджень Фотіної та Старосельської (2017), найвищі показники якості та безпечності демонструють ковбасні вироби, виготовлені за ДСТУ. Автори наголошують, що такі стандарти забезпечуються та контролюються державними органами стандартизації та сертифікації [42].

Деякі технологічні процеси виробництва ковбас передбачають використання м'ясної маси, отриманої шляхом дообвалювання кісток. У складі такої маси нерідко залишаються мікроскопічні фрагменти кісток, які можуть завдати шкоди слизовій оболонці шлунково-кишкового тракту, що робить продукцію небезпечною для споживача. Частка цієї м'ясної маси у складі ковбас може варіюватися від 40 % до 76 % залежно від сорту та виду, однак подібна інформація не завжди зазначається на етикетці.

Старосельська (2018) у своїх дослідженнях виявила, що для виробництва окремих видів ковбас використовувалася сировина низької якості, включно з несвіжим м'ясом та кутерованим фаршем, які попередньо консервували шляхом соління після тривалого заморожування. Також було встановлено контамінацію продукції мікроорганізмами під час

зберігання, що проявлялася наявністю колоній на поверхні продукту та незначними змінами його структури [38].

За даними Трохименко та співавторів (2018), український ринок насичений ковбасними виробами, які містять харчові добавки, такі як E102, E110, E122, E124, E211, E250, E320, E450, E951. Хоча ці добавки дозволені в Україні, у багатьох країнах їх заборонено через ризик для здоров'я споживачів [40]. Харчові добавки залишаються у продуктах без змін або перетворюються на нові речовини внаслідок взаємодії з іншими компонентами харчових виробів [12].

Санітарна якість та безпечність ковбасних виробів є важливою проблемою сучасного м'ясопереробного виробництва. Наявність значної кількості малотоннажних підприємств нерідко призводить до зниження мікробіологічних показників продукції. Безпечність цих продуктів залежить від якості сировини, санітарного стану обладнання та інвентарю, а також дотримання ветеринарно-санітарних норм під час виробництва, зберігання, транспортування. Крім того, важливим є впровадження системи НАССР із використанням критичних контрольних точок на всіх етапах – від заготівлі сировини до реалізації м'ясної продукції [10, 17, 21, 43, 44, 45].

Моніторинг харчових продуктів, зокрема ковбасних виробів, має провідне значення у захисті здоров'я споживачів. Він спрямований на перевірку дотримання вимог законодавства щодо безпечності та якості харчових продуктів операторами ринку. Це включає оцінку якості та безпечності продукції за відповідними показниками [6, 10, 20, 23, 24, 27, 28, 32, 54, 55].

Новікова та ін. (2024) у своїх дослідженнях наголошують, що якість ковбасних виробів визначається комплексом показників, серед яких якість м'ясної сировини, її фізико-хімічні, органолептичні та санітарні характеристики [33].

Отже, ветеринарно-санітарна оцінка ковбасних виробів за показниками якості та безпечності залишається одним із найактуальніших завдань сучасності.

Мета дослідження

Метою наших досліджень є визначення актуальних проблем, пов'язаних із якістю та безпечністю ковбасних виробів для споживачів, на основі аналізу наукової літератури та результатів власних досліджень, а також надання ветеринарно-санітарної оцінки цієї продукції.

Матеріали і методи

Для досягнення поставленої мети було застосовано комплекс взаємопов'язаних теоретичних методів: аналіз, порівняння, узагальнення та систематизація. У рамках дослідження були проаналізовані ковбасні вироби різних категорій: сирокочені, варено-копчені, напівкопчені та сиров'ялені ковбаси вищого ґатунку, що реалізуються у супермаркетах міста Житомир. Аналіз проводився на основі інформації, зазначеної у маркуванні продукції (рис. 1, рис. 2).



Рис. 1. Досліджувані ковбаси за маркуванням у супермаркетах м. Житомир

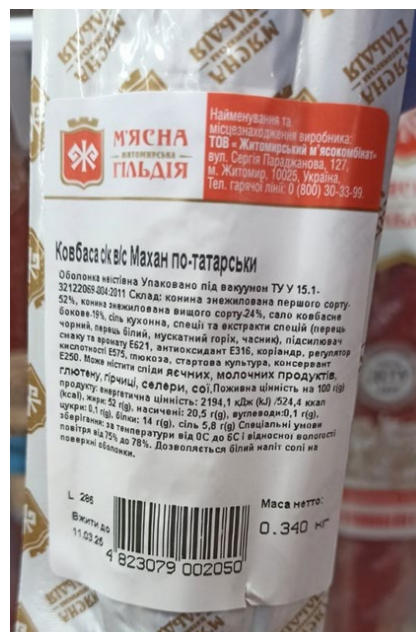
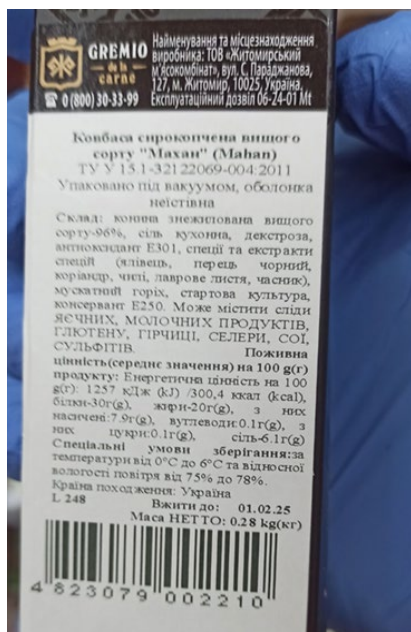


Рис. 2. Досліджений склад ковбас за маркуванням

Результати та їх обговорення

Для забезпечення повноцінної життєдіяльності організм людини потребує надходження достатньої кількості енергії та поживних речовин, серед яких жири, білки, вуглеводи, мікро- та макроелементи, а також вітаміни. Незамінні амінокислоти, які організм не може синтезувати самостійно, надходять переважно з продуктами тваринного походження. Ці речовини відіграють ключову роль у розвитку та відновленні м'язів і тканин. Їхній дефіцит може

негативно впливати не тільки на опорно-рухову систему, а й на нервову, імунну та травну системи організму [1, 22, 23–27, 48, 55].

Завдяки цим властивостям ковбасні вироби залишаються популярними серед споживачів, особливо серед тих, хто прагне зекономити час на приготуванні їжі, споживаючи продукцію в готовому вигляді. Однак аналіз наукових досліджень виявляє, що український ринок перенасичений м'ясо-продуктами, які часто не відповідають нормативним вимогам [3, 14, 18, 47, 49, 50].

Однією з головних причин наявності неякісних ковбасних виробів є неконтрольований імпорту [36]. Крім того, за даними Лаврука та співавторів (2024), якість харчових продуктів залежить від рівня безпечності сировини, дотримання нормативних вимог на всіх етапах виробництва та реалізації. В Україні, однак, ситуація щодо цих аспектів залишається тривожною. Через жорстку цінову конкуренцію та прагнення до максимального прибутку вітчизняні виробники все частіше вдаються до фальсифікації: заміни високоякісної сировини дешевшими й менш безпечними аналогами, використання дообвалювання кісток, харчових добавок та інших потенційно небезпечних інгредієнтів [30].

Згідно з дослідженнями науковців Гайдейта ін. (2018), Євстаф'єва та ін. (2017), Євтушенка (2018), Котелевича і Ларіної (2020), Ушакова (2017) та Хіміча та ін. (2021), у ковбасних виробках виявлено численні невідповідності регламентованим вимогам, а також факти фальсифікації продукції [7, 14, 41, 46].

Серед харчових продуктів, які найбільше становлять небезпеку щодо виникнення харчових захворювань, значну частку займають м'ясопродукти, зокрема ковбасні вироби [7, 8, 18, 41, 43, 48, 50]. За даними Якубчак зі співавторами (2014), м'ясо є головним джерелом збудників токсикоінфекцій сальмонельозної етіології, складаючи 53,8 % випадків харчових захворювань. Близько 60 % усіх випадків сальмонельозу пов'язані з м'ясом птиці, 30 % – зі свининою, 10 % – з яловичиною. При цьому 80 % контамінації харчових продуктів зумовлені використанням продукції тваринного походження, включно з ковбасними виробами [49].

Моніторингові дослідження, проведені Кіт із співавторами (2019), на ярмаркових заходах у м. Києві виявили, що м'ясні вироби не відповідали вимогам ДСТУ 4436:2005 за показниками наявності БГКП (бактерій групи кишкових паличок), що свідчить про порушення умов переробки, транспортування та реалізації [18].

Дослідження зразків «Сардельки з сиром» та ковбаси «Шинкова» (ТОВ ВТФ «Мар'ян»), проведені в 2020 році, виявили невідповідність нормативам за МАФАНМ (мікроорганізмами аеробної факультативної анаеробної мікрофлори) і БГКП. Зразки ковбас «Молочна» і «Шинкова» («М'ясна Гільдія» ТОВ Житомирський м'ясокомбінат) не відповідали фізико-хімічним показникам (зокрема, вміст солі та нітриту натрію), що створює потенційні ризики для споживачів [21].

Додатково, дослідження сирокочених ковбас торгових марок «М'ясна Гільдія», «Алан» і «Глобіно», проведені Коробкою зі співавторами (2019), встановили, що вміст нітритів у всіх зразках значно перевищував нормативні вимоги. Це свідчить про серйозні порушення технології виробництва на зазначених підприємствах [29].

Бактеріологічні дослідження Офіленко (2019) виявили, що жоден із зразків напівкопчених ковбас, реалізованих у м. Полтава, не відповідав вимогам ДСТУ 4435:2005. Найвищий рівень контамінації мікроорганізмами (МАФАНМ) було встановлено у ковбасі «Салямі мисливська» ТМ «Самобранка»,

трохи нижчий – у «Посольська» ТМ «Глобіно», і найменший – у «Фуршет» ТМ «Богодухівський МК». Крім того, у зразках ковбас «Салямі мисливська» ТМ «Самобранка» та «Посольська» ТМ «Глобіно» були виявлені плісняві гриби та дріжджі, наявність яких нормативно заборонено [34].

Мікробіологічні дослідження Ушакова (2017), проведені на зразках ковбас у м. Одеса, показали, що лише 66 % продукції відповідали нормативним вимогам за МАФАНМ. У 55,3 % проб були виявлені бактерії групи кишкової палички (БГКП), а у 11,82 % – сальмонели. Дослідження на токсичність виявили, що ковбаси першого і другого гатунку були токсичними, тоді як продукція вищого гатунку не мала токсичних властивостей [41].

За даними досліджень Якубчак із співавторами (2017), у зразках ковбас, реалізованих у торговельній мережі м. Одеса, було виділено 24 культури сальмонел, усі серовари яких виявилися патогенними, що становило значну небезпеку для споживачів [50].

Роботи Фотіної та співавторів (2018) довели, що резистентні штами збудників харчових захворювань, зокрема сальмонел, які були виділені з харчових продуктів, ідентичні до тих, що виділяються від хворих людей. Це свідчить про широке поширення цих збудників у навколишньому середовищі [43].

Ці результати підкреслюють важливість суворого дотримання санітарно-гігієнічних вимог і посилення моніторингу якості м'ясних продуктів для забезпечення безпеки споживачів.

Гаркавенко із авторами (2021) зазначають, що контамінація харчових продуктів тваринного походження сальмонелами обумовлена не лише поширенням збудника серед тварин, які є джерелом інфікування м'ясної сировини, але й недотриманням санітарно-гігієнічних норм під час технологічної переробки та виробництва продукції [8].

Ушаков (2017) наголошує на необхідності посилення системи ветеринарно-санітарного контролю. Автор пропонує покласти відповідальність за якість продукції до надходження в торговельну мережу на виробника, а за реалізовану продукцію – на власників супермаркетів та ветеринарно-санітарних експертів. У разі виявлення небезпечної продукції слід застосовувати жорсткі санкції, включаючи позбавлення ліцензій на виробництво та реалізацію [41].

Дослідження Гавриленка та ін., (2017) показали, що основним ризиком ковбасних виробів є перевищення МАФАНМ, наприклад, у молочній ковбасі ТОВ «Візит» перевищення становило 2,5 рази, а також виявлена контамінація БГКП. Це свідчить про неналежний контроль під час виробництва, транспортування і зберігання продукції [6].

Мікробіологічний аналіз 40 зразків ковбасних виробів (варених, сирокочених і сарделок), які виготовляються підприємствами малої потужності в м. Києві, виявив, що лише 80,8 % продукції відповідали нормативним вимогам за МАФАНМ. Бактеріями групи кишкової палички були контаміновані 17,2 % зразків, стафілококами – 7,5 % [47].

Дослідження Хіміч та співавторів (2020) підкреслюють важливість постійного моніторингу якості та безпечності варено-копчених ковбас

вищого гатунку відповідно до вимог нормативних документів [44, 45].

Ці результати акцентують на необхідності впровадження системи НАССР, суворого дотримання санітарних норм і відповідальності виробників та реалізаторів за якість і безпечність м'ясної продукції.

У виробництві ковбасних виробів використовують як традиційну, так і нетрадиційну сировину. До традиційної сировини належать м'ясо (нежирна яловичина, свинина, рідше баранина, м'ясо птиці, конина), свинячий шпик, спеції (прянощі, цукор), нітритна сіль. Нетрадиційні компоненти включають соєві та молочні білки, емульсію зі свинячої шкіри, крохмаль, соєві ізоляти, кристалічну целюлозу, продукти гідролізу. У пошуках прибутку для збільшення реалізації та зниження собівартості багато українських підприємств виробляють ковбасну продукцію з нетрадиційних інгредієнтів, що негативно впливає на смакові та поживні властивості, аромат і безпеку готових виробів [3].

Як показують результати наукових досліджень, ковбасні вироби є найбільш схильними до фальсифікації серед м'ясних товарів. Деякі виробники, використовуючи ДСТУ для виготовлення ковбас, роблять ці продукти з низькоякісними показниками, фальсифікуючи м'ясо соєю, субпродуктами, непередбачуваними харчовими добавками та неякісним м'ясом, що є небезпечним для споживача. Натуральну сировину часто замінюють штучними речовинами: ароматизаторами, підсилювачами смаку, стабілізаторами, барвниками, емульгаторами, загустниками, модифікованими крохмалем та соєю, що призводить до зниження вмісту корисних і біологічно цінних натуральних компонентів [14, 15, 28, 36, 37].

Бондаренко (2021) зазначає, що фальсифіковані ковбаси — це продукти сумнівної якості, у яких змінюють склад і рецептуру, порушують технологію виготовлення та умови зберігання, збільшують вміст води, додають несвіже м'ясо та нетрадиційні компоненти [3]. Результати досліджень ковбас вищого гатунку (ковбаса варена «Лікарська» і сардельки «М'ясні», виготовлені за ДСТУ 4436:2005) показали наявність крохмалю, що є недопустимим для цього виду продукції [17].

Мікроструктурні дослідження ковбас різних виробників, які надходять до реалізації в м. Полтава, показали, що всі досліджені зразки не відповідали нормативним вимогам за якістю, були фальсифіковані і становили потенційну небезпеку для споживачів. Зокрема, виявлено зниження вмісту м'яса на 10 % та підвищення вмісту борошна і сполучної тканини на 5 % у вареній ковбасі «Екстра» першого гатунку. Встановлено 2% кісткової тканини і 3 % хрящів, що не повинно бути. Зразки напівкопченої ковбаси «Варшавська» другого гатунку також не відповідали вимогам ДСТУ, оскільки вміст м'ясної сировини був знижений на 73 %, натомість 15 % складала сухожилки, хрящі та зв'язки, яких не повинно бути за рецептурою, а 2 % — курятина. Також було виявлено колонії мікроорганізмів, що свідчить про невідповідність санітарним вимогам, отже, виготовлена продукція була з неякісної сировини [14].

Подібні фальсифікації виявлено й у ковбасах, що продаються в м. Одеса. За результатами мікроструктурного аналізу зразків ковбас вищого гатунку, майже всі зразки не відповідали вимогам ДСТУ. Зокрема, у варених ковбасах було виявлено додавання 13,3 % субпродуктів до фаршу, на 15 % більше жиру, а також 6 % хрящової тканини та 8 % неідентифікованих домішок. У 83,3 % досліджених ковбас вміст субпродуктів перевищував нормативні вимоги. Вміст жиру та хрящової тканини був перевищений відповідно на 45 % та 31 %, а в 17 % зразків виявлено неідентифіковані домішки [41].

Серйозною проблемою є використання харчових добавок, які, за твердженням вчених, можуть бути шкідливими для споживачів. Щорічно в світі виділяються мільйони доларів на дослідження впливу харчових добавок на здоров'я людини [2, 5, 31, 39, 56]. В Україні з 480 досліджених харчових добавок дозволено використання 371, заборонено 4, а 105 не отримали дозволу.

Харчові добавки та консерванти відіграють важливу роль у подовженні терміну зберігання харчових продуктів та зміні органолептичних властивостей [40, 51, 52]. Однак тривале споживання продуктів, що містять ці добавки, може призвести до різних захворювань у споживачів, таких як алергії, зміни мікрофлори кишечника, а також підвищення ризику онкологічних і серцево-судинних захворювань [5, 12, 15, 16]. Актуальність цієї проблеми зростає, оскільки люди різного віку споживають ці речовини протягом значної частини свого життя. Інформованість населення та контроль за складом продукції сприяють підвищенню рівня харчової безпеки. Найбільш небезпечними харчовими добавками є: E102, E110, E120, E124, E127, E129, E155, E180, E201, E220, E222, E223, E224, E228, E233, E242, E401, E402, E403, E404, E405, E440, E477, E501, E502, E527, E636, E637. Підвищений ризик онкологічних захворювань спричиняють E131, E142, E153, E210, E211, E212, E213, E214, E215, E216, E219, E230, E240, E249, E252, E954.

Дослідження Грабко та Карнауха (2018) 100 найменувань напівкопчених, копчених та сиров'ялених ковбас за інформацією, вказаною на маркуванні цих виробів, виявило 18 видів харчових добавок, серед яких є особливо небезпечні для здоров'я людини. Найбільш поширеними і небезпечними є нітрит натрію (майже у всіх зразках), глютамінат натрію (в майже половині зразків), трифосфат і пірофосфат (в майже третині зразків). Деякі ковбаси, окрім нітриту натрію, що підвищує ризик розвитку раку, містять також високий рівень солі, транс-жирів, цукрів та інші небезпечні речовини [12].

У нашому дослідженні були відібрані ковбаси вищого гатунку, що продаються у супермаркетах м. Житомир: сирокочені (Київська ПДВ «Ятрань», «Махан» ТОВ Житомирський м'ясокомбінат, «Саями Золотиста» ПрАТ «Кременчукм'ясо», «Саями Італійська» ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат», «Браунштейська» ПрАТ «Кременчукм'ясо», «Єврейська», «Неапольська філейна» м'ясопереробна фабрика ТОВ «АЛАН»); напівкопчені («Дрогобицька» ВКФ «Укрпромпостач – 95» ЛТД,

«Дрогобицька» «Кременчукм'ясо», з м'яса птиці «Баварська» торгової марки «Башинський», «Горіхова» ТОВ «Салтівський» м'ясокомбінат); варено-копчені («Українська» ТОВ «АЛАН», «Посольська» «Укрпромпостач – 95» ЛТД, «Мисливська» Глобіно Полтавська область, «Ранчо» ТОВ «Житомирський м'ясокомбінат», «Салямі Фуршетна» ТОВ «Глобінський м'ясокомбінат»).

Наші дослідження показали, що більшість цих ковбас виготовляються за ТУ У, тоді як ковбаси, виготовлені за ДСТУ, є більш якісними, оскільки м'ясо складає 97–100 %, а кількість харчових добавок і консервантів мінімальна. Наприклад, ковбаса напівкопчена з м'яса птиці «Баварська» вищого гатунку торгової марки «Башинський», виготовлена за ТУ 230 104 97.01–99, містить лише 50 % курячого м'яса і 14 видів харчових добавок. В усіх досліджених зразках 17 видів ковбас було виявлено 23 найменування харчових добавок, зокрема консервант нітрит натрію, який є найбільш небезпечним.

Експерти відзначають, що нітрит натрію, який додається в ковбасні вироби як консервант, надає їм червоний колір у комбінації з міоглобіном, але одночасно збільшує ризик розвитку ракових захворювань. Проблеми ковбасних виробів не обмежуються лише нітритом натрію; вони також містять транс-жири, цукор та інші шкідливі компоненти. Високий вміст солі робить ковбаси небажаними для осіб, які страждають на серцево-судинні захворювання, вагітних жінок, людей з набряками та хворобами нирок. Значна кількість жиру в ковбасах є шкідливою для людей, хворих на цукровий діабет, атеросклероз, схильних до ожиріння чи повноти. Альтернативою є заміна обробленого м'яса (бекону, ковбас, шинок, сардельок, сосисок) на необроблені джерела білка, такі як кролятина, пташине м'ясо, телятина, свинина, риба, яйця, органічні молочні продукти, горіхи [26, 27]. Відмічають накопичення фенольних сполук під час копчення ковбас, які мають токсичну та канцерогенну дію. Їх концентрація повинна бути мінімальною, оскільки на початкових етапах копчення вони накопичуються в поверхневому шарі, а в кінці процесу концентрація фенолів у глибших шарах батону зростає, що залежить від складу сировини та технологічного процесу виробництва копчених виробів.

Деякі недобросовісні виробники використовують коптильні рідини, що є дуже небезпечними для споживачів, збільшуючи ризик смертності від серцево-судинних та онкологічних захворювань. За результатами наукових досліджень, у 2015 році ВООЗ віднесла ковбасні вироби до канцерогенів, а ризики, пов'язані з споживанням переробленого м'яса (сосисок, ковбас, сардельок та інших напівфабрикатів), порівняли з небезпекою від куріння.

З огляду на результати аналізу літератури та власних досліджень, потрібно зазначити, що в умовах несприятливої екологічної ситуації та війни в Україні, а також через наповнення внутрішнього ринку імпортованими м'ясними виробами сумнівної якості, виробництво ковбас деякими недобросовісними українськими виробниками, які не дотримуються санітарно-гігієнічних вимог, зокрема фальсифікують

продукцію менш якісною сировиною, призводить до потенційного ризику збільшення харчових захворювань серед споживачів. В таких умовах потрібен посилений ветеринарно-санітарний контроль на всіх етапах виробництва – «від ферми до столу».

Погоджуємося з думкою Бокій (2019) [2], що найбільшими загрозами для забезпечення якості та безпеки продукції на ринку України є недостатня прозорість ринку та фальсифікація торгових марок, а також неналежний контроль на всіх етапах – від отримання сировини до виготовлення, зберігання та реалізації готової продукції.

Для вирішення цієї проблеми важливим є впровадження системи НАССР на підприємствах усіх форм власності, що дозволяє здійснювати контроль над усіма критичними точками процесу і є найбільш ефективною у забезпеченні безпечного виробництва ковбасних виробів.

Висновки

1. Аналіз наукових публікацій та результати власних досліджень показали, що вітчизняні виробники, намагаючись отримати максимальний прибуток в умовах цінової конкуренції, часто вдаються до фальсифікації ковбасних виробів. Це включає заміну якісної сировини на дешевшу та менш безпечну, таку як дообвалювання кісток із залишками мікроскопічних кісточок, використання небезпечних харчових добавок, несвіже м'ясо, м'ясо, консервоване солінням після тривалого заморожування, кутерований фарш, часткову заміну високоякісного м'яса низькосортним, соєю, субпродуктами, а також включення непередбачуваних органів і тканин тварин, зокрема трахеї, гортані, шлунка, стравоходу, сім'яників, матки.

2. Деякі виробники, використовуючи ДСТУ, виготовляють ковбасні вироби з низькими якісними показниками, фальсифікуючи м'ясо соєю, субпродуктами та непередбаченими харчовими добавками. Натуральну сировину замінюють штучними речовинами, такими як ароматизатори, підсилювачі смаку, стабілізатори, барвники, емульгатори, загусники, модифіковані крохмалі та соя. Це призводить до зниження вмісту натуральних компонентів, що мають біологічну цінність та користь для здоров'я споживача.

3. За результатами дослідження сирокочених, сиров'ялених, напівкопчених і варено-копчених ковбас, реалізованих у супермаркетах м. Житомир, встановлено, що більшість ковбас виготовляється за ТУ. Водночас, ковбаси, виготовлені за ДСТУ, є більш якісними, оскільки містять 97–100 % м'яса і мають мінімальну кількість харчових добавок та консервантів. В усіх зразках досліджених ковбас було виявлено консервант нітрит натрію, який є найбільш небезпечним.

4. Захист населення від гострих та довготривалих наслідків споживання небезпечних ковбасних виробів залежить від належної роботи виробників та фахівців Держпродспоживслужби. Вони повинні забезпечити ефективну систему контролю за вмістом небезпечних

речовин і санітарною якістю продукції та оперативно вилучати з обігу небезпечну продукцію.

5. Ветеринарно-санітарна оцінка вказує на те, що якість і безпечність ковбасних виробів в Україні потребують постійного моніторингу та відкритого висвітлення в публічному інформаційному просторі для забезпечення здоров'я споживачів.

Перспективи подальших досліджень. Подальші наші моніторингові дослідження у даному напрямку та висвітлення у інформаційному просторі будуть сприяти обізнаності та захисту споживачів від споживання небезпечної продукції.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Bogatko, N., Bogatko, L., Salata, V., Semaniuk, V., Serdioucov, J., & Schyrevuch, G. (2017). Veterinary-sanitary control of safety and quality of meat products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (73), 7–10. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7302>
2. Boki, O. (2019). Factors of influence on quality formation food products. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Economy and Management*, 4 (69). <https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-4-4>
3. Bondarenko, M. (2021). Identification as a means of detecting counterfeiting of sausages. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*, 23 (1), 225–235. <https://doi.org/10.32353/khrife.1.2021.17>
4. Bukalova, N. V., Bohatko, N. M., & Prylipko, T. M. (2023). Problems of ecological safety of food products in Ukraine. *Safety and Quality of Food Products in the One Health Concept: Scientific and Practical Online Conference* (June 1–2, 2023). (pp. 10–11). Lviv: LNUVM named after S. Z. Gzhytskyi
5. Vakolyuk, L. M., Sulzhuk, V. M., & Malyuga, A. N. (2024). Hygienic aspects of food safety: the impact of food additives and preservatives on health. *The 9th International Scientific and Practical Conference "Perspectives of Contemporary Science: Theory and Practice"* (October 14–16, 2024). (pp. 117–118). Lviv
6. Havrylenko, O. S., Khamitska, O. A., & Zahorulko, O. V. (2017). Expert research of meat and meat products. *Scientific Progress & Innovations*, 1(2), 74–77. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.1-2.14>
7. Haydey, O. S., Balanchuk, I. S., & Tyshkivska, N. V. (2018). Problemy falsyfikatsiyi myasnykh produktiv v Ukraini. *Scientific Bulletin of Veterinary Medicine*, 1, 5–11. [in Ukrainian]
8. Garkavenko, T. O., Andriashchuk, V. O., Gorbatiuk, O. I., Kozitska, T. G., Musiets, I. V., & Garkavenko, V. M. (2021). The results of bacteriological research and the range of serological variants of salmonella isolated from food products of animal origin in Ukraine in 2016–2020. *Bulletin Veterinary Biotechnology*, 39, 29–43. https://doi.org/10.31073/vet_biotech39-03
9. Honcharuk, H. O., & Bukalova, N. V. (2023). Analysis of safety and quality indicators of certain types of sausages. *State and Prospects of Production, Processing and Use of Livestock Products: Proceedings of the 10th International Scientific Conference of Students and Pupils* (November 30, 2023). (pp. 119–121). Kamianets-Podilskyi
10. Gorobei, A. M., Khimich, M. S., Mikhelson, L. P., Matviishyn, T. S., Gorobei, A. A., & Rudenko, E. V. (2018). Monitoring of epidemiological factors in the system of safety and quality management for the products of slaughter of cattle. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (83), 176–182. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8334>
11. Hobela, V., Melnyk, S., & Kurliak, M. (2022). Food security of Ukraine against the war background: assessment and trends forecasting. *Digital Economy and Economic Security*, 2 (02), 92–98. <https://doi.org/10.32782/dees.2-16>
12. Hrabko, N. V., & Karnaukh, K. A. (2018). Rol kharchovykh dobavok u formuvanni bezpeky suchasnykh produktiv kharchuvannya (na prykladi kopchenykh kovbasnykh vyrobiv). *Stalyi rozvytok krainy v ramkakh Yevropeiskoi intehtatsii: tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. (ss. 11–12). Zhytomyr: ZhDTU, Retrieved from: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/11/10.pdf> [in Ukrainian]
13. Dashkovskyy, O., & Salata, V. (2016). Hazard analysis and critical control points (HACCP), the production of meat sausages on P.C. «Stryjsky Meats Delicious». *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 18 (3 (70)), 83–87. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7019>
14. Yevstafieva, V. O., Sorokova, V. V., Melnychuk, V. V., & Sorokova, S. S. (2017). Mikrostrukturnyi analiz yakosti kovbasnykh vyrobiv ryznykh vydiv. *Problemy Zoonzhenerii ta Vetrynarnoi Medytsyny*, 2, 207–211. [in Ukrainian]
15. Yermolaieva, T. V. (2016). Do pytannia pro ekolohichnu bezpeku kharchovykh produktiv: nebezpeky suchasnosti. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Universytetu Imeni V. N. Karazina*, 22, 141–144. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhIPR_2016_22_36 [in Ukrainian]
16. Mustafina, H. M., Starchenko, I. I., Koka, V. M., Lukachina, Ye. I., & Chernyak, V. V. (2021). Modern concepts about impact of different food additives on the human body. *Actual Problems of the Modern Medicine: Bulletin of Ukrainian Medical Stomatological Academy*, 21 (1), 194–198. <https://doi.org/10.31718/2077-1096.21.1.194>
17. Kakuliia, D. D., & Zazharska, N. M. (2022). Vetrynarno-sanitarna otsinka kovbasy varenoi vyrobnytstva TOV «Nova Zoria Dnipra». *Suchasni pidkhody harantuvannya bezpechnosti ta yakosti produktiv tvarynnystva: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. (ss. 185–186). Odesa [in Ukrainian]
18. Kit, A. A., Mykhailiutenko, S. M., Kruchynenko, O. V., Yevstafieva, V. O., & Melnychuk, V. V. (2019). Microbiological indices of meat products and meat during fair events in Kyiv. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 148–153. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.1>
19. Kotelevych, V. A., & Larina, K. S. (2020). Veterinary and sanitary evaluation of sausage products in Zhytomyr according to quality and safety indicators. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22 (97), 112–117. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9718>
20. Bondarenko, M. (2021). Identification as a means of detecting counterfeiting of sausages. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*, 23 (1), 225–235. <https://doi.org/10.32353/khrife.1.2021.17>
21. Kotelevych, V. A., & Larina, K. S. (2020). Veterinary and sanitary evaluation of sausage products in Zhytomyr according to quality and safety indicators. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22 (97), 112–117. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9718>
22. Kotelevych, V. A., Volkivskiy, I. A., Pinskyi, O. V., Matseiko, L. V., Davydenko, L. M., & Stoliarenko, O. V. (2022). Veterinary and sanitary assessment of food products on quality and safety indicators in Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (105), 120–128. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10517>
23. Kotelevych, V., Hural'ska, S., & Honcharenko V. (2023). The influence of the quality and safety of food products on the health and well-being of the population. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 96–104. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.17>
24. Kotelevych, V., Hural'ska, S., & Honcharenko V. (2023). Current food quality and safety problems in the context of ensuring food safety in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 72–80. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.01.12>
25. Kotelevich, V., Gural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). Veterinary and sanitary assessment of rabbit meat according to quality and safety indicators. *Naukovij Visnik Vetrynarnoi Medycini*, 2 (184), 48–66. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-184-2-48-66>
26. Kotelevych, V. A., Hural'ska, S. V., & Honcharenko, V. V. (2023). Veterinary and sanitary assessment of poultry meat by quality and safety indicators. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*.

The Series: Veterinary Medicine, 2 (61), 21–33. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2023.2.3>

27. Kotelevych, V., Pinsky O., Honcharenko V., & Budnik, T. (2024). Veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 66–72. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.11>
28. Kotelevich, V. A., Hural'ska, S. V., & Honcharenko, V. V. (2024). Trans fats: sources and their impact on human health. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 1 (64), 37–46. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2024.1.6>
29. Korobka, Y. V., Mozheiko, A. A., Mykhailenko, O. O. & Chebanenko, K. V. (2019). Vyznachennya vmistu fenoliv u syrokopchenykh kovbasakh spektrometrychnym metodom. *Yakist i bezpeka kharchovykh produktiv: materialy IV Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* (Kyiv, November 20–21, 2019) (ss. 136–137). Kyiv [in Ukrainian]
30. Lavruk, V. V., Nedashkivskiy, V. M., Prysiashniuk, N. M., Rol, N. V., & Fedoruk, N. M. (2024). Yakist produktiv kharchuvannya, yak skladova prodovolchoi bezpeky krainy. *Investytsiyi: Praktyka ta Dosvid*, 18, 16–22. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.18.16>
31. Malyyev, V. A., Bezpalkchenko, V. M., & Semchenko, O. O. (2020). Food additives: evaluation, risks, consumption analysis. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 2 (3), 7–12. <https://doi.org/10.32838/tnu-2663-5941/2020.3-2/02>
32. Nazar, B. (2017). The need to improve the monitoring system for toxicants in Ukraine. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (82), 141–144. <https://doi.org/10.15421/nvvet8229>
33. Novikova, N. V., Pelykh, N. L., & Vohnivenko, L. P. (2024). Properties and quality indicators of sausage products. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 6, 132–138. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.15>
34. Ofilenko, N. O. (2019). Otsinka yakosti i bezpechnosti kovbas vitchyznanyanoho vyrobnytstva. *Merezhevyi biznes: stanovlennya, problemy, innovatsiyi: materialy IX Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi* (Poltava, October 18–19, 2019). (ss. 254–257). Poltava [in Ukrainian]
35. Pahomska, O. (2021). Food products - quality and safety problems. *Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University*, 11 (2), 29. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2021-2-29>
36. Relitskiy, V. V. (2023). Identyfikatsiya kovbasnykh vyrobiv yak odyin iz etapiv yikh tovaroznavchoyi ekspertyzy. *Visnyk Studentskoho Naukovoho Tovarystva "Vatra" Vinnytskoho Torhovelno-Ekonomichnoho Instytutu DTEU*, 171, 210–218. [in Ukrainian]
37. Skrypka, M. V., Tarasenko, L. O., Panikar, I. I., Rud, V. O., & Prylipko, T. M. (2020). Kontrol' vyrobnytstva kovbasnykh vyrobiv vidpovidno do vymoh derzhavnoho standartu [Control of sausage production according to state standard requirements]. *Intehratsiya osvity, nauky ta biznesu v suchasnomu seredovyshchi: zymovi dysputy: tez dopovidei I Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi* (Dnipro, February 6–7, 2020). (Vol. 3, ss. 209–214). Dnipro [in Ukrainian]
38. Staroselska, A. L. (2018). Kompleksna otsinka yakosti ta bezpechnosti kovbasnykh vyrobiv i napivfabrykativ sichenykh. *PhD Thesis Abstract*. Sumy [in Ukrainian]
39. Smoliar, V. I. (2009). Suchasni problemy vykorystannia kharchovykh dobavok. *Problemy Kharchuvannya*, 1-2, 5–13. [in Ukrainian]
40. Trokhymenko, V. Z., Kalchuk, L. A., Didukh, M. I., Kovalchuk, T. I., & Zakharin, V. V. (2018). Vykorystannia kharchovykh dobavok u kovbasnomu vyrobnytstvi ta yikh vplyv na orhanizm liudyny. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahhranoho Universytetu. Seriya: Tvarynystvo*, 2 (34), 233–237. [in Ukrainian]
41. Ushakov, F. O. (2017). Kontrol bezpechnosti ta yakosti kovbasnykh vyrobiv. *PhD Thesis Abstract*. Kyiv [in Ukrainian]
42. Fotina, T. I., & Staroselska, A. L. (2017). Orhanoleptychne doslidzhennya ta dehustatsiyna otsinka napivkopchenykh kovbas. *Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk IEKVM. Veterinary Medicine*, 103, 278–281. [in Ukrainian]
43. Fotina, T. I., Fotina, H. A., Klishchova, Z. E., Arefyev, V. L., & Chemych, O. M. (2018). Rol monitoryngu ta kontrolyu za toksykoinfektsiyamy i toksykozyamy u zabezpechenni biobezpeky naseleennya Ukrainy. *Veterynarna Biotekhnolohiia*, 32 (2), 585–592. [in Ukrainian]
44. Khimych, M. S., Rodionova, K. O., Gorobei, O. M., & Bezkorovaina, A. R. (2020). Veterinary and sanitary evaluation of cooked smoked sausage “Moskovska” of different brands. *Veterinary Medicine: Inter-Departmental Subject Scientific Collection*, 106, 68–72. <https://doi.org/10.36016/vm-2020-106-12>
45. Khimich, M., Salata, V., Piven, O., Salata, R., Koreneva, Z., & Naidich, O. (2020). Veterinary-sanitary evaluation of high-class boiled sausage “Likarska”. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 22 (98), 36–41. <https://doi.org/10.32718/nvvet9806>
46. Khimych, M., Rodionova, K., Salata, V., Matviishyn, T., Gorobei, O., & Koreneva, Z. (2021). Monitoring of compliance of quality and safety of cooked smoked sausages “Servelat” with the requirements of the national standard. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23 (101), 44–49. <https://doi.org/10.32718/nvvet10108>
47. Cheloyan, A., & Melnyk, M. V. (2019). Mikrobiolohichna otsinka kovbasnykh vyrobiv, yaki vyhotovlyayutsya pidpryemstvamy maloyi potuzhnosti i nadkhodyat' na rynky m. Kyieva. *Modern Trends in Veterinary Education and Science: Abstracts of the All-Ukrainian Scientific-Practical Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Faculty of Veterinary Medicine* (October 9), (ss. 215–216). Kyiv [in Ukrainian]
48. Yakubchak, O. M., Ushakov, F. O., & Taran, T. V. (2017). *Yakist i bezpechnist kovbasnykh vyrobiv: monohrafiia*. Kyiv: TsP «Komprynt» [in Ukrainian]
49. Yakubchak, O. M., Obshtat, S. V., Mukovoz, V. M., & Karpulenko, M. S. (2014). Pidkhody do otsinky ryzykiv vynyknennia toksykoinfektsii, sprychynenykh salmonelamy v Ukraini. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekolohichnoho Universytetu*, 2 (42), 172–177. [in Ukrainian]
50. Yakubchak, O. M., Tiutun, A. I., Kosianchuk, N. I., & Ushakov, F. O. (2017). Bakterialne obsimeninnia kovbas. *Veterynarna Medytsyna*, 103, 281–284. [in Ukrainian]
51. Bilyk, L., & Popova, N. (2018). Formation of quality and safety of offal sausages. *Ukrainian Journal of Food Science*, 6 (1), 54–61. <https://doi.org/10.24263/2310-1008-2018-6-1-8>
52. Carballo, J. (2021). Sausages: nutrition, safety, processing and quality improvement. *Foods*, 10 (4), 890. <https://doi.org/10.3390/foods10040890>
53. Paliy, A. P., Stegnyy, B. T., Paliy, A. P., Rodionova, K. O., Bogatko, N. M., Vashchuk, Ye. V., Sakhniuk, N. I., Ovcharenko, H. V., Dudus, T. V., Ihnatieva, T. M., & Kovalenko, L. V. (2020). Microstructural analysis of sausage quality. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (2), 404–409.
54. Sevi, A., Marino, R., Lorenzo, J. M., Picard, B., & Pereira, A. S. C. (2016). Strategies to improve meat quality and safety. *The Scientific World Journal*, 2016, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2016/9523621>
55. Toldrá, F., Mora, L., & Reig, M. (2016). New insights into meat by-product utilization. *Meat Science*, 120, 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.021>
56. Waddell, W. (2004). Analysis of thresholds for carcinogenicity. *Toxicology Letters*, 149 (1–3), 415–419. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.12.052>

ORCID

V. Kotelevych 

S. Hural'ska 

O. Pinsky 

V. Honcharenko 

<https://orcid.org/0000-0002-5886-1917>

<https://orcid.org/0000-0001-7383-1989>

<https://orcid.org/0000-0002-1978-5261>

<https://orcid.org/0000-0002-2183-8828>



2025 Kotelevych V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The spreading of cattle gastro-intestinal tract helminthoses on farms of Poltava region

O. Latukhin | O. Kruchynenko✉

Article info

Correspondence Author

O. Kruchynenko

E-mail:

oleg.kruchynenko@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Latukhin, O., & Kruchynenko, O. (2025). The spreading of cattle gastro-intestinal tract helminthoses on farms of Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 147–151. doi: 10.31210/spi2025.28.02.22

Parasitic diseases of the ruminants' gastro-intestinal tract are widespread all over the world, particularly in Ukraine, causing considerable economic losses to livestock farms. Invasive pathogens infest animals of all age groups and often create mixed invasions, which have complex interconnections with the host's organism. Among cattle gastro-intestinal tract helminthoses, digestive tract strongylidoses and dicrocoeliasis are the most wide spread. The purpose of the paper was to study the spreading and peculiarities of the cattle gastro-intestinal tract helminthoses' development on the farms of Poltava region. The material for the research was the reporting documentation of the Main Department of State Food Consumer Service in Poltava region as to epizootic situation concerning cattle helminthoses. Own coproovoscopic studies were conducted in the laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Expert Examination of Poltava State Agrarian University and on individual farms in Poltava region. The composition of the invasions' causal agents parasitizing the cattle's gastrointestinal tract was determined, as well as the degree of their infestation and the peculiarities of helminthoses' development. The statistical data show the considerable spreading of gastrointestinal tract paramphistomatoses, dicrocoeliasis, and strongyles among the cattle. It has been demonstrated by the conducted research that helminthic fauna is represented by *Dicrocoelium dendriticum* (Rudolphi, 1819), *Paramphistomum* genus, *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758 and the nematodes of *Strongylida*, *Trichuris* genus and *Toxocara vitulorum* (Goeze, 1782). According to the conducted study results, it was shown that the average prevalence of infection in animals with the pathogens of gastro-intestinal tract helminthoses made 47.3 % (207/438). The highest EI indicators in the examined animals were in case of the digestive tract strongyles' (14.15 %) and dicrocoelia (8.44 %) parasitizing. The highest intensity indicators were observed in case of the digestive tract strongyles' (283.3±41.15 eggs/g of feces) and dicrocoelia (27.5±4.1 eggs/g of feces) parasitizing. It was revealed that two-component infections prevailed over three-component ones.

Keywords: cattle, trematodes, helminthes, spreading, prevalence of infection.

Поширення гельмінтозів шлунково-кишкового каналу великої рогатої худоби у господарствах Полтавської області

О. Є. Латухін | О. В. Кручиненко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Паразитарні захворювання шлунково-кишкового тракту жуйних тварин широко розповсюджені в усьому світі, зокрема в Україні, завдаючи значних економічних втрат тваринницьким господарствам. Інвазійні збудники вражають тварин усіх вікових груп і часто утворюють змішані інвазії, які мають складні взаємозв'язки з організмом хазяїна. Серед гельмінтозів шлунково-кишкового тракту великої рогатої худоби найбільш поширеними є стронгілідози травного тракту й дикроцеліоз. Метою роботи було дослідити поширення та особливості перебігу гельмінтозів шлунково-кишкового каналу великої рогатої худоби у господарствах Полтавської області. Матеріалом досліджень була звітна документація щодо епізоотичної ситуації щодо гельмінтозів великої рогатої худоби головного управління Держпродспоживслужби в Полтавській області. Власні копроовоскопічні дослідження проводили в лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету та в умовах одноосібних селянських і фермерських господарств Полтавської області. Визначено склад збудників інвазій, що паразитують у шлунково-кишковому тракті великої рогатої худоби, ступеня їх ураження та особливостей перебігу гельмінтозів. Дані статистики вказують на значне поширення серед великої рогатої худоби парамфістоматидозів, дикроцеліозу й стронгілід шлунково-кишкового тракту. Проведеними дослідженнями встановлено, що гельмінтофауна представлена трематодами *Dicrocoelium dendriticum* (Rudolphi, 1819), рід *Paramphistomum*, *Fasciola hepatica* Linnaeus, 1758 та нематодами із ряду *Strongylida*, роду *Trichuris* та *Toxocara vitulorum* (Goeze, 1782). За результатами проведених досліджень встановлено, що середня екстенсивність інвазії у тварин збудниками шлунково-кишкових гельмінтозів становила 47,3 % (207/438). У досліджених тварин найвищі показники ЕІ були за паразитування стронгілід шлунково-кишкового тракту (14,15 %) й дикроцелій (8,44 %). Найвищі показники інтенсивності інвазії спостерігалися за паразитування стронгілід травного тракту (283,3±41,15 ЯГФ) та дикроцелій (27,5±4,1 ЯГФ). З'ясовано, що двохкомпонентні інвазії переважали над трьохкомпонентними.

Ключові слова: велика рогата худоба, трематоди, гельмінти, поширення, екстенсивність інвазії.

Бібліографічний опис для цитування: Латухін О. Є., Кручиненко О. В. Поширення гельмінтозів шлунково-кишкового каналу великої рогатої худоби у господарствах Полтавської області. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 147–151.

Вступ

Гельмінтозні захворювання шлунково-кишкового тракту великої рогатої худоби широко розповсюджені в багатьох країнах світу. Більшість із них мають хронічний характер і малопомітні клінічні прояви. Вони спричиняють значні економічні збитки, що виражаються у зниженні надоїв молока, втраті маси тіла тварин, зменшенні приплоду, а також вибракуванні уражених туш і органів. Незважаючи на застосування лікувальних та профілактичних заходів, гельмінтози шлунково-кишкового тракту жуйних залишаються широко розповсюдженими [5, 19, 20].

Дослідники зазначають, що паразитарний склад травного тракту жуйних є доволі різноманітним і залежить від багатьох факторів, зокрема кліматичних умов регіону, способу утримання тварин, а також рівня дотримання зоогігієнічних і ветеринарних заходів. Так, у ході досліджень було встановлено, що велика рогата худоба, яка утримується в північно-східних гірських районах Колумбії, була заражена як гельмінтами, так і кокцидіями. При цьому рівень інвазії у великої рогатої худоби становив 50,5 % [16].

Загальний рівень поширення трематодозів серед великої рогатої худоби був на рівні 69,0 %. Найчастіше реєстрували зараження тварин *Paramphistomum* spp. (69,0 %), за ними йшли *Dicrocoelium* spp. (23,0 %), *Fasciola* spp. (20,0 %) і *Echinostoma* spp. (1,0 %). Також у дослідженні зафіксовано випадки змішаних інвазій: одночасне паразитування парамфістом, фасціол і дикроцелій – 11,6 %, парамфістом і фасціол – 15,9 %, а парамфістом і дикроцелій, відповідно 20,3 % [21]. Із середини грудня 2021 року до травня 2022 року в районі Дамот-Сор було проведено перехресне дослідження, щоб оцінити поширення трематодозних інвазій серед великої рогатої худоби та пов'язаних факторів ризику. Яйця трематод були виявлені в 100 з 384 досліджених зразків фекалій із загальною ЕІ 26,04 % (95 % ДІ: 21,88–30,69 %). Поширення видів *Fasciola*, *Paramphistomum* та *Schistosoma* становила 12,50 %, 5,21 % та 0 відповідно. При цьому рівень зараження двома паразитами склав 8,33 % [6]. Загальна ураженість фасціолами в ампельному забійному пункті висока і досягала 25,12 % (147/585). Найвища екстенсивність інвазії спостерігалася у породи онголе 42,1 % (24/57), у самок великої рогатої худоби 38,72 % (115/297), у великої рогатої худоби віком >3,5 років 46,06 % (82/178), а у великої рогатої худоби, яка походить із-за меж району Бойолалі 33,33 % (71/213) [17]. Було зібрано 200 зразків жовчі великої рогатої худоби як у самців, так і у самок. Паразитологічний аналіз проводили методом седиментації. Загальна поширеність *Fasciola gigantica* становила 50,5 %, а *Dicrocoelium* spp. – 16,0 %, тоді як випадки подвійних інвазій зафіксовано у 5,5 % тварин. Зараження *Fasciola gigantica* частішим реєстрували серед самок (57,7 %) порівняно з самцями (38,9 %). У випадку *Dicrocoelium* spp. рівень зараження був вищим у самців (18,2 %), ніж у самок (14,6 %). Подвійні інвазії також частіше траплялися у самців (7,8 %) порівняно із самками (4,07 %) [3].

В Україні уперше було проведено дослідження географічних і кліматичних особливостей поширення гельмінтозних інвазій великої рогатої худоби за областями. Загалом виконано 474209 досліджень, з яких у 6967 випадках отримано позитивний результат. Середній рівень інвазованості великої рогатої худоби фасціолами в регіонах із помірним кліматом за період 2021–2023 рр. становив 1,5 % [11].

У жуйних досить поширені стронгіліди травного тракту, про що свідчать чисельні публікації [12–14, 18]. Аналіз 15 наукових публікацій, включених до мета-аналізу, показав, що загальна поширеність гельмінтозів шлунково-кишкового тракту в Україні становила 56,75 % (95 % ДІ: 56,23–57,28) [9].

Отже, дослідження поширення, видової різноманітності та особливостей розподілу збудників у великої рогатої худоби у різних клімато-географічних регіонах залишається актуальним науковим напрямом [6, 19, 21].

Мета дослідження

Метою досліджень було дослідити поширення та особливості перебігу гельмінтозів шлунково-кишкового каналу великої рогатої худоби, у господарствах Полтавської області.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі: встановити паразитофауну збудників шлунково-кишкового каналу жуйних; визначити ураженість великої рогатої худоби збудниками гельмінтозів за показниками екстенсивності- та інтенсивності інвазії (ЕІ; ІІ).

Матеріали і методи

Матеріалом досліджень була звітна документація щодо епізоотичної ситуації щодо гельмінтозів великої рогатої худоби головного управління Держпродспоживслужби в Полтавській області. Роботу виконували упродовж 2023–2025 рр. у лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету та в умовах одноосібних селянських та фермерських господарств Полтавської області.

Досліджували велику рогату худобу (чорно-ряба та червона степова) віком від 9 міс. до 8 років. Гельмінтоооскопію проб проводили двома методами. З метою виявлення яєць трематод застосовували метод Flukefinder® [4] й вираховували кількість яєць у 1 г фекалій (ЯГФ). Mini-FLOTAC в комбінації з Fill-FLOTAC застосовували для ідентифікації яєць нематод згідно рекомендацій розробників [2]. Основним показником ураження жуйних тварин збудниками паразитозів була екстенсивність та інтенсивність інвазії (ЕІ, %; ІІ, ЯГФ). Усього копроовоскопічно досліджено 438 голів великої рогатої худоби.

Результати та їх обговорення

Згідно даних ветеринарної статистики під час післязабійної експертизи за 2023 рік встановлено, що ураження печінки фасціолами було на рівні 0,23 %,

а дикроцеліями, відповідно 0,62 %. Упродовж 2024 року ЕІ фасціолами залишалась на такому ж рівні (0,2 %), а дикроцеліями дещо знизилась (0,4 %). Інших інвазій на м'ясокомбінатах та забійних пунктах не реєстрували.

За даними копроовоскопічної діагностики (дані статистики) упродовж 2023–2025 рр. з'ясовано, що найвищі показники інвазованості корів трематодозами була за паразитування парамфістом й дикроцелій (*табл. 1*). Водночас екстенсивність фасціольозної інвазії не перевищувала 0,84 %. Ураженість тварин диктіокаулами сягала 0,24 %, а стронгілідами травного тракту, відповідно 6,9 %.

Таблиця 1

Екстенсивність ураження великої рогатої худоби різними гельмінтами в Полтавській області (дані статистики, 2023–2025 рр.)

№ п/п	Різновиди гельмінтів	Досліджено	Позитивних	ЕІ, %
2023 рік				
1.	диктіокаульоз	461	1	0,22
2.	дикроцеліоз	766	88	11,5
3.	фасціольоз	24256	196	0,8
4.	парамфістоматидози	702	241	34,3
5.	стронгілідози	588	41	6,9
2024 рік				
1.	диктіокаульоз	1257	3	0,24
2.	дикроцеліоз	1127	56	4,96
3.	фасціольоз	24881	203	0,81
4.	парамфістоматидози	83	11	13,25
5.	стронгілідози	350	19	5,42
2025 рік				
1.	диктіокаульоз	195	0	0
2.	дикроцеліоз	195	5	2,6
3.	фасціольоз	3213	27	0,84
4.	парамфістоматидози	71	1	1,41
5.	стронгілідози	55	1	1,81

Загалом нами встановлено, що 47,3 % (207/438) тварин були уражені гельмінтами шлунково-кишкового тракту. З'ясовано, що згідно даних *таблиці 2* нами були виявлені як моноінвазії, так і поліінвазії.

Таблиця 2

Екстенсивність ураження великої рогатої худоби різними гельмінтами в Полтавській області (дані копроовоскопічних досліджень, 2023–2025 рр.)

№ п/п	Різновиди гельмінтів	Досліджено	Позитивних	ЕІ, %
1.	дикроцелії	438	37	8,44
2.	парамфістони	438	29	6,62
3.	фасціоли	438	22	5,02
4.	стронгілідози	438	62	14,15
5.	трихури	438	11	2,51
6.	токсокари	438	4	0,91
7.	Стронгілідози + дикроцелії	438	13	2,96
8.	Стронгілідози + фасціоли	438	8	1,82
9.	Стронгілідози + парамфістони	438	16	3,65
10.	Стронгілідози + дикроцелії + трихури	438	5	1,14

Найвищі показники ЕІ були за паразитування стронгілід шлунково-кишкового тракту (14,15 %). З-поміж трематод найчисельнішими були дикроцелії (8,44 %), тоді як інвазованість парамфістомами і фасціолами не перевищували 6,62 % і 5,02 %. Серед моноінвазій також виявляли яйця трихурисів (2,51 %) і токсокар (0,9 %).

Серед двохкомпонентних мікстинвазій домінували стронгіліди й парамфістоми та стронгіліди й дикроцелії, оскільки показники ЕІ були найвищими. Одночасне паразитування стронгілід травного тракту й фасціол реєстрували лише у 1,82 % випадків. Трьохкомпонентна інвазія була виявлена за одночасного паразитування стронгілід, дикроцелій і трихурисів, що склало 1,14 %.

Дослідження показали, що у тварин, інвазованих нематодами, найвища інтенсивність інвазії спостерігалася за паразитування стронгілід травного тракту (283,3±41,15 ЯГФ). Щодо трихурисів й токсокар, то П була на рівні 171,1±26,32 й 158,4±21,9 ЯГФ. Методом Flukefinder® виявлено, що найвищий рівень інвазії спостерігався за ураження дикроцеліями, що становило 27,5±4,1 яєць на 1 г фекалій. Середня інвазованість яйцями фасціол не перевищувала 15,6±3,71, а парамфістом – 19,4±3,92 ЯГФ.

Результати проведених досліджень показали, що середня екстенсивність інвазії шлунково-кишковими паразитами серед тварин становила 59,5 %. Інвазійні захворювання жуйних широко поширені в Дніпропетровській (55,2 %) та Кіровоградській (62,5 %) областях. У великій рогатій худобі найвищі показники екстенсивності інвазії зафіксовані при паразитуванні стронгілід шлунково-кишкового тракту (15,8 %) і дикроцелій (7,7 %) [1]. Ці дані узгоджуються із нашими дослідженнями, оскільки у великій рогатій худобі стронгіліди шлунково-кишкового тракту є найбільш чисельною групою паразитів. Інші дослідження показали, що велика рогата худоба заражена збудниками трихуридозу, фасціольозу та еймеріозу, при цьому середній рівень екстенсивності інвазії паразитами становить 75,0 % [22, 23]. Нами виявлено, що 47,3 % корів були уражені паразитами. Згідно літературних даних, упродовж 2014–2019 рр. у господарствах Сумської області ідентифікували збудників нематод: трихостронгілідозів, неоаскароз, диктіокаульоз, буностомоз, езофагостомоз, стронгілідоз. Стосовно трематодозів, то реєстрували: фасціольоз, дикроцеліоз і парамфістоматидози [15]. Статистичні дані Полтавської області вказують на подібну тенденцію щодо видового складу паразитів та особливостей їх поширення. Авторами було встановлено паразитування трематод на території Полтавської області із родів: *Fasciola*, *Dicrocoelium*, *Paramphistomum* та нематод *Strongylata* у вигляді моно- та поліінвазії [7]. Мета-аналіз виявив загальну поширеність фасціольозу великої рогатої худоби на рівні 17 % [10]. Статистичні дані й наші власні дослідження за останні три роки свідчать про значні нижчі показники ураженості великої рогатої худоби на території Полтавської області.

Збудник дикроцеліозу у Полтавській та Кіровоградській областях України є досить поширеним серед жуйних, зокрема 26,9 % у забійної великої рогатої худоби [8]. Результати статистичного аналізу свідчать про нижчі показники ЕІ у корів, а також це було підтверджено власними копроовоскопічними дослідженнями. Отримані дані також узгоджуються з іншими науковцями, які проводили дослідження щодо поширення паразитів у великої рогатої худоби.

Висновки

Результатами проведених досліджень з'ясовано, що гельмінтози шлунково-кишкового тракту великої рогатої худоби у господарствах Полтавської області мають значне поширення (47,3 %). Гельмінтофауна представлена дикроцеліями, фасціолами, парамфістомами, стронгілідами травного тракту, трихуридами й токсокарами. Найвищі показники екстенсивності та інтенсивності інвазії спостерігаються за паразитування стронгілід шлунково-кишкового тракту (14,15 %; $283,3 \pm 41,15$ ЯГФ). Серед трематодозів найвищі показники ЕІ та ІІ зареєстровані за дикроцеліозу (8,44 %; $27,5 \pm 4,1$ ЯГФ). Виявлено, що двохкомпонентні інвазії переважали над трьохкомпонентними за показником ЕІ.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях плануємо вивчити сезонну та вікову динаміку трематодозів у великої рогатої худоби, а також порівняти кількісні методи діагностики за паразитування трематод.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Bondarevskiy, I. (2024). Spread of parasitoses of the gastrointestinal tract of ruminants in the farms of the Kirovohrad and Dnipropetrovsk regions. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 139–143. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.23>
2. Cringoli, G., Maurelli, M. P., Levecke, B., Bosco, A., Vercruysse, J., Utzinger, J., & Rinaldi, L. (2017). The Mini-FLOTAC technique for the diagnosis of helminth and protozoan infections in humans and animals. *Nature Protocols*, 12 (9), 1723–1732. <https://doi.org/10.1038/nprot.2017.067>
3. Dada, E. O., & Jegede, S. O. (2019). Prevalence of Fascioliasis and Dicrocoeliasis in cattle slaughtered in some abattoirs in Akure metropolis, Ondo state, Nigeria. *International Journal of Pathogen Research*, 1–7. <https://doi.org/10.9734/ijpr/2019/v3i230092>
4. Kahl, A., von Samson-Himmelstjerna, G., Helm, C. S., Hodgkinson, J., Williams, D., Weiher, W., Terhalle, W., Steuber, S., & Krücken, J. (2023). Coproscopical diagnosis of patent *Fasciola hepatica* infections in sheep – A comparison between standard sedimentation, FLUKEFINDER® and a combination of both. *Veterinary Parasitology*, 319, 109956. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.109956>
5. Karshima, S. N., Maikai, B.-V., & Kwaga, J. K. P. (2018). Helminths of veterinary and zoonotic importance in Nigerian ruminants: a 46-year meta-analysis (1970–2016) of their prevalence and distribution. *Infectious Diseases of Poverty*, 7 (1). <https://doi.org/10.1186/s40249-018-0438-z>

6. Kebede, I. A., Beriso, T. E., Mengistu, T. S., & Gebremeskel, H. F. (2023). Study on cattle trematodiasis and related risk factors in Damot Sore district, Wolaita Zone, Southern Ethiopia. *Journal of Parasitology Research*, 2023, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2023/6687665>
7. Klymenko, O. S., Klymenko, I. I., Mazurika, V. V., & Yurchenko, Yu. V. (2012). Helminthosis of cattle of private economies of Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 126–129. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.02.26>
8. Kruchynenko, O. V., Mykhailiutenko, S. M., Klymenko, O. S., Kanivets, N. S., & Korchan, L. M. (2020). Morphological characteristics of *Dicrocoelium dendriticum* (Digenea, Dicrocoeliidae), parasitizing three host species in the central regions of Ukraine. *Zoodyversity*, 54 (5), 403–410. <https://doi.org/10.15407/zoo2020.05.403>
9. Kruchynenko, O. V., Mykhailiutenko, S. M., Petrenko, M. A., & Kuzmenko, L. M. (2021). Prevalence of gastrointestinal helminths in ruminants in Ukraine: a 5-year meta-analysis. *Biosystems Diversity*, 29 (3), 251–257. <https://doi.org/10.15421/012131>
10. Lan, Z., Zhang, Y.-X., Zhang, A.-H., Wang, Y.-Y., Qiu, H.-Y., Gao, J.-F., Cheng, G.-F., Elsheikha, H., & Wang, C.-R. (2025). Prevalence, risk factors, and regional insights of bovine fasciolosis in China: A systematic review and meta-analysis. *Acta Tropica*, 263, 107570. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2025.107570>
11. Lytvynenko, O. P., Miroshnichenko, O. I., Pishanskiy, O. V., Kovalenko, V. L., & Gerilovych, A. P. (2024). Challenges of fasciolosis spreading in cattle in Ukraine in 2021–2023. *One Health Journal*, 2 (III), 32–38. <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2024-iii-04>
12. Mohammed, N., Taye, M., Asha, A., & Sheferaw, D. (2014). Epizootological study of small ruminant gastrointestinal strongyles in Gamo-Gofa Zone, Southern Ethiopia. *Journal of Parasitic Diseases*, 40 (2), 469–474. <https://doi.org/10.1007/s12639-014-0528-1>
13. Mohammedsalih, K. M., Khalafalla, A., Bashar, A., Abakar, A., Hessain, A., Juma, F.-R., Coles, G., Krücken, J., & von Samson-Himmelstjerna, G. (2019). Epidemiology of strongyle nematode infections and first report of benzimidazole resistance in *Haemonchus contortus* in goats in South Darfur State, Sudan. *BMC Veterinary Research*, 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1937-2>
14. Mpofo, T. J., Nephawe, K. A., & Mtileni, B. (2020). Prevalence of gastrointestinal parasites in communal goats from different agro-ecological zones of South Africa. *Veterinary World*, 13 (1), 26–32. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.26-32>
15. Nagorna, L. V. (2020). Epizootic situation as to cattle helminthiasis on the farms of Sumy region. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 216–221. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.26>
16. Pinilla Leon, J. C., Delgado, N. U., & Florez, A. A. (2019). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle and sheep in three municipalities in the Colombian Northeastern Mountain. *Veterinary World*, 12 (1), 48–54. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.48-54>
17. Prasetyo, D., Nurlaelasari, A., Wulandari, A., Cahyadi, M., Wardhana, A., Kumianto, H., Kurniawan, W., Kristianingrum, Y., Caro, T., & Hamid, P. (2023). High prevalence of liver fluke infestation, *Fasciola gigantica*, among slaughtered cattle in Boyolali District, Central Java. *Open Veterinary Journal*, 13 (5), 654. <https://doi.org/10.5455/ovj.2023.v13.i5.19>
18. Ruano, Z. M., Cortinhas, A., Carolino, N., Gomes, J., Costa, M., & Mateus, T. L. (2019). Gastrointestinal parasites as a possible threat to an endangered autochthonous Portuguese sheep breed. *Journal of Helminthology*, 94. <https://doi.org/10.1017/s0022149x19000968>
19. Shamsi, L., Samaeinasab, S., & Samani, S. T. (2020). Prevalence of *Hydatid* cyst, *Fasciola* spp. and *Dicrocoelium dendriticum* in cattle and sheep slaughtered in Sabzevar abattoir, Iran. *Annals of parasitology*, 66 (2), 211–216.
20. Squire, S. A., Yang, R., Robertson, I., Ayi, I., Squire, D. S., & Ryan, U. (2018). Gastrointestinal helminths in farmers and their ruminant livestock from the Coastal Savannah zone of Ghana. *Parasitology Research*, 117 (10), 3183–3194. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6017-1>
21. Tumusiime, M., Manishimwe, J. C., & Ntampaka, P. (2023). Prevalence of bovine trematodiasis and associated risk factors in Nyagatare district, Rwanda. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 14, 221–231. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s430581>

22. Yevstafieva, V., Kruchynenko, O., Melnychuk, V., Mykhailiutenko, S., Korchan, L., Shcherbakova, N., & Dolhin, O. (2020). Epizootological peculiarities of the course of cattle and sheep parasitoses in the summer pasture period. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 205–212. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.23>
23. Yevstafieva, V., Kruchynenko, O., Melnychuk, V., Mykhailiutenko, S., & Korchan, L. (2020). Peculiarities of sheep parasitoses spreading in the autumn-pasture period. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 163–169. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.20>

ORCID

O. Latukhin 

<https://orcid.org/0009-0007-0171-0396>

O. Kruchynenko 

<https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>



2025 Latukhin O. and Kruchynenko O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Application of Kombiflor Probiotic in the case of intestinal dysbiosis in domestic dogs and cats

S. Kravchenko✉ | A. Suhak | N. Kanivets | N. Dmytrenko | T. Burda | S. Kulynych | V. Rudyashko

Article info

Correspondence Author

S. Kravchenko

E-mail:

sergii.kravchenko@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Kravchenko, S., Suhak, A., Dmytrenko, N., Kanivets, N., Burda, T., Kulynych, S., & Rudyashko, V. (2025). Application of Kombiflor Probiotic in the case of intestinal dysbiosis in domestic dogs and cats. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 152–157. doi: 10.31210/spi2025.28.02.23

The article describes the results of a study of the effect of the complex probiotic Modes Kombiflor Probiotic on the clinical parameters and composition of the intestinal microbiome of domestic dogs and cats with dysbiosis. The aim of the study was to determine the effect of the investigational drug on the body of dogs and cats with dysbiosis. The subjects of the study were clinically healthy and sick domestic dogs and cats. The methods of the study were clinical and microbiological. The drug was administered in recommended doses for 14 days. It was found that the intestinal microflora of clinically healthy dogs is mainly represented by *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Klebsiella pneumoniae*, *Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus* spp. In case of dysbiosis, the activity of these microorganisms decreases, along with an increase in the activity of *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella* spp., and cultures of *Candida* spp. and *Staphylococcus aureus* are detected. After the probiotic administration, among the clinical symptoms, intermittent diarrhea was detected in 12.5 % of dogs, in 87.5 % of animals no clinical symptoms were recorded, the fecal microbial landscape consisted of active cultures of *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp. In addition, a high activity of *Enterococcus faecium* culture was detected. In clinically healthy domestic cats, *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Escherichia coli* were the permanent representatives of the microflora in 100 % of animals. In some healthy cats (30–40 %) *Clostridium butyricum*, *Staphylococcus epidermidis* and *Streptococcus* spp. were recorded. In cats with dysbiosis, a significant number of obligate and opportunistic microflora were recorded – *Clostridium butyricum*, *Klebsiella* spp., *Streptococcus* spp., and in 27.8 % – *Candida* spp. After treatment, the intestinal microbiome of cats contained normal intestinal flora typical of clinically healthy animals, mainly cultures that are part of the studied probiotic.

Keywords: diagnostics and therapy of animals, dogs, cats, digestive system, dehydration, oliguria, urinary system.

Застосування препарату Kombiflor Probiotic за дисбактеріозу кишечника у свійських собак та котів

С. О. Кравченко | А. О. Сугак | Н. С. Канівець | Н. І. Дмитренко | Т. Л. Бурда | С. М. Кулинич | В. С. Рудяшко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті викладено результати дослідження впливу комплексного пробіотику Modes Kombiflor Probiotic на клінічні показники та склад мікробіому кишечника свійських собак та котів за дисбактеріозу. Метою дослідження було з'ясувати вплив досліджуваного препарату на організм собак і котів за дисбактеріозу. Об'єктом дослідження були клінічно здорові та хворі свійські собаки та коти. Методи дослідження – клінічні та мікробіологічні. Препарат призначали у рекомендованих дозах, впродовж 14 діб. Встановлено, що представниками кишкової мікрофлори клінічно здорових собак є переважно *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Klebsiella* spp., *Bifidobacterium* spp. та *Lactobacillus* spp. За дисбактеріозу знижується активність вказаних мікроорганізмів, поряд з підвищенням активності *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella* spp., а також виявляються культури *Candida* spp. та *Staphylococcus aureus*. Після застосування пробіотику серед клінічних симптомів виявляли періодичну діарею у 12,5 % собак, у 87,5 % тварин жодних клінічних симптомів не реєстрували, мікробний пейзаж фекалій складався з активних культур *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp. Окрім цього, було виявлено високу активність культури *Enterococcus faecium*. У клінічно здорових свійських котів постійними представниками мікрофлори у 100 % тварин були *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Escherichia coli*. У частини здорових котів (30–40 %) реєстрували *Clostridium butyricum*, *Staphylococcus epidermidis* та *Streptococcus* spp. У котів за дисбактеріозу реєстрували значну кількість облігатної та умовно патогенної мікрофлори – *Clostridium butyricum*, *Klebsiella* spp., *Streptococcus* spp., а у 27,8 % – *Candida* spp. Після лікування мікробіом кишечника котів містив нормальну кишкову флору, властиву клінічно здоровим тваринам, переважно культур, що входять до складу досліджуваного пробіотику.

Ключові слова: діагностика і терапія тварин, собаки, коти, апарат травлення, дегідратація, олігурія, сечовидільна система.

Бібліографічний опис для цитування: Кравченко С. О., Сугак А. О., Канівець Н. С., Дмитренко Н. І., Бурда Т. Л., Кулинич С. М., Рудяшко В. С. Застосування препарату Kombiflor Probiotic за дисбактеріозу кишечника у свійських собак та котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 152–157.

Вступ

Застосування пробіотиків для оптимізації процесів травлення відоме людині з давніх часів. Саме слово «пробіотик» походить від грецького *probios*, що означає «для життя», в той час як «антибіотик» – проти життя. Відомо, що культури певних мікроорганізмів відіграють важливу позитивну роль у кишковому травленні тварин різних видів [1, 2]. Сукупність мікроорганізмів, які живуть у шлунково-кишковому тракті тварин, називають мікробіомом (мікробіотою) [6, 9, 11, 19]. Це складний симбіоз різноманітних мікроорганізмів, який включає бактерії, гриби, найпростіші мікроорганізми, віруси. Проте, більшість мікробного пейзажу кишківника свійських собак та котів складають бактерії [16]. Мікрофлора відіграє важливу та багатопрофільну роль у фізіології тварини, забезпечуючи її здоров'я шляхом формування імунної системи кишківника, що запобігає впливу ендогенних токсинів та екзогенних патогенів [22]. Склад та кількість мікрофлори різняться в залежності від відділу травного тракту, а також від виду тварини [23, 24]. Найбільше мікрофлори міститься у тонкому та товстому відділах кишківника. Мікробіом відіграє складну роль у здоров'ї тварини, забезпечуючи поживні субстрати, модулюючи імунну систему та допомагаючи в захисті від кишкових патогенів. Завдяки своєму впливу та взаємодії з хазяїном шлунково-кишковий мікробіом вважається метаболічним та імунним органом, який починається в ротовій порожнині та закінчується в прямій кишці. Він складається з 10^{13} – 10^{15} мікроорганізмів, налічує понад 1000 видових форм, а його геном у понад 100 разів більший за геном тварини, яку він колонізує [14]. Зокрема, клубова кишка у собак містить близько 10^7 КУО (колонієутворюючих одиниць)/мл хімусу, а у товстому кишечнику – 10^9 – 10^{11} [20, 21]. Аналіз, проведений за допомогою ПЛР показав, що мікробний пейзаж кожної окремої тварини (клінічно здорової) є значною мірою індивідуальним та стабільним, а також залежить від складу раціону. Схожа ситуація спостерігається і у свійських котів [14]. Наукові публікації свідчать, що хвороби шлунково-кишкового тракту, які супроводжуються кишковими розладами, змінюють склад мікрофлори кишечника, що негативно впливає на патогенез захворювання та уповільнює процес одужання. Водночас, значна кількість хвороб та патологічних станів різної етіології (вірусні, бактеріальні інфекції, інтоксикації, кормові токсикоінфекції, порушення годівлі, застосування кормів, що не відповідають фізіологічним потребам тварини), супроводжуються порушенням природного мікробіому кишечника та розладами травлення. Для визначення такого стану застосовують термін «дисбактеріоз». До дисбактеріозу може призвести також застосування антибіотиків (як виправдане, так і безконтрольне, з перевищенням дози та без урахування чутливості патогенної мікрофлори) [10]. У таких випадках очевидно стає потреба відновити популяції «корисних» мікроорганізмів та збільшити кількісний та якісний склад мікробіому кишечника, а також профілакувати розвиток дисбактеріозу в

потенційно небезпечних ситуаціях. Для цього вітчизняні та зарубіжні виробники пропонують біологічні препарати, зокрема, пребіотики та пробіотики, що різняться за складом та співвідношенням культур мікроорганізмів. Призначення таких лікарських засобів повинне відповідати фізіологічним особливостям травлення тварин певного виду та враховувати природний склад мікробіому, від чого залежить ефективність їх застосування. Основною метою застосування пробіотиків є утворення метаболічно-активної популяції пробіотичних бактерій у травному тракті, що сприяє якійсь зміні складу протеїну корму на користь тварини-господаря, а також збільшенню бактеріального синтезу ферментів та пропускної здатності слизової кишечника.

Одним з методів визначення ефективності пробіотиків є клінічна апробація препаратів, що передбачає аналіз мікробіому кишечника тварини до початку та після курсу застосування певного препарату, що надає об'єктивну інформацію щодо впливу пробіотику. Тому тема досліджень є актуальною.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було охарактеризувати зміни мікробіоценозу кишечника та клінічних показників у свійських собак та котів за дисбактеріозу та після застосування комплексного пробіотичного препарату Modes Kombiflor Probiotic.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на базі навчально-науково-виробничої клініки ветеринарної медицини Полтавського державного аграрного університету, в умовах кафедри терапії імені професора П. І. Локеса. Матеріалом для досліджень слугували свійські собаки ($n=16$) та коти ($n=18$) з клінічними ознаками розладу травлення (антибіотикоасоційована діарея). Клінічні дослідження проводили в умовах клініки, бактеріологічні дослідження фекалій – у Полтавському філіалі Медичного центру «ЦМЕД» «Медлайн». Тваринам задавали препарат Modes Kombiflor Probiotic, що містить паспортизовані штами мікроорганізмів, здатні оптимально колонізуватися в кишечнику тварин, зокрема: *Enterococcus faecium*, який зменшує зростання концентрації кишкових патогенів, збільшує здатність всмоктування та секреції слизових товстої кишки та покращує цілісність кишкового бар'єру; *Lactobacillus* spp., що беруть участь в імунному захисті організму, активно борються з патогенами, беруть участь у процесах секреції та ліпідному обміні, протистоять алергічним реакціям, покращують травлення та засвоєння поживних речовин травним трактом; *Bifidobacterium bifidum*, які виробляють кислоти, лізоцим, бактеріоциди, спирти, що перешкоджають проникненню мікробів у верхні відділи шлунково-кишкового тракту; *Streptococcus thermophilus*, який має бактерицидну дію, забезпечує пригнічення розмноження патогенних мікроорганізмів у кишечнику, під впливом бактерії

відбувається зброджування вуглеводів та утворення молочної кислоти – сприятливого середовища для розмноження корисних бактерій.

Препарат задавали в рекомендованих дозах: собакам та котам перорально, з кормом або питною водою, до 5 кг – один пакет (2 г) двічі на добу, від 5 до 20 кг – два пакети двічі на добу, понад 20 кг – три пакети двічі на добу. Лікування тривало 14 діб. Клінічне обстеження тварин та бактеріологічні дослідження фекалій проводили на початку лікування та на 14-й день. Експериментальна частина досліджень проводилася з урахуванням «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», схвалених на Національному конгресі з біоетики

(Київ, 2001) [18] із дотриманням міжнародних вимог Європейської конвенції «Про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986) [4].

До досліджень було залучено 16 свійських собак та 18 котів. Отримані результати порівнювали з показниками клінічно здорових тварин (10 собак та 10 котів).

Результати та їх обговорення

Результати клінічних досліджень собак та котів дослідної групи наведено у **таблиці 1**.

Таблиця 1

Клінічні ознаки кишкового дисбактеріозу у свійських собак та котів

Клінічні ознаки	Собаки (n=16)		Коти (n=18)	
	кількість, голів	%	кількість, голів	%
Загальна слабкість	12	75	13	72,2
Анорексія	2	12,5	5	27,8
Гіпорексія	8	50	11	61,1
Діарея	16	100	18	100
Кахексія	12	75	13	72,2
Дегідратація:	10	62,5	15	83,3
легкий ступінь 4–6 % втрати маси тіла	7	43,8	6	33,3
середній 6–8 %	3	18,8	9	50
Гіпотензія	12	75	10	55,6
Сухість шкіри/зниження еластичності шкіри	10	62,5	15	83,3
Гіпотонія кишечника	4	25	5	27,8
Тахікардія	11	68,8	7	38,9
Тахіпноє	11	68,8	7	38,9
Олігурія	10	62,5	15	83,3

Дані **таблиці 1** свідчать, що кишковий дисбактеріоз (за наявності діареї) супроводжується у більшості собак і котів: загальною слабкістю, кахексією, дегідратацією (переважно легкого ступеню), гіпотензією, сухістю шкіри, олігурією. Водночас, у котів менш виражена гіпотензія, ніж у собак, що пояснюється вищими адаптивними здатностями, які обумовлені у тварин родини котячих меншою потребою води [3]. Ця тенденція підтверджується більш стабільними показниками пульсу та дихання у котів, ніж у собак, за діареї.

Проведені дослідження мікробіому фекасу у клінічно здорових собак показали, що мікробний пейзаж формують наступні види мікроорганізмів: *Escherichia coli*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus* spp., *Klebsiella* spp., *Bifidobacterium* spp. та *Lactobacillus* spp. За даними літератури склад мікробіому залежить від типу харчування і може різко відрізнятися [5, 15]. Порівняна кількість окремих культур бактерій наведено у **таблиці 2**.

Таблиця 2

Результати мікробіологічного дослідження фекалій собак за дисбактеріозу, у порівнянні із клінічно здоровими тваринами

Види мікроорганізмів	Клінічно здорові (n=10)		Хворі на дисбактеріоз (n=16)	
	%	КУО (min–max), на 1 г фекалій	%	КУО (min–max), на 1 г фекалій
<i>Escherichia coli</i>	100	10 ⁶ –10 ⁸	62,5	10 ³ –10 ⁵
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	40,0	0–10 ³	75,0	10 ³ –10 ⁶
<i>Klebsiella</i> spp.	30	0–10 ²	93,8	10 ⁴ –10 ⁷
<i>Candida</i> spp.	–	–	25,0	10 ⁴ –10 ⁵
<i>Streptococcus</i> spp.	100	10 ⁴ –10 ⁶	75,0	10 ³ –10 ⁴
<i>Bifidobacterium</i> spp.	100	10 ⁶ –10 ¹⁰	62,5	10 ² –10 ⁴
<i>Lactobacillus</i> spp.	100	10 ⁸ –10 ¹⁰	62,5	10 ² –10 ³
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	–	6,3	10 ³ –10 ⁴

Дослідження мікробіоценозу кишечника хворих на дисбактеріоз собак, у порівнянні із показниками клінічно здорових тварин, показали суттєво нижчу кількість КУО *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., що були виділені лише у 62,5 % випадків; зниження кількості тварин, у яких виділено *Streptococcus* spp.,

на 25 %, а також менший вміст КУО до 10³–10⁴ на 1 г фекалій. Популяція *Escherichia coli* була меншою у тварин за дисбактеріозу, у порівнянні із клінічно здоровими і виявлялась лише у 62,5 % випадків у кількості 10³–10⁵ КУО. Поряд з цим, спостерігали більший вміст облигатної та умовно патогенної флори:

Staphylococcus epidermidis реєстрували у більшості тварин (10^3 – 10^6 КУО), а у 25 % собак виявляли гриби роду *Candida* spp. У однієї тварини було виявлено культуру *Staphylococcus aureus*, що пов'язано із запаленням товстого кишечника [7, 8].

Отже, за дисбактеріозу, що супроводжується діареєю, у собак суттєво порушується мікробіом кишечника, у порівнянні із клінічно здоровими.

Наступним етапом було застосування препарату Modes Kombiflor Probiotic впродовж 14 діб у

рекомендованих дозах. Жодних інших препаратів тваринам не застосовували. Після цього було проаналізовано клінічні симптоми та оцінено пейзаж мікрофлори фекалій. В результаті було встановлено, що лише у двох тварин (12,5 %) реєстрували спорадичні розлади травлення у вигляді діареї. У 87,5 % собак після лікування не спостерігали жодних клінічних ознак дисбактеріозу. Було повторно проведено мікробіологічне дослідження фекалій. Результати наведено у [таблиці 3](#).

Таблиця 3

Результати мікробіологічного дослідження фекалій собак за дисбактеріозу, після лікування (n=16)

Види мікроорганізмів	До лікування		14 доба лікування	
	%	КУО (min–max)	%	КУО (min–max)
<i>Escherichia coli</i>	62,5	10^3 – 10^5	100	10^8 – 10^9
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	75,0	10^3 – 10^6	31,3	0 – 10^3
<i>Klebsiella</i> spp.	93,8	10^4 – 10^7	18,8	10^2 – 10^3
<i>Candida</i> spp.	25,0	10^4 – 10^5	–	–
<i>Streptococcus</i> spp.	75,0	10^3 – 10^4	100	10^6 – 10^8
<i>Bifidobacterium</i> spp.	62,5	10^2 – 10^4	100	10^8 – 10^{10}
<i>Lactobacillus</i> spp.	62,5	10^2 – 10^3	100	10^9 – 10^{11}
<i>Staphylococcus aureus</i>	6,3	10^3 – 10^4	–	–
<i>Enterococcus faecium</i>	–	–	100	10^5 – 10^8

Отже, після застосування впродовж 14 діб препарату Modes Kombiflor Probiotic, мікробіотний пейзаж фекалій складався з активних культур *Escherichia coli*, *Streptococcus* pp., *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp. Окрім цього, було виявлено високу активність культури *Enterococcus faecium*. Натомість, не виявлено в жодної собаки культур *Candida* spp. та *Staphylococcus aureus*. Тобто, культури мікроорганізмів, що є складовими апробованого препарату, успішно колонізували кишечник собак дослідної групи та призвели до пригнічення умовно патогенних та патогенних мікроорганізмів. Що узгоджується з

результатами інших дослідників, які повідомляли про зменшення кількості стафілококів та *Pseudomonas*-подібних бактерій на тлі підвищення інших бактеріальних культур [12].

Наступним етапом дослідження був аналіз змін складу мікробіому кишечника свійських котів після застосування препарату Modes Kombiflor Probiotic за дисбактеріозу, що супроводжується діареєю. Результати мікробіологічного дослідження фекалій хворих котів, у порівнянні із здоровими, наведено у [таблиці 4](#).

Таблиця 4

Результати мікробіологічного дослідження фекалій котів за дисбактеріозу, у порівнянні із клінічно здоровими тваринами

Види мікроорганізмів	Клінічно здорові (n=10)		Хворі на дисбактеріоз (n=18)	
	%	КУО(min–max), на 1 г фекалій	%	КУО (min–max), на 1 г фекалій
<i>Lactobacillus</i> spp.	100	10^7 – 10^9	33,3	10^2 – 10^5
<i>Clostridium butyricum</i>	40,0	10^2 – 10^3	72,2	10^4 – 10^6
<i>Bifidobacterium</i> spp.	100	10^5 – 10^8	55,6	10^3 – 10^4
<i>Escherichia coli</i>	100	10^5 – 10^7	50,0	10^2 – 10^4
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	30,0	0 – 10^2	21,1	10^3 – 10^5
<i>Klebsiella</i> spp.	10	10^3	83,3	10^4 – 10^8
<i>Candida</i> spp.	–	–	27,8	10^3 – 10^5
<i>Streptococcus</i> spp.	40	10^2 – 10^4	55,6	10^5 – 10^7

Зокрема, у клінічно здорових свійських котів постійними представниками мікроорганізмів, що демонстрували високоактивні культури, та присутні у результатах мікробіологічних досліджень 100 % тварин, були *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Escherichia coli*. У значної частини здорових котів (30–40 %) реєстрували *Clostridium butyricum*, *Staphylococcus epidermidis* та *Streptococcus* spp. Проте, їх активність була значно меншою та становила 10^2 – 10^3 КУО/г фекалій. У однієї тварини було виявлено *Klebsiella* spp. Інші дослідники повідомляли про досить різноманітну й складну кишкову екосистему котів, зокрема наявність бактерій *Firmicutes*,

Bacteroidetes, *Actinobacteria* та *Proteobacteria*, що становили понад 99 % і залежали від споживання тваринами розчинних волокон і протеїну який містився в раціоні [13].

Аналіз мікробного пейзажу свійських котів, хворих на дисбактеріоз кишечника за діареї, свідчив про значну зміну мікробіому. Зокрема, культури *Lactobacillus* spp. Було виявлено лише у 33,3 % тварин, *Bifidobacterium* spp. – у 55,6 %, а *Escherichia coli* у половини тварин. Окрім цього, їх активність була значно нижчою за показники клінічно здорових – 10^2 – 10^5 КУО/г, що вказує на значне збіднення мікробного пейзажу. Водночас, реєстрували значну

кількість облигатної та умовно патогенної мікрофлори – *Clostridium butyricum*, *Klebsiella* spp., *Streptococcus* spp., а у 27,8 % – *Candida* spp. Отримані нами показники мікробіому підтверджуються даними інших дослідників, які зазначають, що зниження бактеріального різноманіття кишечника котів за діареї [17].

Таблиця 5

Результати мікробіологічного дослідження фекалій котів за дисбактеріозу, після лікування (n=18)

Види мікроорганізмів	До лікування		14 доба лікування	
	%	КУО (min–max), на 1 г фекалій	%	КУО (min–max), на 1 г фекалій
<i>Lactobacillus</i> spp.	33,3	10 ² –10 ⁵	100	10 ⁶ –10 ⁹
<i>Clostridium butyricum</i>	72,2	10 ⁴ –10 ⁶	27,8	10 ² –10 ³
<i>Bifidobacterium</i> spp.	55,6	10 ³ –10 ⁴	100	10 ⁶ –10 ⁸
<i>Escherichia coli</i>	50,0	10 ² –10 ⁴	100	10 ⁴ –10 ⁷
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	21,1	10 ³ –10 ⁵	11,1	0–10 ³
<i>Klebsiella</i> spp.	83,3	10 ⁴ –10 ⁸	–	–
<i>Candida</i> spp.	27,8	10 ³ –10 ⁵	–	–
<i>Streptococcus</i> spp.	55,6	10 ⁵ –10 ⁷	61,1	10 ⁴ –10 ⁶

Склад мікробіому кишечника котів після лікування містив нормальну кишкову флору, властиву клінічно здоровим тваринам, переважно культур, що входять до складу Modes Kombiflor Probiotic: *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Escherichia coli* та *Streptococcus* spp. При цьому, активність культур становила 10⁴–10⁹ КУО/г фекалій, що відповідає показникам клінічно здорових тварин. Умовно патогенної мікрофлори (*Klebsiella* spp., *Candida* spp.) не було виявлено, а кількість *Staphylococcus epidermidis* була мінімальною та становила 0–10³ КУО/г фекалій.

Висновки

Дослідженнями встановлено, що за дисбактеріозу кишечника у собак відбуваються зміни мікробіому: зменшується кількість КУО *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp та зростає вміст *Staphylococcus epidermidis*, *Candida* spp. Після застосування препарату Modes Kombiflor Probiotic у собак зникають симптоми дисбактеріозу, збагачується мікробний пейзаж фекалій (*Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp.), не виявляються представники *Candida* spp. та *Staphylococcus* spp.

У котів за дисбактеріозу кишечника відбувається збіднення мікробного пейзажу за рахунок зменшення *Lactobacillus* spp, *Bifidobacterium* spp та *Escherichia coli*, виявляються представники умовно патогенної флори (*Clostridium butyricum*, *Klebsiella* spp., *Streptococcus* spp., *Candida* spp). Після застосування Modes Kombiflor Probiotic у котів нормалізується клінічний стан, мікробіом кишечника складають представники *Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp., *Escherichia coli* та *Streptococcus* spp. за активності 10⁴–10⁹ КУО/г фекалій, що відповідає показникам клінічно здорових тварин.

Перевага використання апробованого препарату полягає у тому, що штами мікроорганізмів, які входять до його складу, є нетоксичними і, на відміну від антибіотиків, не провокують виникнення резистентності бактерій.

Після двотижневого курсу лікування препаратом Modes Kombiflor Probiotic клінічні ознаки характеризувалися відсутністю діареї, ознак дегідратації та диспепсії. Апетит тварин покращився до нормального, хахектичні тварини почали набирати вагу. Результати мікробіологічного дослідження фекалій свійських котів демонстрували суттєві зміни (табл. 5).

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Adebawo, O. O., Akingbala, J. O., Ruiz-Barba, J. L., & Osilesi, O. (2000). Utilization of high lysine-producing strains of *Lactobacillus plantarum* as starter culture for nutritional improvement of ogi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16 (5), 451–455. <https://doi.org/10.1023/a:1008967625335>
- Atrih, A., Rekhif, N., Moir, A. J. G., Lebrhi, A., & Lefebvre, G. (2001). Mode of action, purification and amino acid sequence of plantaricin C19, an anti-*Listeria* bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* C19. *International Journal of Food Microbiology*, 68 (1–2), 93–104. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(01\)00482-2](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(01)00482-2)
- Butturini de Carvalho, E., & Paiva Moreno Gonçalves, R. (2017). Arterial hypotension in dogs and cats – a review. *Clinica Veterinaria*, XXII (127), 38–50. <https://doi.org/10.46958/rcv.2017.xxii.n.127.p.38-50>
- No. 29468. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Concluded at Strasbourg on 18 March 1986. (2000). *Treaty Series* 1862, 610–610. <https://doi.org/10.18356/ec490af8-en-fr>
- Grześkowiak, Ł., Endo, A., Beasley, S., & Salminen, S. (2015). Microbiota and probiotics in canine and feline welfare. *Anaerobe*, 34, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2015.04.002>
- Hernandez, J., Rhimi, S., Kriaa, A., Mariale, V., Boudaya, H., Drut, A., Jablaoui, A., Mkaouer, H., Saidi, A., Biourge, V., Borgi, M. A., Rhimi, M., & Maguin, E. (2022). Domestic Environment and gut microbiota: lessons from pet dogs. *Microorganisms*, 10 (5), 949. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10050949>
- Herstad, H. K., Nesheim, B. B., L'Abée-Lund, T., Larsen, S., & Skancke, E. (2009). Effects of a probiotic intervention in acute canine gastroenteritis – a controlled clinical trial. *Journal of Small Animal Practice*, 51 (1), 34–38. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2009.00853.x>
- Honneffer, J. B. (2014). Microbiota alterations in acute and chronic gastrointestinal inflammation of cats and dogs. *World Journal of Gastroenterology*, 20 (44), 16489. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i44.16489>
- Jergens, A. E. (2017). Host-microbiota interactions in gastrointestinal health and disease. In: Ettinger, S. J., Feldman, E. C., Côté, E., editors. *Textbook of veterinary internal medicine: diseases of the dog and the cat*. 8th ed. St. Louis, MO: Elsevier.
- Kesavelu, D., & Jog, P. (2023). Current understanding of antibiotic-associated dysbiosis and approaches for its management. *Therapeutic Advances in Infectious Disease*, 10. <https://doi.org/10.1177/20499361231154443>

11. Lederberg, B. J., & McCray, A. T. (2001). 'Ome sweet' omics: a genealogical treasury of words. *Scientist*, 15 (7), 8.
12. Marciňáková, M., Simonová, M., Stropňová, V., & Lauková, A. (2006). Oral application of *Enterococcus faecium* strain EE3 in healthy dogs. *Folia Microbiologica*, 51 (3). <https://doi.org/10.1007/bf02932129>
13. Minamoto, Y., Hooda, S., Swanson, K. S., & Suchodolski, J. S. (2012). Feline gastrointestinal microbiota. *Animal Health Research Reviews*, 13(1), 64–77. <https://doi.org/10.1017/S1466252312000060>
14. Mondo, E., Marliani, G., Accorsi, P. A., Cocchi, M., & Di Leone, A. (2019). Role of gut microbiota in dog and cat's health and diseases. *Open Veterinary Journal*, 9 (3), 253. <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i3.10>
15. O'Mahony, D., Murphy, K. B., MacSharry, J., Boileau, T., Sunvold, G., Reinhart, G., Kiely, B., Shanahan, F., & O'Mahony, L. (2009). Portrait of a canine probiotic Bifidobacterium-from gut to gut. *Veterinary Microbiology*, 139 (1-2), 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.05.002>
16. Pilla, R., & Suchodolski, J. S. (2020). The role of the canine gut microbiome and metabolome in health and gastrointestinal disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00498>
17. Ritchie, L. E., Steiner, J. M., & Suchodolski, J. S. (2008). Assessment of microbial diversity along the feline intestinal tract using 16S rRNA gene analysis. *FEMS Microbiology Ecology*, 66 (3), 590–598. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00609.x>
18. Ryeznykov, O. H. (2003). Zahalni etychni pryntsyropy eksperymentiv na tvarynakh. *Endokrynolohiya*, 8 (1), 142–145. [in Ukrainian]
19. Schmitz, S., & Suchodolski, J. (2016). Understanding the canine intestinal microbiota and its modification by pro-, pre- and synbiotics – what is the evidence? *Veterinary Medicine and Science*, 2 (2), 71–94. <https://doi.org/10.1002/vms3.17>
20. Suchodolski, J. S., Camacho, J., & Steiner, J. M. (2008). Analysis of bacterial diversity in the canine duodenum, jejunum, ileum, and colon by comparative 16S rRNA gene analysis. *FEMS Microbiology Ecology*, 66 (3), 567–578. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00521.x>
21. Suchodolski, J. (2013). Das gastrointestinale Mikrobiom bei gesunden und kranken Hunden. *Veterinary Focus*, 23 (02), 22–28. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1381897>
22. Tal, S., Tikhonov, E., Aroch, I., Hefetz, L., Turjeman, S., Koren, O., & Kuzi, S. (2021). Developmental intestinal microbiome alterations in canine fading puppy syndrome: a prospective observational study. *Npj Biofilms and Microbiomes*, 7 (1). <https://doi.org/10.1038/s41522-021-00222-7>
23. Wernimont, S. M., Radosevich, J., Jackson, M. I., Ephraim, E., Badri, D. V., MacLeay, J. M., Jewell, D. E., & Suchodolski, J. S. (2020). The Effects of nutrition on the gastrointestinal microbiome of cats and dogs: impact on health and disease. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01266>
24. Ziese, A.-L., & Suchodolski, J. S. (2021). Impact of changes in gastrointestinal microbiota in canine and feline digestive diseases. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 51 (1), 155–169. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.09.004>

ORCID

- | | |
|--|---|
| S. Kravchenko  | https://orcid.org/0000-0002-7420-9320 |
| A. Suhak  | https://orcid.org/0009-0009-9589-6543 |
| N. Kanivets  | https://orcid.org/0000-0001-9520-2999 |
| N. Dmytrenko  | https://orcid.org/0000-0001-5336-2361 |
| T. Burda  | https://orcid.org/0000-0002-2262-9040 |
| S. Kulynych  | https://orcid.org/0000-0003-1660-643X |
| V. Rudyashko  | https://orcid.org/0009-0009-4671-6227 |



2025 Kravchenko S. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Effect of nanoaquahelate compounds on the activity of blood enzymes in cows with different tone of the autonomic nervous system

M. Ilchyshyn¹ | V. Karpovskiy¹ | O. Zhurenko¹ | I. Hryshchuk¹ | P. Karpovskiy¹ | D. Kryvoruchko¹ | A. Hryshchuk² | V. Karpovskiy³ | V. Todoruk⁴ | V. Melnychuk⁵

Article info

Correspondence Author

V. Karpovskiy

E-mail:

karpovskiy@meta.ua

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Defence Str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

² Luhansk Taras Shevchenko National University, Kovalia Str., 3, Poltava, 36000, Ukraine

³ Odesa State Agrarian University, Panteleimonivska Str., 13, Odesa, 6500, Ukraine

⁴ Institute of Animal Biology of NAAS Ukraine, V. Stus Str., 38, Lviv, 79034, Ukraine

⁵ Poltava State Agrarian University, Skovoroda Str., 1/3, Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Ilchyshyn, M., Karpovskiy, V., Zhurenko, O., Hryshchuk, I., Karpovskiy, P., Kryvoruchko, D., Hryshchuk, A., Karpovskiy, V., Todoruk, V., & Melnychuk, V. (2025). Effect of nanoaquahelate compounds on the activity of blood enzymes in cows with different tone of the autonomic nervous system. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 158–165. doi: 10.31210/spi2025.28.02.24

When using feed additives to increase the productivity of cows, it is necessary to take into account the individual characteristics of the organism of these animals. This will ensure greater efficiency of the use of additional feed additives for the dairy herd. The aim of the study was to determine the effect of the nanopreparation on the enzyme levels in the blood of cows with different tone of the autonomic nervous system. For the study, 3 groups of cows were formed according to the tone of the autonomic nervous system using a variation-pulse oximetry study, each of which was then divided into control and experimental groups. The experimental group during lactation for 30 days is fed a nanopreparation of trace elements Mg, Zn, Ge and Fe, at a dose of 10 ml per day with the content (mg/day): Mg – 50 mg/day, Zn – 50 mg/day, Ge – 10 µg/day and Fe – 20 mg/day. According to the results of biochemical studies, it was found that the activity of enzymes in the control group with normotension was 1.64 times higher in aspartate aminotransferase ($P<0.01$), alanine aminotransferase by 37.7 % ($P<0.001$), gamma-glutamyltransferase by 1.6 times ($P<0.01$) compared to the experimental group of animals. In the experimental group with vagotonia, the activity of enzymes was lower in aspartate aminotransferase by 2.33 times ($P<0.01$), alanine aminotransferase by 35.7 % ($P<0.01$), compared to the experimental group of vagotonic animals. In the experimental group with sympathotonia, the activity of aspartate aminotransferase was 1.88 times higher ($P<0.001$), alanine aminotransferase 1.84 times higher ($P<0.001$), compared to the experimental group of animals. It was established that feeding cows with feed additives based on a mixture of nanoaquahelates contributed to a decrease in the activity of blood enzymes. The prospect of further research is to adjust the doses of the applied feed additive to increase the productivity of cows individually to each tone of the autonomic nervous system and to study the effectiveness of the nanopreparation taking into account these parameters.

Keywords: ruminants, nanopreparation, metabolism, nervous system, productivity.

Вплив сполук наноаквахелатів на активність ферментів крові у корів за різного тонусу автономної нервової системи

М. М. Ільчишин¹ | В. І. Карповський¹ | О. В. Журенко¹ | І. А. Гришук¹ | П. В. Карповський¹ | Д. І. Криворучко¹ | А. В. Гришук² | В. В. Карповський³ | В. Б. Тодорук⁴ | В. В. Мельничук⁵

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

² Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Полтава, Україна

³ Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

⁴ Інститут біології тварин НААН України, м. Львів, Україна

⁵ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Під час використання кормових добавок для підвищення продуктивності корів варто обов'язково враховувати індивідуальні особливості організму цих тварин. Це забезпечить більшу ефективність використання додаткових кормових добавок для дійного стада. Метою дослідження було встановити вплив нанопрепарату на показники ферментів в крові корів з різним тонусом автономної нервової системи. Для дослідження було сформовано 3 групи корів згідно тонусу автономної нервової системи за допомогою варіаційно-пульсометричного дослідження, кожну з яких потім розподілили на контрольну і дослідну групи. Дослідній групі у період лактації протягом 30 днів випоюють нанопрепарат мікроелементів Mg, Zn, Ge та Fe, у дозі 10 мл на добу з вмістом (мг/добу): Mg – 50 мг/добу, Zn – 50 мг/добу, Ge – 10 мкг/добу та Fe – 20 мг/добу. За результатами біохімічного дослідження було встановлено, що активність ферментів у контрольної групи з нормотонією більша у аспартатамінотрансферази у 1,64 рази ($P<0,01$), аланінамінотрансферази на 37,7 % ($P<0,001$), гамма-глутамілтрансферази у 1,6 рази ($P<0,01$) відносно дослідної групи тварин. У дослідній групі із ваготонією активність ферментів меншою в аспартатамінотрансферази у 2,33 рази ($P<0,01$), аланінамінотрансферази на 35,7 % ($P<0,01$), відносно дослідної групи тварин ваготоніків. У дослідній групі із симпатотонією більша активність у аспартатамінотрансферази у 1,88 рази ($P<0,001$), аланінамінотрансферази у 1,84 рази ($P<0,001$), відносно дослідної групи тварин. Встановлено, що коровам випоювання кормові добавки на базі суміші наноаквахелатів сприяло зменшенню активності ферментів крові. Перспективою подальшого дослідження є корегування доз застосованої кормової добавки для підвищення продуктивності корів індивідуально до кожного тонусу автономної нервової системи та вивчення ефективності нанопрепарату з урахування даних параметрів.

Ключові слова: жуйні, нанопрепарат, обмін, нервова система, продуктивність.

Бібліографічний опис для цитування: Ільчишин М. М., Карповський В. І., Журенко О. В., Гришук І. А., Карповський П. В., Криворучко Д. І., Гришук А. В., Карповський В. В., Тодорук В. Б., Мельничук В. В. Вплив сполук наноаквахелатів на активність ферментів крові у корів за різного тонусу автономної нервової системи. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 158–165.

Вступ

Забезпечення сталої продуктивності корів повинно спиратися не лише на швидкому отриманні прибутку від максимального виснаження тварини, а розвиватися у напрямку збільшення терміну їхнього життя із збереженням сталої продуктивності, а не короткочасної [17]. Варто враховувати, що кожен період життя корови особливо у момент формування плоду та активної молока віддачі викликає значний стрес організму, що витрачає значний енергетичний потенціал тварини, відновлення якого мало кого турбує, результатом цього стає вибракування низькопродуктивних корів [5]. За такої технології виробництва молока, постійно зменшується поголів'я стада і в подальшому стане причиною втрати певних видів порід. Оскільки кількість тварин з низькою продуктивністю, яких будуть вибраковувати стане більше, а ніж тих, кого будуть випрошувати на заміну [9, 14]

Вирішення питання по збереженню продуктивності дійного стада та збільшення терміну життя корів пов'язано з багатьма факторами такими як: модифікація раціону різними кормовими добавками, розробкою нових методів протидії кліматичним змінам, оцінці активності ферментативної ланки у організмі та її стабілізації і інше. В загальному розроблені методи базуються на покращенні засвоєваності споживаних кормів для збалансування енергетичного обміну та збільшення стресової стійкості організму до окислювального стресу спричиненого різними факторами [1, 16]. Варто вказати, що при будь якій оцінці ефективності розроблених методів стабілізації обміну речовин, визначаються біохімічні показники по оцінці стану здоров'я тварини. І спираючись на них прогнозують ефективність використаної кормової добавки. Проте мало хто звертає увагу на особливості перебігу обміну речовин саме у організму тварини, що часто сприяє низькій результативності виконаних досліджень по покращенню продуктивності дійного стада [3]. Корови як і кожен організм мають різну інтенсивність перебігу метаболічних процесів, що першочергово залежить від систем, які контролюють ці механізми. Однією з таких є автономна нервова система, яка складається з симпатичної і парасимпатичної нервової системи [9, 13].

Автономна нервова система постійно регулює процеси синтезу та розщеплення поживних речовин у організмі. Особлива активність даної нервової системи проявляється в період активної дії стресу різного походження [12]. Одним з таких видів негативного впливу є період лактації, коли організм тварини активно мобілізує біологічно активні речовини для синтезу молока в значних об'ємах. В даному стресовому стані автономна нервова система впливаючи, на організм тварин намагається збалансувати та врегулювати сталість гомеостазу [4, 11]. А врахувавши той факт, що кожна корова є індивідуальним організмом активність симпатичної і парасимпатичної нервової системи різна, що матиме відображення у відповіді на стресові фактори. Тому підчас розробки та використання різних кормових добавок варто враховувати різну активність автономної нервової

системи, це допоможе більш точному аналізу ефективності застосованих методів для покращення метаболічних процесів у організмі тварин [6, 7].

Мета дослідження

Мета дослідження полягала у визначенні впливу нанопрепарату на вміст ферментів у крові корів з різним тонусом автономної нервової системи.

Матеріали і методи

Дослідження проводилось на господарстві ТОВ «Молочні ріки», с. Сокаль, Шептицький район, Львівська область, на коровах породи українська чорно-ряба. Дослідні групи корів формували завдяки варіаційно-пульсометричному дослідженню із встановленням тону автономної системи на підставі статистичного обрахунку отриманих даних. На основі даних щодо індивідуальних особливостей впливу симпатичної і парасимпатичної нервової систем було сформовано три групи тварин: нормотоніки (тварини зі збалансованим впливом симпатичної і парасимпатичної нервової систем), симпатотоніки (тварини із перевагою впливу симпатичної нервової системи) та ваготоніки (тварини із переважанням впливу парасимпатичної нервової системи), кожна з яких була додатково розділена на контрольну і дослідну групи. Дослідній групі тварин з різним тонусом автономної нервової системи в період лактації протягом 30 діб випоюють нанопрепарат мікроелементів Mg, Zn, Ge та Fe, у дозі 10 мл на добу з вмістом (мг/добу): Mg – 50 мг/добу, Zn – 50 мг/добу, Ge – 10 мкг/добу та Fe – 20 мкг/добу.

Для отримання сироватки крові зразки інкубували в термостаті за температури 37°C. Для дослідження аланін амінотрансферази (АЛТ), аспартатамінотрансферази (АСТ), гамма-глутамілтрансферази (ГГТ) застосовували тест-систему від ТОВ «Лабораторія Гранум», м. Харків. Умови вимірювання: довжина хвилі 340 – 405 нм, кювета з товщиною оптичного шару 1 см, температура 25–37°C.

Одержані результати обраховували за формулою для АЛТ:

$$A = \Delta E / \min \times (-1900) \quad (1)$$

A – активність АЛТ в дослідному зразку, U/l (Од/л).

ΔE – зміна оптичної щільності дослідного зразка за $\min$ (хв), одиниць оптичної щільності.

(-1900) – теоретичний чинник перерахунку для вираження активності АЛТ в U/l (Од/л).

Результати дослідження АСТ обраховували за формулою:

$$A = \Delta E / \min \times (-1900) \quad (2)$$

A – активність АСТ в дослідному зразку, U/l (Од/л).

ΔE – зміна оптичної щільності дослідного зразка за $\min$ (хв), одиниць оптичної щільності.

(-1900) – теоретичний чинник перерахунку для вираження активності АСТ в U/l (Од/л).

Отримані результати дослідження ГГТ обраховували за формулою:

$$A = \Delta E / \min \times 1510 \quad (3)$$

A – активність γ -ГТ в дослідному зразку, U/l (Од/л).

ΔE – зміна оптичної щільності дослідного зразка за $\min$ (хв), одиниць оптичної щільності.

1510 – теоретичний чинник перерахунку для вираження активності γ -ГТ в U/l (Од/л).

Статистичний аналіз вихідних даних результатів спектрофотометрії виконували за допомогою програмного забезпечення MS Office: Microsoft Excel. Вірогідність різниці між отриманими показниками встановлювали за методикою Ст'юдента. Відмінності між показниками, що порівнювалися, вважали вірогідними за рівня значимості $P < 0,05$, $P < 0,01$, $P < 0,001$.

Результати та їх обговорення

Підчас аналізу показників активності ферментів у корові корів дослідної групи, було встановлено, що отримані результати в межах допустимих значень (табл. 1).

Таблиця 1

Показники активності ферментів дослідної групи корів із нормотонією ($M \pm m$, $n=4$)

Показники, одиниці вимір.	КДС	СП	С	СВ	А	Мін.	Мак.
АСТ, МО/л	4	11,61	69,93	23,21	0,23	42,40	99,20
АЛТ, МО/л	4	1,87	24,68	3,74	0,04	20,20	29,20
ГГТ, МО/л	4	0,83	18,98	1,67	0,63	17,21	21,14

Примітки: КДС – кількість дійсних спостережень, СП – стандартна помилка, М – медіана, СВ – стандартне відхилення, А – асиметричність, Мін. – мінімальне значення, Мак. – максимальне значення.

За статистичного аналізу (табл. 1) активності ферментів у крові корів дослідної групи нормотоніків встановлено, що за показниками активності аспартатамінотрансферази спостерігали низьку стандартну похибку із малою перемінністю значень, а стандартне відхилення свідчило про малу варіаційність даних. При цьому, асиметричність відображала майже ідеальний симетричний розподіл значень та різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 2,33 %, що свідчило про незначну розбіжність отриманих даних.

Активність аланін амінотрансферази має низьку стандартну похибку, що вказувало на незначну перемінність значень. Показник стандартного відхилення вказував на несуттєву варіаційність даних, а за показником асиметричності доведено достатню симетричність розподілу значень. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,45 %, що свідчило про незначну розбіжність отриманих даних.

Активність гамма-глутамілтрансферази у корів становило низьку стандартну похибку із малою

перемінністю значень. За показником стандартного відхилення значень констатували малу варіаційність даних. Показник асиметричності виявляв незначний нахил ліворуч, що відображало малу негативну асиметрію. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,23 %, що відображало незначну розбіжність отриманих даних.

Підчас аналізу показників активності ферментів у корові корів контрольної групи, було встановлено, що отримані результати в межах допустимих значень (табл. 2).

Таблиця 2

Показники активності ферментів контрольної групи корів із нормотонією ($M \pm m$, $n=4$)

Показники, одиниці вимір.	КДС	СП	С	СВ	А	Мін.	Мак.
АСТ, МО/л	4	7,61	114,76	15,21	0,60	101,50	133,70
АЛТ, МО/л	4	0,40	33,73	0,81	-0,27	32,80	34,50
ГГТ, МО/л	4	1,04	30,36	2,09	-1,90	27,25	31,65

Примітки: КДС – кількість дійсних спостережень, СП – стандартна помилка, М – медіана, СВ – стандартне відхилення, А – асиметричність, Мін. – мінімальне значення, Мак. – максимальне значення.

Згідно статистичної оцінки результатів спектрометричного дослідження крові корів визначено, щодо активності аспартатамінотрансферази стандартна похибка мала невисокі значення, що свідчить про несуттєву перемінність даних. Стандартне відхилення вказувало на незначну варіаційність отриманих показників. Показник асиметричності був незначний і характеризував відсутність асиметричності даних, що відображало нормальний розподіл. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,32 %, що означає незначну розбіжність її величин.

Активність аланін амінотрансферази має величини стандартної похибки відносно малі, що відображало несуттєву перемінність значень. Варіаційність результатів у допустимих межах, на основі даних стандартного відхилення. Показник асиметричності вказував на незначну негативну асиметричність, що свідчило про наближеність результатів до нормального розподілу. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,05 %, що підтверджує незначну розбіжність її величин.

Показники активності гамма-глутамілтрансферази відображали незначну варіаційність даних та їх перемінність, що підтверджує низькі значення стандартного відхилення та стандартної похибки. Асиметричність мала достатньо невеликі результати позитивної асиметрії, за рахунок чого можна стверджувати про достовірність розподілу показників. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,15 %, що додатково підтверджує нормальний розподіл отриманих результатів.

Згідно виконаного спектрометричного дослідження активності ферменту аспартатамінотрансферази виявлено, що у контрольній групі корів показники у 1,64 рази більші відносно дослідної групи ($P < 0,01$). Активність аланін амінотрансферази

у тварин яким не задавали кормову добавку була на 37,7 % більша ($P<0,001$), а ніж тим кому вносили у раціон додаткову біологічно активну речовину.

Гамма-глутамілтрансферази збільшувалися в 1,6 рази відносно дослідною групи у тварин без використання кормової добавки ($P<0,01$) (рис. 1).

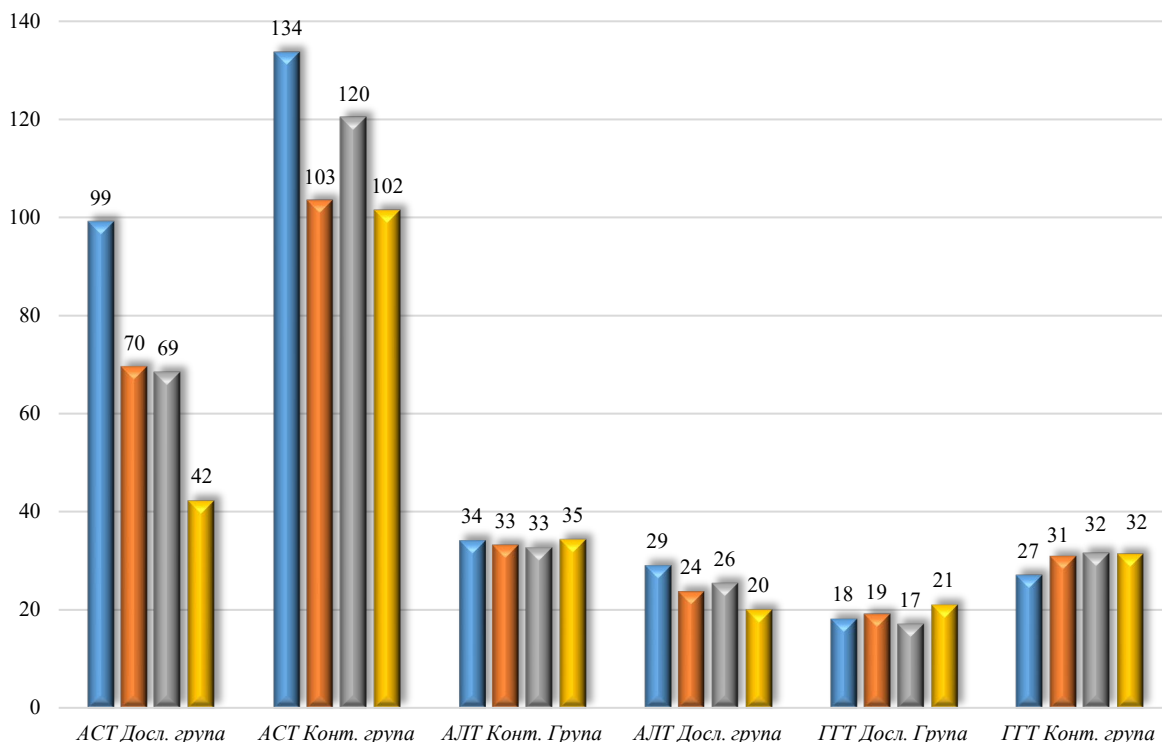


Рис. 1. Показники активності ферментів крові контрольної і дослідної групи нормотоніків

При дослідженні дослідної групи корів із ваготонією було встановлено, що показники активності ферментів були в межах фізіологічної норми (табл. 3).

Таблиця 3

Показники активності ферментів дослідної групи корів із ваготонією ($M \pm m$, $n=4$)

Показники, одиниці вимір.	КДС	СП	С	СВ	А	Мін.	Мак.
АСТ, МО/л	4	1,64	44,65	3,28	1,11	41,40	49,20
АЛТ, МО/л	4	2,18	24,68	4,36	-0,26	28,20	38,70
ГГТ, МО/л	4	0,75	21,67	1,51	-0,44	19,74	23,35

Примітки: КДС – кількість дійсних спостережень, СП – стандартна помилка, М – медіана, СВ – стандартне відхилення, А – асиметричність, Мін. – мінімальне значення, Мак. – максимальне значення.

За активність аспартатамінотрансферази встановили низьку стандартну похибку, яка свідчила про незначну перемінність значень, а за показником стандартного відхилення відмічали несуттєву варіаційність даних. Натомість, за показником асиметричності встановлено нормальний розподіл отриманих даних та відсутність асиметрії. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,19 %, що вказувало на незначну розбіжність отриманих даних.

За показником активність аланін аміно-трансферази встановили стандартну похибку із малою перемінністю значень. Стандартне відхилення відображало незначну варіаційність даних

показників. За показником асиметричності констатували малу негативну асиметричність, що описує рівномірний розподіл даних. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,37 %, що підтверджувало незначну розбіжність цифрових даних.

Значення активності гамма-глутамілтрансферази характеризувалися низькими параметрами стандартної похибки та стандартного відхилення, що свідчило про незначну перемінність та варіаційність результатів. Асиметричність додатково підтверджувала нормальний розподіл показників, що означало фактичну відсутність асиметрії, яка поєднувалася із різницею між максимальним і мінімальним значень, що становило 1,18 %.

При дослідженні контрольної групи корів із ваготонією було встановлено, що показники активності ферментів були в межах фізіологічної норми (табл. 4).

Таблиця 4

Показники активності ферментів контрольної групи корів із ваготонією ($M \pm m$, $n=4$)

Показники, одиниці вимір.	КДС	СП	С	СВ	А	Мін.	Мак.
АСТ, МО/л	4	9,58	93,93	19,17	1,97	82,40	122,60
АЛТ, МО/л	4	2,13	52,33	4,25	1,82	49,61	58,61
ГГТ, МО/л	4	2,34	22,20	4,69	-1,12	15,76	26,55

Примітки: КДС – кількість дійсних спостережень, СП – стандартна помилка, М – медіана, СВ – стандартне відхилення, А – асиметричність, Мін. – мінімальне значення, Мак. – максимальне значення.

За статистичного аналізу активності ферментів у крові корів дослідної групи нормотоніків встановлено, що за показниками активності аспартат-амінотрансферази спостерігали низьку стандартну похибку із малою перемінністю значень, а стандартне відхилення свідчило про малу варіаційність даних. При цьому, асиметричність відображала майже ідеальний симетричний розподіл значень та різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,49 %, що свідчило про незначну розбіжність отриманих даних.

Активність аланін амінотрансферази має низьку стандартну похибку, що вказувало на незначну перемінність значень. Показник стандартного відхилення вказував на несуттєву варіаційність даних, а за показником асиметричності доведено достатню симетричність розподілу значень. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,18 %, що свідчило про незначну розбіжність отриманих даних.

За активність гамма-глутамілтрансферази встановили низьку стандартну похибку із малою перемінністю значень. За показником стандартного відхилення значень констатували малу варіаційність даних. Показник асиметричності виявляв незначний нахил ліворуч, що відображало малу негативну асиметрію. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,68 %, що відображало незначну розбіжність отриманих даних.

За результатами виконаного біохімічного дослідження виявлено, що аспартатамінотрансферази у дослідної групи корів було менше у 2,33 рази відносно контрольної групи ($P < 0,01$). Аланін амінотрансферази значно менше у тварин із використанням кормової добавки на 35,7 % в порівнянні з контрольною групою ($P < 0,01$). Гамма-глутамілтрансфераза у обох групах не мала значних відмінностей у тварин, яким застосовували препарат і тими, що споживали корм без нього (рис. 2).

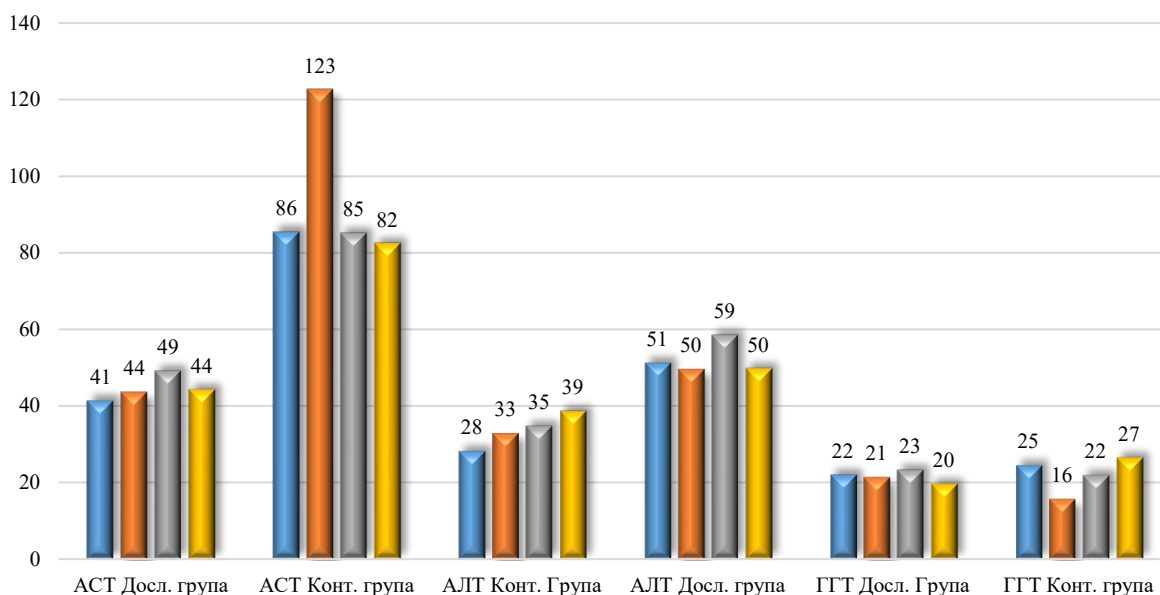


Рис. 2. Показники активності ферментів крові контрольної і дослідної групи ваготоніків

За аналізу активності ферментів у сироватці крові корів, із раціоном годівлі де застосовували кормові добавки наноаквахелатів було встановлено, що показники в межах фізіологічної норми (табл. 5).

Таблиця 5

Показники активності ферментів дослідної групи корів із симпатотонією ($M \pm m$, $n=4$)

Показники, одиниці вимір.	КДС	СП	С	СВ	А	Мін.	Мак.
АСТ, МО/л	4	2,33	37,69	4,67	-0,54	31,98	41,67
АЛТ, МО/л	4	1,04	18,93	2,08	0,20	16,50	21,50
ГГТ, МО/л	4	0,24	28,71	0,48	1,58	28,32	29,41

Примітки: КДС – кількість дійсних спостережень, СП – стандартна помилка, М – медіана, СВ – стандартне відхилення, А – асиметричність, Мін. – мінімальне значення, Мак. – максимальне значення.

Згідно статистичної оцінки результатів спектрометричного дослідження крові корів визначено, щодо активності аспартатамінотрансферази стандартна

похибка мала невисокі значення, що свідчить про несуттєву перемінність даних. Стандартне відхилення вказувало на незначну варіаційність отриманих показників. Показник асиметричності був незначний і характеризував відсутність асиметричності даних, що відображало нормальний розподіл. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,30%, що означає незначну розбіжність її величин.

У активності аланін амінотрансферази величини стандартної похибки відносно малі, що відображало несуттєву перемінність значень. Варіаційність результатів у допустимих межах, на основі даних стандартного відхилення. Показник асиметричності вказував на незначну негативну асиметричність, що свідчило про наближеність результатів до нормального розподілу. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,28 %, що підтверджує незначну розбіжність її величин.

Показники активність гамма-глутамілтрансферази відображали незначну варіаційність даних та їх перемінність, що підтверджує низькі значення

стандартного відхилення та стандартної похибки. Асиметричність мала достатньо невеликі результати позитивної асиметрії, за рахунок чого можна стверджувати про достовірність розподілу показників. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,04 %, що додатково підтверджує нормальний розподіл отриманих результатів.

За аналізу активності ферментів у сироватці крові корів, із стандартним раціоном годівлі було встановлено, що показники в межах фізіологічної норми (*табл. 6*).

Таблиця 6

Показники активності ферментів дослідної і контрольної групи корів із симпатотонією ($M \pm m$, $n=4$)

Показники, одиниці вимір.	КДС	СП	С	СВ	А	Мін.	Мак.
АСТ, МО/л	4	5,35	71,02	10,70	-0,12	59,47	81,57
АЛТ, МО/л	4	0,58	34,85	1,16	1,43	33,90	36,50
ГГТ, МО/л	4	0,64	24,77	1,28	-1,18	23,01	25,83

Примітки: КДС – кількість дійсних спостережень, СП – стандартна помилка, М – медіана, СВ – стандартне відхилення, А – асиметричність, Мін. – мінімальне значення, Мак. – максимальне значення.

Згідно статистичної оцінки результатів спектрометричного дослідження крові корів визначено, що до активності аспартатамінотрансферази стандартна похибка мала невисокі значення, що свідчить про несуттєву перемінність даних. Стандартне відхилення вказувало на незначну варіаційність отриманих показників. Показник асиметричності був незначний і характеризував відсутність асиметричності даних, що відображало нормальний розподіл. Різниця між

максимальним і мінімальним значеннями становила 1,37 %, що означає незначну розбіжність її величин.

Активність аланінамінотрансферази має величини стандартної похибки відносно малі, що відображало несуттєву перемінність значень. Варіаційність результатів у допустимих межах, на основі даних стандартного відхилення. Показник асиметричності вказував на незначну негативну асиметричність, що свідчило про наближеність результатів до нормального розподілу. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,08 %, що підтверджує незначну розбіжність її величин.

Показники активності гамма-глутамілтрансферази відображали незначну варіаційність даних та їх перемінність, що підтверджує низькі значення стандартного відхилення та стандартної похибки. Асиметричність мала достатньо невеликі результати позитивної асиметрії, за рахунок чого можна стверджувати про достовірність розподілу показників. Різниця між максимальним і мінімальним значеннями становила 1,12 %, що додатково підтверджує нормальний розподіл отриманих результатів.

Аналізуючи показники спектрометричного дослідження сироватки крові корів визначено, що активності ферменту аспартатамінотрансферази у контрольної групи корів показники у 1,88 рази більші відносно дослідної групи ($P < 0,001$). Активність аланінамінотрансферази у тварин яким не задавали кормову добавку була у 1,84 рази більша ($P < 0,001$), а ніж тим кому вносили у раціон додаткову біологічно активну речовину. Гамма-глутамілтрансферази зменшувалася на 13,7 % відносно дослідною групи у тварин без використання кормової добавки ($P < 0,01$) (*рис. 3*).

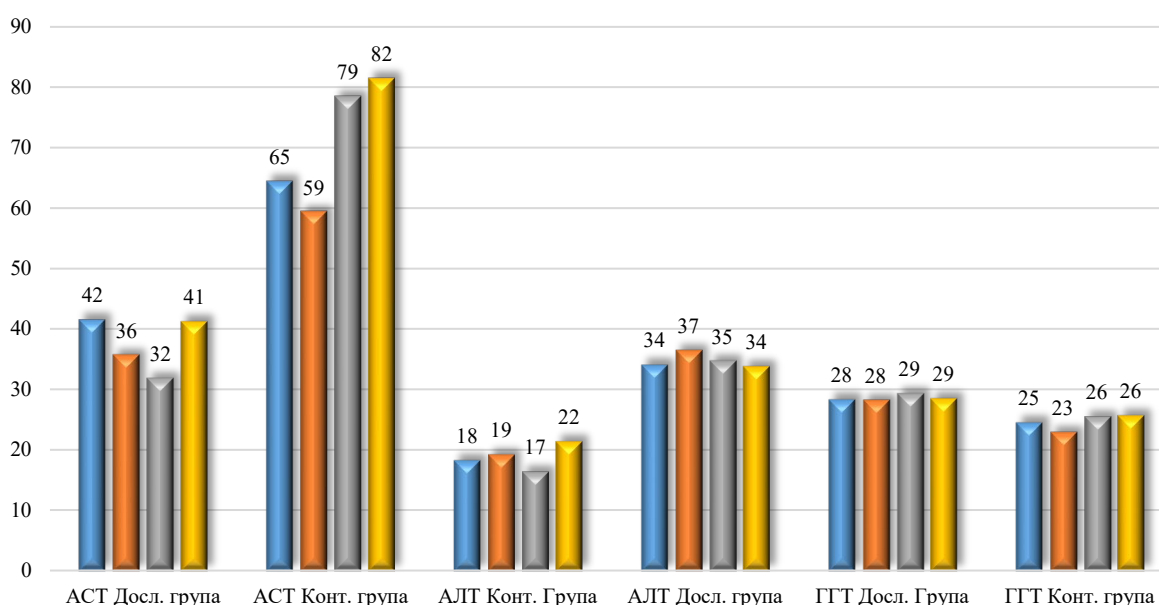


Рис. 3. Показники активності ферментів крові контрольної і дослідної групи симпатотоніків

Дослідження активності ферментів крові у тварин є першочерговим методом для оцінки стану їхнього здоров'я. Але при цьому врахування даних показників допомагає краще розуміти перебігу обмінних

процесів білків, вуглеводів та ліпідів в умовах коли тварина фізіологічно здорова. А у лактуючих корів дослідження цих параметрів грає ключову роль при вивченні ефективності методів покращення

продуктивності [19]. За сучасних умов утримання тварин на молочно товарних фермах, базується на швидкому використанні природного ресурсу їх організму та швидкого збуту малопродуктивного поголів'я, це у свою чергу негативно впливає на збереження тваринного ресурсу [20, 21].

В більшості випадків застосовують методи за принципом отримати максимальний прибуток з корови та скоріше замінити її на нову. Негативними наслідками цього є зменшення популяції тварин та їхнього генетичного різноманіття. Першочергова проблема цього всього неспроможність організму корови витримати такого значного навантаження, що призводить до проблем із їхнім здоров'ям та як наслідок втратою продуктивності. В зв'язку з цим розробляються методи покращення обмінних процесів у корів з використання біологічно активних добавок, що повинні покращувати продуктивність із збереження нормальних процесів життєдіяльності організму в цілому [2, 15].

Холіфа А. Є. вивчали вплив кормових добавок на базі фітогенної суміші для покращення продуктивності корів. Під час аналізу активності ферментів у даних науковці було визначена велика розбіжність у результатах, що не надало можливості встановити залежність між стандартним та збагаченим фітогенною сумішшю раціоном [8]. У нашому випадку врахувавши фактор індивідуальних особливостей організму корів та розподіливши їх відповідно по групам відповідним активності автономної нервової системи перед задаванням кормової добавки були отримані достовірні результати впливу наноаква-хелатів на активність ферментів, для кращого аналізу змін обміну речовин.

Нуї П. досліджували вплив дієтичної добавки на основі гранатової шкірки для покращення метаболічних процесів у організмі корів. За отриманими результатами виявлено, що дана додаткова складова раціону тварини несе негативний ефект на стан здоров'я. Відбувся різкий зріст показників АЛТ, що свідчить про збільшення навантаження на печінку, що при тривалому використанні стане причиною негативних наслідків для організму тварини [18]. У нашому випадку застосування у корів з різним тонусом автономної нервової системи наноаква-хелатів сприяє зменшенню активності ферментів, що може свідчити про стабілізацію обміну речовин у організмі тварини.

Врахувавши отримані результати нашого дослідження варто відмітити, що поєднання кормової добавки наноаквахелатів із врахування відмінностей активності симпатичної і парасимпатичної нервової системи має більш точні результати при аналізі стану здоров'я тварини та процесів обміну речовин. Чітко прослідковується різний вплив біологічно активної речовини в період лактації корів з різною ефективністю у протидії стресового стану, що має відображення у активних процесах синтезу молока.

Висновки

Встановлено, що кормова добавка наноаква-хелатів по різному впливає на показники обміну

речовин у організмі корів, які мають різний тонус автономної нервової системи. Підтвердженням цього є відмінності у показниках ферментативної ланки, які були визначені за біохімічного аналізу крові. Тварини нормотонік, що споживали кормову добавку на відміну від тих хто не споживав мали менші показники активності ферментів ($P < 0,01$; $P < 0,001$). Контрольна група ваготоніків мала більші показники вмісту аспаратамінотрансферази, аланінамінотранс-ферази при порівнянні з дослідною групою ваго-тоніків ($P < 0,05$; $P < 0,01$). Контрольна група симпатотоніків мала більшу активність ферментів у всіх крім гамма-глутамілтрансферази ($P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$).

Перспективи подальших досліджень полягають у корекції доз кормових добавок наноаквахелатів для корів з різним тонусом автономної нервової системи для їх більш ефективного застосування при підвищенні продуктивності молочних корів.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Chacha, F., Gherissi, D. E., Lamraoui, R., Afri-Bouzebd, F., & Bouzebd, Z. (2022). Evaluation of body condition, daily milk production and biochemical parameters during the postpartum period according to calving season in Montbeliard dairy cows reared in the semi-arid region – Algeria. *Veterinarska Stanica*, 53 (6), 677–687. <https://doi.org/10.46419/vs.53.6.3>
2. Churakov, M., Karlsson, J., Rasmussen, A. E., & Holtenius, K. (2021). Milk fatty acids as indicators of negative energy balance of dairy cows in early lactation. *Animal*, 15 (7), 100253. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100253>
3. Egamberdieva, Z., Kurbanova, S., Sadikova, C., Akhtamova, M., & Davron, I. (2024). The use of hydroponic green forages in increasing milk productivity and improving reproductive ability of Holstein cows. *BIO Web of Conferences*, 149, 01016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414901016>
4. Egger, C. (2021). The autonomic nervous system. *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*, 110–118. <https://doi.org/10.1002/9781119631316.ch7>
5. Giannuzzi, D., Piccioli-Cappelli, F., Pegolo, S., Bisutti, V., Schiavon, S., Gallo, L., Toscano, A., Ajmone Marsan, P., Cattaneo, L., Trevisi, E., & Cecchinato, A. (2024). Observational study on the associations between milk yield, composition, and coagulation properties with blood biomarkers of health in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 107 (3), 1397–1412. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23546>
6. Hafez, O. A., & Chang, R. B. (2025). Regulation of cardiac function by the autonomic nervous system. *Physiology*, 40 (3), 258–270. <https://doi.org/10.1152/physiol.00018.2024>
7. The Enteric Nervous System. (2022). *The Integrative Action of the Autonomic Nervous System*, 134–164. <https://doi.org/10.1017/9781108778411.009>
8. Kholif, A. E., Hassan, A. A., El Ashry, G. M., Bakr, M. H., El-Zaiat, H. M., Olafadehan, O. A., Matloup, O. H., & Sallam, S. M. A. (2020). Phytogetic feed additives mixture enhances the lactational performance, feed utilization and ruminal fermentation of Friesian cows. *Animal Biotechnology*, 32 (6), 708–718. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1746322>
9. Kim, S. H., Ramos, S. C., Valencia, R. A., Cho, Y. I., & Lee, S. S. (2022). Heat stress: effects on rumen microbes and host physiology, and strategies to alleviate the negative impacts on lactating dairy cows. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.804562>

10. Kim, W.-S., Peng, D.-Q., Jo, Y.-H., Nejad, J. G., & Lee, H.-G. (2021). Responses of beef calves to long-term heat stress exposure by evaluating growth performance, physiological, blood and behavioral parameters. *Journal of Thermal Biology*, 100, 103033. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103033>
11. LeBouef, T., Yaker, Z., & Whited, L. (2023). *Physiology, autonomic nervous system*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538516/>
12. Lunsin, R., Sokantat, D., Silvestre, T., Neto, H., Koh, T., Sun, F., Yeanpet, C., & Pilajun, R. (2024). Metabolic status, reproductive, and productive performances of transition dairy cows as affected by dietary rumen-protected choline supplementation. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 11 (3), 754. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k827>
13. Mekuriaw, Y. (2023). Negative energy balance and its implication on productive and reproductive performance of early lactating dairy cows. *Journal of Applied Animal Research*, 51 (1), 220–228. <https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2176859>
14. Mishra, S. R. (2021). Behavioural, physiological, neuro-endocrine and molecular responses of cattle against heat stress: an updated review. *Tropical Animal Health and Production*, 53 (3), 400. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02790-4>
15. Mota, L. F. M., Giannuzzi, D., Pegolo, S., Toledo-Alvarado, H., Schiavon, S., Gallo, L., Trevisi, E., Arazi, A., Katz, G., Rosa, G. J. M., & Cecchinato, A. (2024). Combining genetic markers, on-farm information and infrared data for the in-line prediction of blood biomarkers of metabolic disorders in Holstein cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01042-3>
16. Mylostyvyi, R., Sejian, V., Izhboldina, O., Kalinichenko, O., Karlova, L., Lesnovskay, O., Begma, N., Marenkov, O., Lykhach, V., Midyk, S., Cherniy, N., Guttyj, B., & Hoffmann, G. (2021). Changes in the Spectrum of free fatty acids in blood serum of dairy cows during a prolonged summer heat wave. *Animals*, 11 (12), 3391. <https://doi.org/10.3390/ani11123391>
17. Nascimento, K. B., Galvão, M. C., Meneses, J. A. M., Ramirez-Zamudio, G. D., Pereira, D. G., Paulino, P. V. R., Casagrande, D. R., Gionbelli, T. R. S., Ladeira, M. M., Duarte, M. S., Loor, J. J., & Gionbelli, M. P. (2024). Maternal protein supplementation during mid-gestation improves offspring performance and metabolism in beef cows. *Journal of Animal Science*, 102. <https://doi.org/10.1093/jas/skae058>
18. Niu, P., Kreuzer, M., Liesegang, A., Kunz, C., Schwarm, A., & Giller, K. (2023). Effects of graded levels of dietary pomegranate peel on methane and nitrogen losses, and metabolic and health indicators in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106 (12), 8627–8641. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23141>
19. Rudiansyah, M., Kadhim, M. M., Tolmasovich Shamsiev, A., Prakaash, A. S., Hadi Lafta, M., Aravindhan, S., & Fakri Mustafa, Y. (2023). The role of selenium on the status of mineral elements and some blood parameters of blood serum of lambs. *Archives of Razi Institute*, 78 (1), 135. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.359471.2427>
20. Stefańska, B., Sroka, J., Katzer, F., Goliński, P., & Nowak, W. (2021). The effect of probiotics, phytobiotics and their combination as feed additives in the diet of dairy calves on performance, rumen fermentation and blood metabolites during the preweaning period. *Animal Feed Science and Technology*, 272, 114738. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114738>
21. Vieira, R., Louvandini, H., Barcellos, J., Martins, C. F., & McManus, C. (2022). Path and logistic analysis for heat tolerance in adapted breeds of cattle in Brazil. *Livestock Science*, 258, 104888. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104888>

ORCID

- | | |
|--|---|
| M. Ilchyshyn  | https://orcid.org/0009-0006-7163-933X |
| V. Karpovskiy  | https://orcid.org/0000-0003-3858-0111 |
| O. Zhurenko  | https://orcid.org/0000-0002-4933-0372 |
| I. Hryshchuk  | https://orcid.org/0000-0003-2571-6876 |
| P. Karpovsky  | https://orcid.org/0009-0002-8113-423X |
| D. Kryvoruchko  | https://orcid.org/0000-0003-1788-6090 |
| A. Hryshchuk  | https://orcid.org/0000-0002-4608-337X |
| V. Karpovskiy  | https://orcid.org/0009-0003-9848-1411 |
| V. Todoruk  | https://orcid.org/0000-0002-9902-0524 |
| V. Melnychuk  | https://orcid.org/0000-0003-1927-1065 |



2025 Ilchyshyn M. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The peculiarities of spread and onset of chronic subclinical endometritis in dairy cows

M. Yaholnyk✉

Article info

Correspondence Author

M. Yaholnyk

E-mail:

mykola.yaholnyk@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Yaholnyk, M. (2025). The peculiarities of spread and onset of chronic subclinical endometritis in dairy cows. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 166–170. doi: 10.31210/spi2025.28.02.25

Chronic subclinical endometritis is an extremely spread cow disease, which is a rather dangerous and spread pathology in the whole world. Though the disease in cows develops without clearly expressed clinical signs, the animals' owners and farms, on the whole, notice a considerable effect of the disease both on the animals' state of health and economic indicators, connected with the keeping of the diseased animals. As a consequence of the disease, dairy productivity and reproductive ability of cows decreases, the farms suffer losses on diagnostic and therapeutic measures, besides, insemination of such cows in the majority of cases is ineffective. The purpose of our paper was to determine the spread and peculiarities of the clinical onset of chronic subclinical endometritis among infertile dairy cows. The work was conducted on dairy industrial farms of different property forms on the territory of Poltava and Kharkiv regions. The study was made on the cows of Red Holstein and Ukrainian local dairy breeds aged from 4 to 8 years. The diagnostics of chronic subclinical endometritis (CSCE) was conducted by gynecological examination of infertile cows on the 60–120th day of lactation and ultra-sonic diagnostics of their reproductive system. It has been found that chronic subclinical endometritis among infertile cows on the farms of Poltava and Kharkiv regions is a frequently diagnosed pathology. The frequency of the disease detection among infertile cows reaches 13.4 %. The pathology was most often diagnosed on those dairy farms, where stable keeping is practiced – 14.9 %. Under the conditions of farms with loose keeping, the percentage of diseased cows is considerably lower – 6.5 %. As a result of conducted gynecological examination and special instrumental methods of research, it was found that the external genitals, vagina, and uterine neck in the diseased cows were without changes, and uterine neck canal was closed. During the stage of the sexual cycle excitation, abundant discharge of estrous mucus from the genitals with slightly noticeable fibers of somewhat turbid mucus was observed in part of animals. Insignificant enlargement of the horn of uterus and tonus decrease of its muscular layer was revealed by rectal examination of the genitals. In 95 % of cows, ovulatory activity with the presence of ovarian follicles and yellow bodies of different maturity degree was found. However, in 5 % of animals, chronic synechial salpingitis was registered. The increase in endometrium echogenicity with the dilatation of uterus clearance, the presence of insignificant amount of uniform content in it, the enlargement of the uterine body diameter and changing of its echo-structure up to heterogeneous were found by ultra-sonic uterus examination for CSCE.

Keywords: dairy cows, chronic subclinical endometritis, spread, diagnostics.

Особливості поширення та прояву хронічного субклінічного ендометриту у молочних корів

М. М. Ягольник

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Хронічний субклінічний ендометрит надзвичайно поширене захворювання корів, що є досить небезпечною та поширеною у всьому світі патологією. Хоч захворювання у корів перебігає без яскраво виражених клінічних ознак, все ж власники тварин та й господарства в цілому помічають значний вплив хвороби як на стан здоров'я тварин, так й на економічні показники, пов'язані з утриманням хворих тварин. Як наслідок хвороби, у корів знижується молочна продуктивність та відтворювальна здатність, господарства несуть витрати на діагностичні та лікувальні заходи, окрім того осіменіння таких корів у більшості випадків є безрезультатним. Метою нашої роботи було встановити поширення та особливості клінічного прояву за хронічного субклінічного ендометриту серед неплідних молочних корів. Роботу виконували на базі молочно-товарних господарств різної форм власності на території Полтавської та Харківської областей. Дослідження проводили на коровах порід червоний голштин та українська червоно-ряба молочна віком від 4 до 8 років. Діагностику хронічного субклінічного ендометриту (ХСКЕ) проводили шляхом гінекологічного обстеження неплідних корів на 60–120 день лактації та ультразвукової діагностики їх статеві системи. Встановлено, що хронічний субклінічний ендометрит серед неплідних корів у господарствах Полтавської та Харківської областей є часто діагностованою патологією. Частота виявлення хвороби серед неплідних сягає 13,4 %. Найчастіше патологію діагностовано у молочних господарствах де практикується стійловий спосіб утримання – 14,9 %. В умовах господарств з безприв'язним способом утримання відсоток хворих є значно меншим – 6,5 %. За наслідками проведених гінекологічного обстеження та спеціальних інструментальних методів досліджень встановлено, що зовнішні статеві органи, піхва та шийка матки у хворих корів були без змін, а канал шийки матки був закритий. Під час стадії збудження статевого циклу у частини тварин спостерігали ясне виділення із геніталій естрального слизу із ледь помітними прожилками дещо мутнуватого слизу. Ректальними дослідженнями статевих органів виявляли незначне збільшення рогів матки та зменшення тонуусу її м'язового шару. У 95 % корів встановлено оваріальну активність із наявністю у яєчниках фолікулів і жовтих тіл різного ступеня зрілості. Поряд з тим, у 5 % тварин зареєстровано хронічний спайковий сальпінгіт. Ультразвуковим дослідженням матки за ХСКЕ виявлено підвищення ехогенності ендометрія з дилатацією просвіту матки, наявність незначної кількості однорідного вмісту в ній, збільшення діаметру тіла матки та зміну її ехоструктури до неоднорідної.

Ключові слова: молочні корови, хронічний субклінічний ендометрит, поширення, діагностика.

Бібліографічний опис для цитування: Ягольник М. М. Особливості поширення та прояву хронічного субклінічного ендометриту у молочних корів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 166–170.

Вступ

Хронічні гнійно-катаральний та субклінічний ендометрит є поширеними причинами неплідності високопродуктивної молочних корів, затримки початку циклічної яєчникової активності після пологів, подовження лютеїнової фази та зниження частоти запліднення. Хронічний субклінічний ендометрит (ХСКЕ) – це безсимптомне запалення матки. Вплив ХСКЕ на репродуктивну здатність корів характеризується зниженням частоти запліднення, а отже, й збільшенням тривалості сервіс-періоду; також доведено, що латентний ендометрит впливає на приживлення та якість ембріона [1]. Виявлення факторів схильності та якомога рання діагностика цієї патології є обов'язковими для мінімізації впливу на прибутковість господарств.

Через різні фактори ризику між 20 і 60 днями після пологів у 12–55 % молочних корів виявляють хронічний субклінічний ендометрит [2, 3]. Поширеність ХСКЕ в різних дослідженнях коливається від 16 до 90 % корів і залежить від методу діагностики та терміну післяпологового обстеження [4]. Перебіг субклінічного ендометриту ускладнюється гіполютеолізмом, сальпінгоофоритом і сальпінгітом [5]. Так, за даними дослідників 54,69±19,80 % корів діагностують значно виражені гіпотрофічні процеси у функціональних тканинах яєчників, а 34,87±19,59 % – помірні [6]. А у 39,40 % обстежень хронічний латентний ендометрит ускладнюється поліорганою патологією у вигляді хронічного спайкового сальпінгіту [7].

Сучасні дані свідчать про те, що ХСКЕ є результатом метаболічної та запальної дисфункції, яка порушує функцію вродженого імунітету та здатність поліморфноядерних нейтрофілів ендометрія піддаватися апоптозу, некрозу та, зрештою, досягати завершення запалення. Вагомість поточних даних підтверджує гіпотезу про те, що ХСКЕ є результатом дезадаптації перехідного періоду, включаючи надмірний метаболічний стрес у післяродовому періоді, який призводить до імунної дисфункції [8]. Так, якщо протягом перших двох тижнів після пологів у корів виявляється негативний енергетичний баланс, який може бути збереженим через неповноцінну годівлю, негативні фактори довкілля та керування стадом, ймовірність розвитку субклінічного ендометриту збільшується [9]. Доведено, що корови з вгдованістю нижче 2,5 балів частіше хворіють на ХСКЕ [10]. Виникненню маткових інфекцій також сприяє кетоз, позаяк, високі рівні β-гідроксимаєляної кислоти порушують функцію поліморфноядерних нейтрофілів, знижуючи, таким чином, хемотаксис і фагоцитоз, що, в решті решт, призводить до імуносупресії [11].

Мікроорганізмам, як головним чинникам запалення, у патогенезі латентного хронічного ендометриту відведена другорядна роль. Найпоширенішими бактеріями є *Streptococcus acidominimus* та *Escherichia coli*, проте, кореляція між цитологічними та бактеріологічними результатами низька [12]. Мікробіом матки у корів із латентним ендометритом схожий із таким у здорових тварин [13]. Інші дослідники вказують на необхідність

дослідження ролі коменсальних бактерій, таких як *Lactobacillus* та *Acinetobacter* у запальному процесі ендометрія [14].

Для діагностики хронічного субклінічного ендометриту у молочної худоби існує обмежена кількість методів. Такі найпоширеніші способи, як зовнішній огляд і трансректальна пальпація матки недостатньо точні, щоб знайти кожну з уражених корів. Потенційним діагностичним маркером субклінічного ендометриту у корів може бути моніторинг змін ехотекстури ендометрія, особливо його гомогенності та контрасту [15]. Позитивним вважається діагноз за розширення діаметру просвіту матки, потовщення її стінок зі зміною ехогенності та наявність анехогенного вмісту в порожнині матки. Проте, специфічність сонографічного методу для встановлення діагнозу на ХСКЕ становить близько 50 %, позаяк, подібна ехокартина може бути характерна для декількох патологій, тому результати сонографічного дослідження не можуть бути використані для остаточного встановлення діагнозу на субклінічний ендометрит [16].

Більшу достовірність (90–100 %) мають експрес-тести на латентний ендометрит: за методом Флегматова (аглютинація спермій розведеної сперми бугая у естральному слизові за субклінічного ендометриту), за Козловим (гомогенізація слизу з 5 % розчином мастидину), зміна рН естрального слизу в кислу сторону; у інших експрес-методів ефективність 40–60 % [17]. Останнім часом широко застосовуються такі методи діагностики ХСКЕ як: цитологічне дослідження ендометрія із зразків, зібраних за допомогою цитощіток різних модифікацій на наявність поліморфноядерних лейкоцитів (ПЯЛ). Так, критерієм латентного ендометриту через 21–33 дні після пологів є кількість ПЯЛ більше 18 %; через 34–47 днів – >10 %, на 48–62 день після пологів – більше 5 % [18]. Запропоновані також інші методи діагностики захворювання такі як: визначення концентрацій запальних цитокінів у рідині з матки та сироватці крові, кількості гаптоглобіну та С-реактивного білку, лейкоцитарної естерази, формених елементів крові й гемоглобіну та інші [19–23].

В молочних господарствах України широко застосовується синхронізація статевої охоти та овуляції корів без постановки діагнозу на гінекологічні захворювання та лікування тварин з цими патологіями. Так, за даними авторів одужання корів із ХСКЕ за гормональної стимуляції настає у 57,1–60,6 % випадків, із запліднюваністю 43,8–45 %. Проте, у 12,5–18,2 % корів реєструються субклінічні аборти [24]. Тому для мінімізації збитків від неплідності худоби в наслідок ХСКЕ доцільно запліднювати корів повністю вилікованих від запальних процесів матки.

Мета дослідження

Мета дослідження полягала у встановленні рівня поширеності та особливостей клінічного прояву хронічного субклінічного ендометриту серед неплідних молочних корів.

Матеріали і методи

Дослідження проводилися в умовах 6 молочно-товарних господарств Полтавської та Харківської областей на поголів'ї корів порід червоний голштин та українська червоно-ряба молочна віком 4–8 років, продуктивністю ≥ 6000 л. Дослідженню підлягали неплідні корови ($n=1223$) на 60–120-й день лактації, у яких реєстрували анафродизію, неповноцінні статеві цикли або вони були повноцінними та ритмічними, хоча після осіменіння вагітність не наставала.

Діагноз на хронічний субклінічний ендометрит ставили шляхом аналізу звітної документації господарств, клінічного огляду корів, ультразвукової діагностики статевих органів з використанням апарата ультразвукової діагностики для крупних тварин KX5200 (Китай). При обстеженні корів звертали увагу на їх вгодованість, яку виражали у балах. Під час гінекологічного дослідження оглядом встановлювали стан зовнішніх статевих органів, піхви й шийки матки (за використання піхвового дзеркала), ректального – матки, яйцепроводів та яєчників. Після цього оцінювали за органолептичними ознаками слиз, що виділявся зі статевих органів спонтанно чи після масажу матки. Під час ультразвукової діагностики матки звертали увагу на зміну розміру матки та товщини ендометрія, наявності або відсутності анехогенного вмісту у її порожнині. При дослідженні яєчників відмічали наявність фізіологічних (фолікули, жовті тіла) або патологічних (кісти) утворень.

Результати та їх обговорення

Дослідження проводилися в умовах 6 молочно-товарних господарств Полтавської та Харківської областей на поголів'ї корів порід червоний голштин та українська червоно-ряба молочна віком 4–8 років, продуктивністю ≥ 6000 л. Дослідженню підлягали неплідні корови ($n=1223$) на 60–120-й день лактації, у яких реєстрували анафродизію, неповноцінні статеві цикли або вони були повноцінними та

ритмічними, хоча після осіменіння вагітність не наставала.

Діагноз на хронічний субклінічний ендометрит ставили шляхом аналізу звітної документації господарств, клінічного огляду корів, ультразвукової діагностики статевих органів з використанням апарата ультразвукової діагностики для крупних тварин KX5200 (Китай). При обстеженні корів звертали увагу на їх вгодованість, яку виражали у балах. Під час гінекологічного дослідження оглядом встановлювали стан зовнішніх статевих органів, піхви й шийки матки (за використання піхвового дзеркала), ректального – матки, яйцепроводів та яєчників. Після цього оцінювали за органолептичними ознаками слиз, що виділявся зі статевих органів спонтанно чи після масажу матки. Під час ультразвукової діагностики матки звертали увагу на зміну розміру матки та товщини ендометрія, наявності або відсутності анехогенного вмісту у її порожнині. При дослідженні яєчників відмічали наявність фізіологічних (фолікули, жовті тіла) або патологічних (кісти) утворень.

Таблиця 1

Поширення субклінічного ендометриту серед неплідних корів у господарствах Полтавської та Харківської областей

Господарство	Тип утримання	Кількість неплідних корів	Кількість корів із ХСКЕ голів	%
№ 1	стійлове	209	35	16,7
№ 2	стійлове	333	66	19,8
№ 3	стійлове	292	44	15,1
№ 4	безприв'язне	116	10	8,6
№ 5	стійлове	172	5	2,9
№ 6	безприв'язне	101	4	4,0
Всього		1223	164	13,4

Також встановлено, що рівень захворюваності корів на хронічний субклінічний ендометрит залежав від типу утримання тварин (рис. 1).

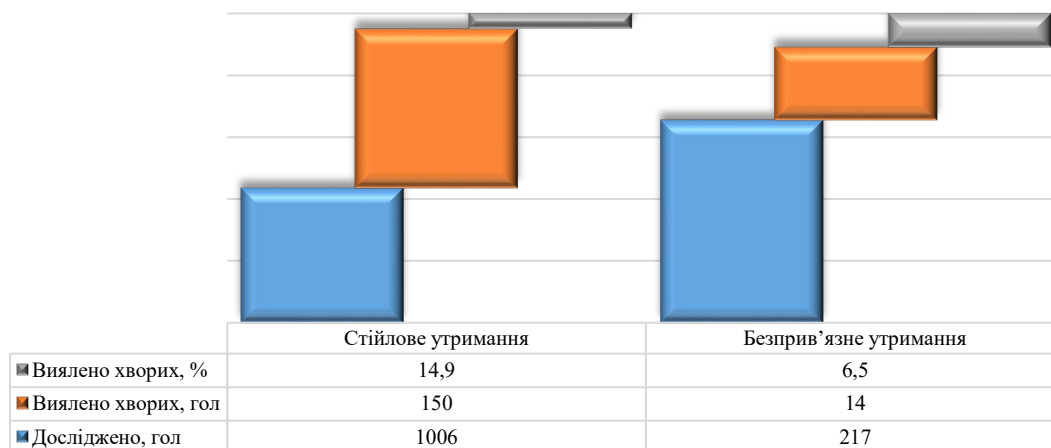


Рис. 1. Поширення хронічного субклінічного ендометриту в корів залежно від типу утримання, що використовується в господарствах

Так, найбільшу кількість корів з ХСКЕ зафіксовано у господарствах зі стійловим способом утримання, де за вказаного типу утримання цей

показник становив 14,9 %. Поряд з тим, у господарствах, де практикується безприв'язний спосіб утримання відсоток хворих на ХСКЕ корів був значно

меншим й становив 6,5 % за коливань від 4,0 до 8,6 %. Отримані в результаті проведених нами досліджень дані цілком узгоджуються з твердженнями вчених Cheong et al., 2011, які вказують на те, що саме за стійлового способу утримання корів відсоток хворих корів є значно вищим (36,1 %) порівняно з безприв'язним способом утримання (19,4 %) [25].

Аналізуючи звітну документацію господарств, дані від власників тварин та ветеринарних лікарів встановлено, що одним з основних симптомів латентного ендометриту було наявність у корів ритмічного повноцінного статевого циклу, що не завершувався після осіменіння заплідненням та розвитком вагітності. Про подібну картину за ХСКЕ вказує колектив авторів науковці з Аргентини Німеччини та Австрії у своїй науковій статті Madoz et al., 2013 [26].

Слід зазначити, що в досліджуваних господарствах кількість осіменінь на одну тварину в середньому становила $2,5 \pm 0,5$. На нашу думку та за даними наукової літератури ймовірною причиною повторних осіменінь корів є латентне запалення ендометрія, яке своєчасно не діагностували та не лікували [27]. Варто наголосити, що характер перебігу родів, багатоплідність корів, мертвородження а також захворюваність корів на післяродовий клінічний ендометрит не завжди можуть бути причиною виникнення субклінічного ендометриту [28].

Аналізуючи вгодованість корів, у яких було виявлено хронічний субклінічний ендометрит, а також тих випадків, де ставилася підозра на захворювання виявлено певні закономірності. Зокрема, рівень вгодованості таких тварин становив від 3,5 до 5,0 балів, що понад норму для лактуючих корів. Так, за даними дослідників Sharma, et al., 2019, рівень вгодованості в лактуючих корів має знаходитися в межах від 3,0 до 3,5 балів [29]. Як вказують науковці, надмірна годівля корів підвищує швидкість метаболізму, що спричинює зниження рівня естрогенів, зокрема естрадіолу-17 β , таким чином, ступінь прояву та тривалість статевої охоти зменшуються [30].

За проведення гінекологічного обстеження корів хворих на ХСКЕ встановлено, що зовнішні статеві органи, піхва та шийка матки були без змін; канал шийки матки був закритий. При ректальному дослідженні виявляли незначне збільшення рогів матки та зменшення тону м'язового шару. Під час стадії збудження статевого циклу у частини тварин спостерігали явне виділення із геніталій естрального слизу із ледь помітними прожилками дещо мутнуватого слизу. Варто наголосити, що в 95,0 % обстежених нами корів визначено оваріальну активність із наявністю у яєчниках різного ступеня зрілості фолікулів і жовтих тіл. Подібні дані за виявлення у корів хронічного субклінічного ендометриту отримали дослідники з Колумбії (Vallejo et al., 2018) [31].

Слід відмітити, що за наслідками проведених досліджень у 5 % корів, в яких було підтверджено діагноз на ХСКЕ нами встановлено супутню гінекологічну патологію – хронічний спайковий сальпінгіт; подібні дані виявлено у праці Українських дослідників (Сідашова та ін., 2024) [7].

При використанні спеціальних інструментальних методів досліджень (ультразвукового дослідження матки) у корів, хворих на хронічний субклінічний ендометрит нами виявлено підвищення ехогенності ендометрія з дилатацією просвіту матки, наявність незначної кількості однорідного вмісту в ній, збільшення діаметру тіла матки та зміну її ехоструктури до неоднорідної. Виявлені нами, внаслідок проведеного дослідження, зміни в структурі та будові тканин матки хворих на ХСКЕ корів вважаються більш-менш характерною картиною за даного типу патології, на що вказують й інші дослідники з Раджастхану (Індія) та Берліну (ФР Німеччина) [32, 33].

Висновки

Встановлено, що хронічний субклінічний ендометрит серед неплідних корів у господарствах Полтавської та Харківської областей є достатньо поширеною патологією на частку якого припадає 13,4 % (за коливань від 2,9 до 19,8 %). Найчастіше (14,9 %) хронічний субклінічний ендометрит діагностується в господарствах, де практикується стійловий спосіб утримання. Встановлено, що одним з основних симптомів латентного ендометриту було наявність у корів ритмічного повноцінного статевого циклу, що не завершувався після осіменіння заплідненням та розвитком вагітності, а кількість осіменінь на одну тварину в середньому становила $2,5 \pm 0,5$ разів. За наслідками проведених гінекологічного обстеження та спеціальних інструментальних методів досліджень встановлено, що під час стадії збудження статевого циклу у тварин виявляли явне виділення із геніталій естрального слизу із ледь помітними прожилками дещо мутнуватого слизу. Ректальним дослідженням статевих органів виявлено зменшення тону м'язового шару матки. У 95 % корів встановлено оваріальну активність із наявністю у яєчниках фолікулів і жовтих тіл різного ступеня зрілості. У 5 % корів, в яких було підтверджено діагноз на ХСКЕ виявлено наявність супутньої гінекологічної патології у вигляді хронічного спайкового сальпінгіту. Ультразвуковим дослідженням матки за ХСКЕ діагностовано підвищення ехогенності ендометрія з дилатацією просвіту матки, збільшення діаметру тіла матки та зміну її ехоструктури до неоднорідної.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Wagener, K., Gabler, C., & Drillich, M. (2017). A review of the ongoing discussion about definition, diagnosis and pathomechanism of subclinical endometritis in dairy cows. *Theriogenology*, 94, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.02.005>
2. Enbergs, H., & Sensen, B. (2007). Effectiveness of a homeopathic treatment of chronic endometritis in dairy cows. *Die Praktische Tierärztin*, 88 (7), 534–543.
3. Basarab, T. P. (2021). A Subklinichnij endometrit u koriv (diagnostika, patogeneza, likuvannya). *Extended abstract of PhD thesis*. Lviv [in Ukrainian]

4. Lincke, A., Drillich, M., & Heuwieser, W. (2007). Subclinical endometritis in dairy cattle and its effect on fertility - a review of recent publications. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 120 (5-6), 245–250.
5. Sidashova, S. O., Gutyj, B. V., Martysuk, T. V., & Shnaider, V. L. (2024). Chronic latent inflammatory processes of reproductive organs of dairy cows. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (113), 202–211. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11330>
6. Kalynovskyi, H. M., Karpiuk, V. V., & Shnaider, V. L. (2013). Subklinichniy khronichniy endometrit i uskladnennia, shcho yoho suprovodzhuiut. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletin IT NAAN*, 109, 126–130. [in Ukrainian]
7. Sidashova, S., Gutyj, B., Shnaider, V., & Todoriuk, V. (2024). Distribution of chronic latent gynecological pathologies in dairy cows. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 26 (115), 31–41. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11505>
8. Bogado Pascottini, O., LeBlanc, S. J., Gnemi, G., Leroy, J. L. M. R., & Opsomer, G. (2023). Genesis of clinical and subclinical endometritis in dairy cows. *Reproduction*, 166 (2), R15–R24. <https://doi.org/10.1530/rep-22-0452>
9. Shin, E.-K., Jeong, J.-K., Choi, I.-S., Kang, H.-G., Hur, T.-Y., Jung, Y.-H., & Kim, I.-H. (2015). Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows. *Theriogenology*, 84 (2), 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.014>
10. Carneiro, L. C., Ferreira, A. F., Padua, M., Saut, J. P., Ferraudo, A. S., & dos Santos, R. M. (2014). Incidence of subclinical endometritis and its effects on reproductive performance of crossbred dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 46 (8), 1435–1439. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0661-y>
11. Ingvarsen, K. L., & Moyes, K. M. (2015). Factors contributing to immunosuppression in the dairy cow during the periparturient period. *The Japanese Journal of Veterinary Research*, 63 (1), S15–S24.
12. Barański, W., Podhalec-Dzięgielewska, M., Zduńczyk, S., & Janowski, T. (2012). The diagnosis and prevalence of subclinical endometritis in cows evaluated by different cytologic thresholds. *Theriogenology*, 78 (9), 1939–1947. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.07.018>
13. Pascottini, O. B., Van Schyndel, S. J., Spricigo, J. F. W., Rousseau, J., Weese, J. S., & LeBlanc, S. J. (2020). Dynamics of uterine microbiota in postpartum dairy cows with clinical or subclinical endometritis. *Scientific Reports*, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69317-z>
14. Wang, M.-L., Liu, M.-C., Xu, J., An, L.-G., Wang, J.-F., & Zhu, Y.-H. (2018). Uterine microbiota of dairy cows with clinical and subclinical endometritis. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02691>
15. Polat, B., Cengiz, M., Cannazik, O., Colak, A., Oruc, E., Altun, S., Salar, S., & Bastan, A. (2015). Endometrial echotexture variables in postpartum cows with subclinical endometritis. *Animal Reproduction Science*, 155, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.01.015>
16. Hopper, R. M. (Ed.). (2014). *Bovine Reproduction*. <https://doi.org/10.1002/9781118833971>
17. Kryvyi, M. F., & Franchuk-Kryva, L. O. (2021). Porivnialna efektyvnist metodiv diahnozyky subklinichnoho endometrytu u koriv. *Aktualni pytannia sudovoi veterynarii, morfolohii ta patomorfolohii: tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii. (m. Odesa, 17–18 chervnia 2021 r.)*. (S. 111–113). Odesa: ODAU [in Ukrainian]
18. Van Schyndel, S. J., Bogado Pascottini, O., & LeBlanc, S. J. (2018). Comparison of cow-side diagnostic techniques for subclinical endometritis in dairy cows. *Theriogenology*, 120, 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.08.001>
19. Basarab, T., Stefanyk, V., Ivakhiv, M., & Nizański, W. (2020). Concentration of C-reactive protein and haptoglobin in cows with subclinical endometritis. *Naukovij Visnik Veterinarnoi Medicini*, 2 (160), 7–13. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2020-160-2-7-13>
20. Basarab, T. P. (2018). Morphological parameters of cows' blood with subclinical endometritis and after treatment. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 183–187. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.31>
21. Kim, I.-H., Kang, H.-G., Jeong, J.-K., Hur, T.-Y., & Jung, Y.-H. (2014). Inflammatory cytokine concentrations in uterine flush and serum samples from dairy cows with clinical or subclinical endometritis. *Theriogenology*, 82 (3), 427–432. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.04.022>
22. Couto, G. B., Vaillancourt, D. H., & Lefebvre, R. C. (2013). Comparison of a leukocyte esterase test with endometrial cytology for diagnosis of subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology*, 79 (1), 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.09.014>
23. Rahim Ahmadi, M. (2023). *Subclinical endometritis in dairy cattle. Theriogenology - Recent Advances in the Field*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112030>
24. Kraievskyi, A. Y., Kurhuz, M. M., Lazorenko, A. B., & Kraievskyi, S. A. (2015). Likuvannia koriv za subklinichnoho endometrytu ta yoho profilaktyka. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu: Seriya Veterynarna Medytsyna*, 1 (36), 199–203. [in Ukrainian]
25. Cheong, S. H., Nydam, D. V., Galvão, K. N., Crosier, B. M., & Gilbert, R. O. (2011). Cow-level and herd-level risk factors for subclinical endometritis in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 94 (2), 762–770. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3439>
26. Madoz, L. V., Giuliodori, M. J., Jaureguiberry, M., Plöntzke, J., Drillich, M., & de la Sota, R. L. (2013). The relationship between endometrial cytology during estrous cycle and cutoff points for the diagnosis of subclinical endometritis in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96 (7), 4333–4339. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6269>
27. Kostyshyn, Ye., Kava, S., & Ivashkiv, R. (2024). Analiz chastoty i prychnyn shtuchno nabutoi neplidnosti koriv. *Materialy III naukovoï konferentsii «Suchasni metody diahnozyky, likuvannia ta profilaktyka u veterynarii medytsyni». (17–18 zhovtnia 2024 roku)*. (S. 185–186). Lviv [in Ukrainian]
28. Paiano, R. B., Bonilla, J., Pugliesi, G., Moreno, A. M., & Baruselli, P. S. (2023). Evaluation of clinical and subclinical endometritis impacts on the reproductive performance and milk production of dairy cows in Brazilian herds. *Reproduction in Domestic Animals*, 58 (3), 414–422. <https://doi.org/10.1111/rda.14301>
29. Sharma, A., Singh, M., Kumar, P., & Dogra, P. K. (2019). Relationship between body condition score, sub-clinical endometritis and milk yield of dairy cows after parturition. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 89 (10). <https://doi.org/10.56093/ijans.v89i10.95004>
30. Roche, J. F. (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Animal Reproduction Science*, 96 (3–4), 282–296. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.007>
31. Vallejo, D., Chaves, C., Benavides, C., Astaiza, J., & Zambrano, W. (2018). Occurrence of subclinical endometritis in dairy cattle and effect on reproductive efficiency. *Acta Scientiae Veterinariae*, 46 (1), 7. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.81824>
32. Purohit, G. N., Dholpuria, S., Yadav, S., Barolia, Y., & Kumar, P. (2013). Diagnosis and treatment of clinical and sub-clinical endometritis - a clinical study in 30 cows. *Intas Polivet*, 14 (1), 31–33.
33. Lenz, M., Drillich, M., & Heuwieser, W. (2007). Evaluation of the diagnosis of subclinical endometritis in dairy cattle using ultrasound. *Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 120 (5-6), 237–244.

ORCID

M. Yaholnyk 

<https://orcid.org/0009-0004-0583-4183>



2025 Yaholnyk M. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Effectiveness of treatment measures for otodectosis, sarcoptosis and demodicosis in dogs

A. Melezhyk | Ye. Plakhotna | L. Korchan | S. Mykhailiutenko | A. Zamaziy

Article info

Correspondence Author

A. Melezhyk

E-mail:

melezikandrij955@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Melezhyk, A., Plakhotna, Ye., Korchan, L., Mykhailiutenko, S., & Zamaziy, A. (2025). Effectiveness of treatment measures for otodectosis, sarcoptosis and demodicosis in dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 171–175. doi: 10.31210/spi2025.28.02.26

Among the acaroses caused by acariform mites, the most common in dogs in most countries of the world are otodectosis, demodicosis, and sarcoptosis, which are species-specific and persistent ectoparasites. There are a significant number of drugs on the veterinary market that, according to the instructions, have a detrimental effect on acariform mites. Moreover, their number increases every year due to the emergence of new, more modern drugs. At the same time, there is not always data on experimental testing of acaricidal drugs available on the market, which does not allow for complete information for effective selection of therapeutic drugs. Therefore, the aim of the research was to establish the effectiveness of modern drugs in the treatment of dogs suffering from otodectosis, sarcoptosis and demodicosis. Infested dogs were treated with: Simparica (AI – sarolaner; Zoetis Inc., USA), AcaroStop (AI – amitraz; ProVet, Ukraine) and AcaroSpectra (AI – imidacloprid, lufenuron, milbemycin oxime; SkyVet, Ukraine). The conducted studies showed that for otodectosis in dogs, the drugs Simparica, AcaroSpectra and AcaroStop provided 100 % effectiveness on the 20th day of treatment. However, the shortest recovery period was observed with the use of Simparica and AcaroSpectra, which was 10 days. For demodicosis in dogs, the most effective drugs that provided 100 % effectiveness were Simparica and AcaroSpectra. Moreover, the recovery period with the use of Simparica was 15 days, and with the use of AcaroSpectra – 20 days. When using the drug AcaroStop, the extent and intensity effectiveness were: on 5th day – 0 and 60.5 %, on 10th day – 0 and 69.8 %, on 15th day – 33.7 and 76.7 %, on 20th day – 66.7 and 76.7 %, respectively. For sarcoptosis in dogs, all drugs provided 100 % effectiveness on day 20 of treatment. However, the shortest recovery period was observed when using the drugs Simparica and AcaroSpectra, which was 10 and 15 days, respectively. At the same time, when using the drug AcaroStop, the extent and intensity effectiveness were: on 5th day – 0 and 60.5 %, on 10th day – 0 and 69.8 %, on 15th day – 33.7 and 76.7 %, on 20th day – 66.7 and 76.7 %, respectively. The results obtained will allow us to recommend the drugs Simparica and AcaroSpectra for the effective treatment of dogs with otodectosis, sarcoptosis and demodicosis.

Keywords: parasitology, otodectosis, demodicosis, sarcoptosis, dogs, treatment, effectiveness indicators.

Ефективність лікувальних заходів за отодектозу, саркоптозу та демодекозу собак

А. В. Мележик | Є. В. Плахотна | Л. М. Корчан | С. М. Михайлютенко | А. А. Замазій

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Серед акарозів, викликаних акариформними кліщами, у собак найбільш поширеними у більшості країн світу є отодектоз, демодекоз та саркоптоз, які є видоспецифічними і постійними ектопаразитами. На ветеринарному ринку наявна значна кількість препаратів, які згідно настанов згубно діють на акариформних кліщів. Причому, кожного року їх кількість збільшується за рахунок появи нових, більш сучасних препаратів. Водночас, не завжди є дані щодо експериментального випробування наявних на ринку акарицидних препаратів, що не дозволяє мати повну інформацію для ефективного підбору лікувальних препаратів. Тому, метою досліджень було встановити ефективність сучасних препаратів при лікуванні собак хворих на отодектоз, саркоптоз і демодекоз. Інвазованим собакам застосовували: Сімпаріку (ДР – сароланер; Zoetis Inc., США), АкароСтоп (ДР – амітраз; ProVet, Україна) та АкароСпектру (ДР – імідаклоприд, лufenuron, мільбемицину оксим; SkyVet, Україна). Проведеними дослідженнями встановлено, за отодектозу собак препарати Сімпаріка, АкароСпектра та АкароСтоп на 20 добу лікування забезпечували 100 %-ву ефективність. Однак найкоротший термін одужання спостерігали при застосуванні препаратів Сімпаріка та АкароСпектра, який становив 10 діб. За демодекозу собак найбільш ефективними препаратами, що забезпечували 100 %-ву ефективність були Сімпаріка та АкароСпектра. Причому, термін одужання при застосуванні Сімпаріки становив 15 діб, а при застосуванні АкароСпектри – 20 діб. При застосуванні препарату АкароСтоп екстенс- та інтенсефективність становили: на 5 добу – 0 та 60,5 %, на 10 добу – 0 та 69,8 %, на 15 добу – 33,7 та 76,7 %, на 20 добу – 66,7 та 76,7 % відповідно. За саркоптозу собак всі препарати на 20 добу лікування забезпечували 100 %-ву ефективність. Однак найкоротший термін одужання спостерігали при застосуванні препаратів Сімпаріка та АкароСпектра, який становив 10 та 15 діб відповідно. Водночас, при застосуванні препарату АкароСтоп екстенс- та інтенсефективність становили: на 5 добу – 0 та 50,0 %, на 10 добу – 33,7 та 50,0 %, на 15 добу – 66,7 та 66,7 %, на 20 добу – 100 % відповідно. Отримані результати дозволять рекомендувати препарати Сімпаріка та АкароСпектра для ефективного лікування собак за отодектозу, саркоптозу та демодекозу.

Ключові слова: паразитологія, отодектоз, демодекоз, саркоптоз, собаки, лікування, показники ефективності.

Бібліографічний опис для цитування: Мележик А. В., Плахотна Є. В., Корчан Л. М., Михайлютенко С. М., Замазій А. А. Ефективність лікувальних заходів за отодектозу, саркоптозу та демодекозу собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 171–175.

Вступ

Існують різні місцеві та системні методи лікування тварин за паразитування акариформних кліщів. Це обумовлено застосуванням препаратів контактної дії на шкіру (наприклад, амітразові розчини; фіпроніловий спрей, метафлумізон/амітраз для точкового нанесення, нашийник з імідаклопридом/флуметрином) або фіпроніл/амітраз/S-метопрен для точкового нанесення) або препарати системної дії (селаментин і моксидектин/імідаклоприд) [1–14].

Було проведено випробування застосування афоксоланеру на собаках за отодектозу. Так, до 28 доби сім із восьми собак, які не отримували лікування, все ще були заражені вušними кліщами, тоді як лише дві з восьми собак, які отримували лікування афоксоланером, були заражені кліщами. На 28 добу зниження кількості кліщів у групі, яка отримувала афоксоланер, порівняно з контрольними собаками було на рівні 98,5 % [15].

Було проведено дослідження з метою оцінки ефективності жувальних таблеток на основі афоксоланера (NexGard® або NexGard Spectra®) для лікування генералізованого демодекозу, викликаного *Demodex canis* у собак. Лікування добре переносилося всіма собаками і призвело до швидкого скорочення кількості кліщів. При цьому всі показники кількості кліщів після лікування були значно нижчими за вихідний рівень. Кількість кліщів скоротилася на 87,6 %, 96,5 % та 98,1 % на 28, 56 та 84 доби відповідно. Крім того, тяжкість та ступінь ураження шкіри, а також свербіж були значно нижчими після лікування порівняно з оцінкою до лікування [16].

Було проведено дослідження для оцінки ефективності нової композиції жувальних таблеток для щомісячного прийому з метою лікування собак за демодекозу. Зокрема, на 28 добу середня кількість кліщів була значно знижена на 99,7 і 89,5 % ($P < 0,001$) у групах тварин, яким застосовували флураланер та імідаклоприд-моксидектин відповідно. Водночас, 100 %-ве зниження кількості кліщів на 56 і 84 добу було досягнуто у всіх собак, які отримували флураланер, і у двох собак, які отримували імідаклоприд-моксидектин (25 %). У групі імідаклоприду-моксидектину зниження середньої кількості кліщів становило 89,5 % (28 доба), 94,4 % (56 доба) і 97,5 % (84 доба) [17].

Ефективність лікування препаратом Certifect® (містить фіпроніл, амітраз, (S)-метопрен), що застосовували місцево, оцінювали на 18 собаках із клінічним діагнозом генералізований демодекоз. Протягом 3-місячного періоду порівнювали три схеми лікування. Собакам щомісяця (група 1) або кожні два тижні (група 2) застосовували комбінацію фіпронілу, амітразу та (S)-метопрену або щомісяця

місцево наносили комбінацію амітразу та метафлумізону (група 3). На 84 добу відсоткове зниження кількості кліщів у групі 1 становило 99,8 %, тоді як у групах 2 і 3 *Demodex canis* не було виявлено (100 % ефективність). Це дослідження демонструє, що як щомісячні, так і кожні двотижневі лікувальні обробки Certifect були ефективними у лікуванні собак із генералізованим демодекозом протягом 3-місячного періоду [18].

Були проведені дослідження, де собакам хворим на демодекоз щомісяця перорально задавали сароланер, моксидектин і пірантел або афоксоланер + мілбеміцин оксим. Собаки отримували лікування три місяці. Під час дослідження підрахунок кліщів і клінічні оцінки проводили щомісяця, а лікування проводили до тих пір, поки два послідовні зіскрібки шкіри не дали негативного результату. Кількість кліщів у групі собак, яким задавали сароланер, моксидектин і пірантел була значно знижена ($P < 0,001$) на 88,8 % на 14 добу, на 99,2 % – на 29 добу, і після цього не було виявлено жодного живого кліща [19].

У дослідженні препарат Simparica Trio® призвів до значного зниження ($P \leq 0,0050$) кількості живих кліщів *S. scabiei* у хворих собак та забезпечив зниження їх на 99,2 % до 60 доби. Причому, ефективність Simparica Trio® на 30 і 60 доби становила 97,3 і 100 % у групі, а ефективність препарату, що містить афоксоланер + мілбеміцин оксим, на 30 і 60 доби становила 91,9 і 100 % відповідно [20].

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити ефективність сучасних препаратів при лікуванні собак хворих на отодектоз, саркоптоз і демодекоз.

Матеріали і методи

Дослідження проводилися впродовж 2024–2025 рр. на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету та в умовах приватної клініки ветеринарної медицини смт. Лохвиця і ветеринарній клініці «ВетХелп» (м. Полтава).

Дослідження з визначення лікувальної ефективності препаратів за отодектозу, демодекозу та саркоптозу проводили на собаках спонтанно інвазованих акариформними кліщами. З цих тварин було сформовано три групи дослідних тварин по 6 голів у кожній. Акарологічні дослідження зіскрібків зі шкіри проводили загальновідомим методом (метод із застосуванням бішофітно-гліцеринової суміші) [21, 22].

Випробувані препарати задавали собакам дослідних груп за схемою, що наведена у **таблиці 1**.

Таблиця 1

Схеми застосування препаратів дослідним собакам за отодектозу, демодекозу та саркоптозу

Дослідна група тварин	Препарат	Доза застосування
Перша група	Сімпаріка (ДР – сароланер, 40 мг)	Оральна, у дозі 1 табл. на тварину
Друга група	АкароСтоп розчин для зовнішнього застосування (ДР – амітраз, 3,0 мг)	За саркоптозу та демодекозу наносять зовнішньо за допомогою змоченого тампона у дозі 0,5–1,0 мл. За отодектозу закапують в кожне вухо по 2–3 краплі. Препарат застосовують 1 раз/добу через кожні 2–3 доби. Всього 6 обробок
Третя група	АкароСпектра (ДР – імідаклоприд, 2,4 мг; люфенурон, 20,0 мг; мілбеміцину оксим, 0,6 мг)	Оральна, у дозі 1 табл. на тварину

Ефективність препаратів, що застосовували, визначали через 5, 10, 15 та 20 діб за результатами акарологічних досліджень собак. За результатами проведених досліджень визначали екстенсефективність (ЕЕ, %) та інтенсефективність (ІЕ, %) препаратів.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, за отодектозу собак всі препарати на 20 добу лікування забезпечували 100 %-ву ефективність. Однак найкоротший термін одужання спостерігали при застосуванні препаратів Сімпаріка та АкароСпектра, який становив 10 діб (*табл. 2, рис. 1 та рис. 2*).

Таблиця 2

Показники ефективності препаратів при лікуванні собак за отодектозу (n=6)

Групи тварин, препарати	Показники ефективності	Доба дослідження			
		5	10	15	20
Перша	ЕЕ	66,7	100	100	100
Сімпаріка	ІЕ	83,7	100	100	100
Друга	ЕЕ	33,3	66,7	100	100
АкароСтоп	ІЕ	86,0	90,7	100	100
Третя	ЕЕ	66,7	100	100	100
АкароСпектра	ІЕ	84,3	100	100	100

За демодектозу собак найбільш ефективними препаратами, що забезпечували 100 %-ву ефективність були Сімпаріка та АкароСпектра. Причому, термін одужання при застосуванні Сімпаріки становив 15 діб, а при застосуванні АкароСпектри – 20 діб. При застосуванні препарату АкароСтоп екстенсе- та інтенсефективність становили: на 5 добу – 0 та 60,5 %, на 10 добу – 0 та 69,8 %, на 15 добу – 33,7 та 76,7 %, на 20 добу – 66,7 та 76,7 % відповідно (*табл. 3, рис. 1 та рис. 2*).

Таблиця 3

Показники ефективності препаратів при лікуванні собак за демодектозу (n=6)

Групи тварин, препарати	Показники ефективності	Доба дослідження			
		5	10	15	20
Перша	ЕЕ	33,3	66,7	100	100
Сімпаріка	ІЕ	73,0	73,0	100	100
Друга	ЕЕ	0	0	33,7	66,7
АкароСтоп	ІЕ	60,5	69,8	76,7	76,7
Третя	ЕЕ	33,3	33,3	66,7	100
АкароСпектра	ІЕ	50,0	66,7	66,7	100

За саркоптозу собак всі препарати на 20 добу лікування забезпечували 100 %-ву ефективність (*табл. 4, рис. 1 та рис. 2*).

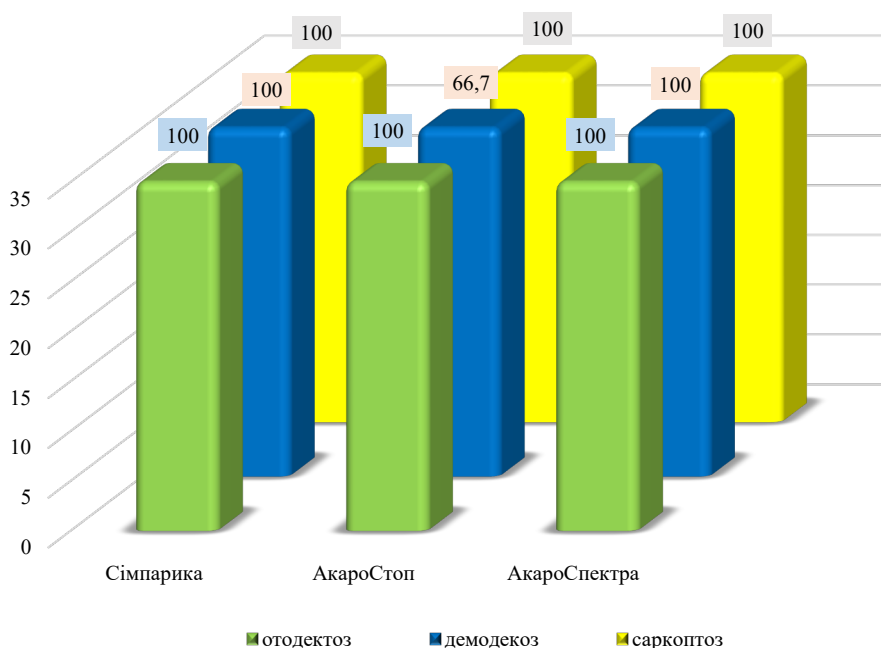


Рис. 1. Показники екстенсефективності лікувальних заходів за акарозів собак на 20 добу експерименту

Таблиця 4

Показники ефективності препаратів при лікуванні собак за саркоптозу (n=6)

Групи тварин, препарати	Показники ефективності	Доба дослідження			
		5	10	15	20
Перша	ЕЕ	66,7	100	100	100
Сімпаріка	ІЕ	69,7	100	100	100
Друга	ЕЕ	0	33,7	66,7	100
АкароСтоп	ІЕ	50,0	50,0	66,7	100
Третя	ЕЕ	33,3	66,7	100	100
АкароСпектра	ІЕ	69,7	69,7	100	100

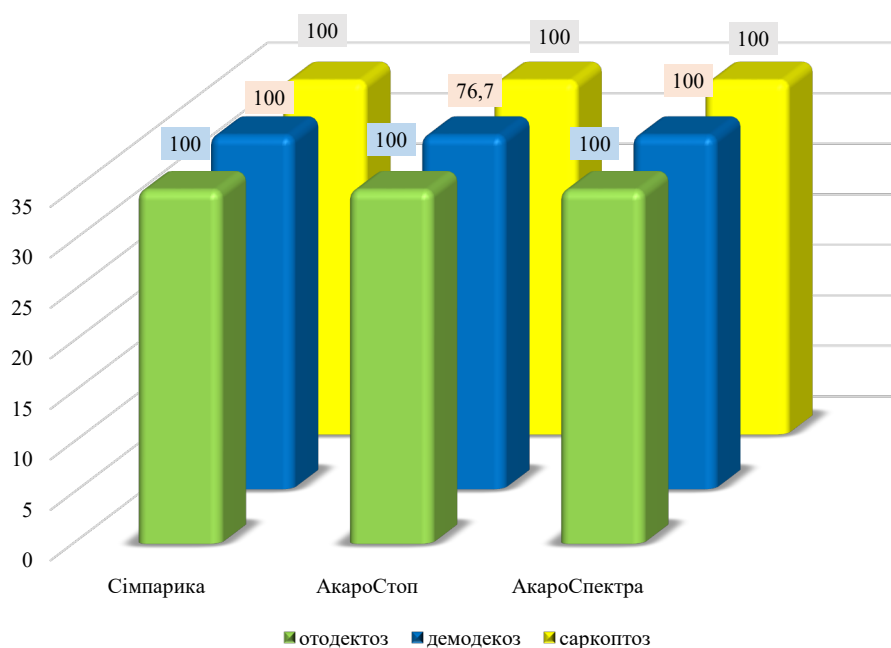


Рис. 2. Показники інтенсефективності лікувальних заходів за акарозів собак на 20 добу експерименту

Однак найкоротший термін одужання спостерігали при застосуванні препаратів Сімпаріка та АкароСпектра, який становив 10 та 15 діб відповідно. Водночас, при застосуванні препарату АкароСтоп екстенс- та інтенсефективність становили: на 5 добу – 0 та 50,0 %, на 10 добу – 33,7 та 50,0 %, на 15 добу – 66,7 та 66,7 %, на 20 добу – 100 % відповідно.

Основним засобом боротьби з ектопаразитами тварин є їх обробка антипаразитарними препаратами, у тому числі з профілактичною метою, для проведення яких світова ветеринарна наука запропонувала широкий вибір протипаразитарних акарицидних засобів. На ринку існує велика кількість ветеринарних препаратів, спрямованих на лікування собак за акарозів, викликаних акариформними кліщами. Незважаючи на різноманітність запропонованих препаратів, більшість з них з різних причин не завжди випробувані і висвітлена їх ефективність у науковій літературі, а також такі властивості як: зручність застосування, безпека для тварин та людини, цінова політика, доступність на ринку тощо [7–11]. Тому, нами було випробувано сучасні препарати, такі як Сімпаріка (ДР – сароланер; Zoetis Inc. , США), АкароСтоп (ДР – амітраз; ProVet, Україна) та АкароСпектра (ДР – імідаклоприд, люфенурон, мільбеміцину оксим; SkyVet, Україна) при лікуванні собак хворих на саркоптоз, демодекоз та отодектоз.

Проведеними дослідженнями встановлено, за отодектозу собак препарати Сімпаріка, АкароСпектра та АкароСтоп на 20 добу лікування забезпечували 100 %-ву ефективність. Однак найкоротший термін одужання спостерігали при застосуванні препаратів Сімпаріка та АкароСпектра, який становив 10 діб.

За демодекозу собак найбільш ефективними препаратами, що забезпечували 100 %-ву ефективність були Сімпаріка та АкароСпектра. Причому, термін одужання при застосуванні Сімпаріки

становив 15 діб, а при застосуванні АкароСпектри – 20 діб. При застосуванні препарату АкароСтоп екстенс- та інтенсефективність становили: на 5 добу – 0 та 60,5 %, на 10 добу – 0 та 69,8 %, на 15 добу – 33,7 та 76,7 %, на 20 добу – 66,7 та 76,7 % відповідно.

За саркоптозу собак всі препарати на 20 добу лікування забезпечували 100 %-ву ефективність. Однак найкоротший термін одужання спостерігали при застосуванні препаратів Сімпаріка та АкароСпектра, який становив 10 та 15 діб відповідно. Водночас, при застосуванні препарату АкароСтоп екстенс- та інтенсефективність становили: на 5 добу – 0 та 50,0 %, на 10 добу – 33,7 та 50,0 %, на 15 добу – 66,7 та 66,7 %, на 20 добу – 100 % відповідно.

Про високу ефективність препарату Simparica Trio® повідомлялося науковцями при випробуванні препарату за саркоптозу собак [20]. Також про високу ефективність препарату, в склад якого входив мільбеміцину оксим, свідчать науковці, які випробували препарат за генералізованого демодекозу собак [19].

Отримані результати дозволять рекомендувати препарати Сімпаріка та АкароСпектра для ефективного лікування собак за отодектозу, саркоптозу та демодекозу.

Висновки

Встановлено, що найбільш ефективними при лікуванні собак за акарозів, обумовлених паразитуванням збудників отодектозу, саркоптозу та демодекозу, виявилися препарати Сімпаріка та АкароСпектра, які забезпечували 100 %-ву екстенс- та інтенсефективність за отодектозу на 10 добу лікування, за демодекозу – на 15 та 20 добу відповідно, за саркоптозу – на 10 та 15 добу відповідно. Водночас, ефективність препарату АкароСтоп за отодектозу та саркоптозу собак становила 100 % (на 15 та 20 добу відповідно), за демодекозу – 66,7 та 76,7 % (на 20 добу).

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Beugnet, F., & Franc, M. (2012). Insecticide and acaricide molecules and/or combinations to prevent pet infestation by ectoparasites. *Trends in Parasitology*, 28 (7), 267–279. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.04.004>
2. Bordeau, W., & Hubert, B. (2000). Treatment of 36 cases of canine *Sarcoptes* using a 0.25% fipronil solution. *Veterinary Dermatology*, 11 (1), 27.
3. Curtis, C. F. (2004). Current trends in the treatment of *Sarcoptes*, *Cheyletiella* and *Otodectes* mite infestations in dogs and cats. *Veterinary Dermatology*, 15 (2), 108–114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2004.00362.x>
4. Curtis, C. F. (1996). Use of 0.25 per cent fipronil spray to treat sarcoptic mange in a litter of five-week-old puppies. *Veterinary Record*, 139 (2), 43–44. <https://doi.org/10.1136/vr.139.2.43>
5. Fourie, L. J., Kok, D. J., du Plessis, A., & Rugg, D. (2007). Efficacy of a novel formulation of metaflumizone plus amitraz for the treatment of sarcoptic mange in dogs. *Veterinary Parasitology*, 150 (3), 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.08.046>
6. Gaxiola, S., Gaxiola, J., Perez, A., Yoon, S., Irwin, J., Halos, L., Beugnet, F., Pollmeier, M., & Alva, R. (2013). Effectiveness of Two topical treatments with a combination fipronil/amitraz/(S)-methoprene against natural infestations of mites (*Sarcoptes scabiei* var. *canis*) on dogs. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 11 (1), 10–15.
7. Guaguère, E., & Beugnet, F. (2008). Parasitic Skin Conditions. In: Guaguère, E., Préludat, P., & Craig, M., (Eds.). *A Practical Guide to Canine Dermatology* (pp. 179–226). Paris: Kallianxis
8. Krieger, K., Heine, J., Dumont, P., & Hellmann, K. (2005). Efficacy and safety of imidacloprid 10% plus moxidectin 2.5% spot-on in the treatment of sarcoptic mange and otodectosis in dogs: results of a European field study. *Parasitology Research*, 97 (S1), S81–S88. <https://doi.org/10.1007/s00436-005-1449-9>
9. Miller, W. H., Griffin, C. E., Campbell, K. L., & Muller, G. H. (2013). *Small Animal Dermatology. 7th Edition*. St Louis, Missouri: Saunders-Elsevier
10. Russell, R. C., Otranto, D., & Wall, R. L. (Eds.). (2013). *The encyclopaedia of medical and veterinary entomology*. <https://doi.org/10.1079/9781780640372.0000>
11. Shanks, D. J., McTier, T. L., Behan, S., Pengo, G., Genchi, C., Bowman, D. D., Holbert, M. S., Smith, D. G., Jernigan, A. D., & Rowan, T. G. (2000). The efficacy of selamectin in the treatment of naturally acquired infestations of *Sarcoptes scabiei* on dogs. *Veterinary Parasitology*, 91 (3–4), 269–281. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(00\)00298-3](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(00)00298-3)
12. Six, R. H., Clemence, R. G., Thomas, C. A., Behan, S., Boy, M. G., Watson, P., Benchaoui, H. A., Clements, P. J. M., Rowan, T. G., & Jernigan, A. D. (2000). Efficacy and safety of selamectin against *Sarcoptes scabiei* on dogs and *Otodectes cynotis* on dogs and cats presented as veterinary patients. *Veterinary Parasitology*, 91 (3–4), 291–309. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(00\)00300-9](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(00)00300-9)
13. Stanneck, D., Kruehwagen, E. M., Fourie, J. J., Horak, I. G., Davis, W., & Krieger, K. J. (2012). Efficacy of an imidacloprid/flumethrin collar against fleas, ticks, mites and lice on dogs. *Parasites & Vectors*, 5 (1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-102>
14. Wagner, R., & Wendlberger, U. (2000). Field efficacy of moxidectin in dogs and rabbits naturally infested with *Sarcoptes* spp., *Demodex* spp. and *Psoroptes* spp. mites. *Veterinary Parasitology*, 93 (2), 149–158. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(00\)00357-5](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(00)00357-5)
15. Carithers, D., Crawford, J., de Vos, C., Lotriet, A., & Fourie, J. (2016). Assessment of afoxolaner efficacy against *Otodectes cynotis* infestations of dogs. *Parasites & Vectors*, 9 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1924-4>
16. Lebon, W., Beccati, M., Bourdeau, P., Brement, T., Bruet, V., Cekiera, A., Crosaz, O., Darmon, C., Guillot, J., Mosca, M., Pin, D., Popiel, J., Pomorska Handwerker, D., Larsen, D., Tielemans, E., Beugnet, F., & Halos, L. (2018). Efficacy of two formulations of afoxolaner (NexGard® and NexGard Spectra®) for the treatment of generalised demodicosis in dogs, in veterinary dermatology referral centers in Europe. *Parasites & Vectors*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3083-2>
17. Rohdich, N., Meyer, L., & Guerino, F. (2022). Fluralaner 5.46% (w/w) flavored chewable tablet (Bravecto® 1-Month) is effective for treatment of canine generalized demodicosis. *Parasites & Vectors*, 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05213-x>
18. Fourie, J., Dumont, P., Halos, L., Beugnet, F., & Pollmeier, M. (2013). Efficacy of a topical application of Certifect® (fipronil 6.26% w/v, amitraz 7.48% w/v, (S)-methoprene 5.63% w/v) for the treatment of canine generalized demodicosis. *Parasite*, 20, 46. <https://doi.org/10.1051/parasite/2013046>
19. Becskei, C., Liebenberg, J., Fernandes, T., Borowski, S., D'Hanis, L., & Mahabir, S. P. (2024). Efficacy of a chewable tablet containing sarolaner, moxidectin and pyrantel for the treatment of generalised demodicosis in dogs. *Veterinary Dermatology*, 36 (1), 34–42. <https://doi.org/10.1111/vde.13305>
20. Becskei, C., Liebenberg, J., Fernandes, T., Borowski, S., D'Hanis, L., & Mahabir, S. P. (2023). Efficacy of a chewable tablet containing sarolaner, moxidectin, and pyrantel (Simparica Trio®) in the treatment of sarcoptic mange caused by *Sarcoptes scabiei* mite infestations in dogs. *Parasites & Vectors*, 16 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-023-06049-9>
21. Yevstafieva, V. O., & Havryk, K. A. (2014). Improvement of methods of lifetime diagnostic of sarcoptosis, demodicosis and otodectosis of dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 62–64. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.04.11>
22. Yevstafieva, V. O., Havryk, K. A., & Havryk, B. A. (2015). *Rekomendatsii shchodo diahnozyky ta zakhodiv borotby z akarozamy sobak*. Poltava [in Ukrainian]

ORCID

- A. Melezhyk  <https://orcid.org/0009-0004-4361-304X>
Ye. Plakhotna  <https://orcid.org/0009-0002-2973-4430>
L. Korchan  <https://orcid.org/0000-0002-6064-5922>
S. Mykhailiutenko  <https://orcid.org/0000-0001-6634-1244>
A. Zamazyi  <https://orcid.org/0000-0003-3138-0424>



2025 Melezhyk A. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Distribution of ectoparasites among dogs of different populations in the Kharkiv region

A. Kiptenko¹ | M. Bogach²✉

Article info

Correspondence Author

M. Bogach

E-mail:

bogach_nv@ukr.net

¹ National Scientific Center
“Institute of Experimental and
Clinical Veterinary
Medicine”,
Pushkinska Str., 83, Kharkiv,
61023, Ukraine

² Odessa Research Station of
the National Research Center
“Institute of Experimental and
Clinical Veterinary
Medicine”,
Svobody Ave, 2, Odessa,
65037, Ukraine

Citation: Kiptenko, A., & Bogach, M. (2025). Distribution of ectoparasites among dogs of different populations in the Kharkiv region. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 176–180. doi: 10.31210/spi2025.28.02.27

Parasitic diseases constitute a significant share in the overall structure of infectious morbidity among both farm and domestic animals. In recent years, there has been a significant increase in the number of both domestic and stray animals, which, in turn, has led to an increase in epizootological risk and the active spread of invasive pathology, in particular ectoparasitoses. Among ectoparasitic diseases in dogs and cats, tick-borne dermatitis, the etiological agents of which are *Otodectes cynotis* ticks, representatives of the *Ixodidae* family (ixodid ticks), as well as sarcoptic mange pathogens, poses a particular epizootological and clinical threat. These parasites cause significant pathological changes in the skin, accompanied by intense itching, allergic reactions and secondary bacterial infections, which complicates the course of the disease. The dynamics of parasitic invasions in these animals largely depend on a complex of biotic factors (interaction between species, immune status of the animal). A collection of fleas of the species *Ctenocephalides felis* was carried out by combing the animals with a special fine-toothed plastic comb in five anatomically defined areas. *Ixodes* spp. ticks detected during clinical examination were removed from the skin of the animals using anatomical tweezers in compliance with the rules of asepsis. Diagnosis of *Otodectes cynotis* was carried out by visualization of live ticks using otoscopic examination, as well as microscopic examination of smears taken from the external auditory canal. The total infestation of dogs varied depending on the population: in homeless dogs – 100%, in rural dogs – 64.3 %, in urban dogs – 50.9 %. In urban dogs, the most common parasite was *Otodectes cynotis* (29.6 %), in homeless dogs – *Ctenocephalides canis* (36.7 %) and mixed infestations (15.6%), in rural dogs, *Ctenocephalides canis* (21.1 %) and *Ixodes* spp. (19.4 %) prevailed. The intensity of the lesion ranged from 5.9 to 27.6 specimens/head. The high frequency of infestations, especially among stray animals, indicates the lack of prevention and epizootic danger. The results of the study indicate the dependence of the level of infestation on the conditions of keeping dogs. The highest threat is posed by stray animals, which are an active source of the circulation of ectoparasites. The data obtained emphasize the need for the implementation of systematic prevention of ectoparasites, especially in urban areas, where contact between animal populations is most likely.

Keywords: dogs, fleas, ticks, infestation.

Поширення ектопаразитів серед собак різних популяцій у Харківському регіоні

A. В. Кіптенко¹ | М. В. Богач²

¹ Національний науковий
центр «Інститут
експериментальної
і клінічної ветеринарної
медицини»,
м. Харків, Україна

² Одеська дослідна станція
Національного наукового
центру «Інститут
експериментальної
і клінічної ветеринарної
медицини»,
м. Одеса, Україна,

Паразитарні хвороби становлять значну частку в загальній структурі інфекційної захворюваності як серед сільськогосподарських, так і домашніх тварин. Упродовж останніх років спостерігається істотне зростання чисельності як домашніх, так і безпритульних тварин, що, у свою чергу, спричинило зростання епізоотологічного ризику та активне поширення інвазійної патології, зокрема ектопаразитозів. Серед ектопаразитарних захворювань у собак і котів особливу епізоотологічну та клінічну загрозу становить кліщовий дерматит, етіологічними агентами якого є кліщі *Otodectes cynotis*, представники родини *Ixodidae* (іксодові кліщі), а також збудники саркоптоїдозів. Дані паразити викликають значні патологічні зміни шкірного покриву, супроводжуються інтенсивним свербіжем, алергічними реакціями та вторинними бактеріальними інфекціями, що ускладнює перебіг захворювання. Динаміка паразитарних інвазій у цих тварин значною мірою залежить від комплексу біотичних факторів (взаємодія між видами, імунний статус тварини). Збір бліх виду *Ctenocephalides felis* здійснювали шляхом розчісування тварин спеціальним дрібнозубим пластиковим гребінцем на п'яти анатомічно визначених ділянках. Кліщів *Ixodes* spp., виявлених під час клінічного огляду, видаляли зі шкіри тварин за допомогою анатомічного пінцета з дотриманням правил асептики. Діагностику *Otodectes cynotis* здійснювали шляхом візуалізації живих кліщів за допомогою отоскопічного огляду, а також мікроскопічного дослідження мазків, взятих із зовнішнього слухового проходу. Загальна інвазованість собак варіювала залежно від популяції: у безпритульних – 100 %, у сільських – 64,3 %, у міських домашніх – 50,9 %. У міських собак найпоширенішим паразитом був *Otodectes cynotis* (29,6 %), у безпритульних – *Ctenocephalides canis* (36,7 %) та змішані інвазії (15,6 %), у сільських собак переважали *Ctenocephalides canis* (21,1 %) і *Ixodes* spp. (19,4 %). Інтенсивність ураження коливалася від 5,9 до 27,6 екз./гол. Висока частота інвазій, особливо серед безпритульних тварин, свідчить про відсутність профілактики та епізоотичну небезпеку. Результати дослідження засвідчують залежність рівня ураженості від умов утримання собак. Найвищу загрозу становлять безпритульні тварини, які є активним джерелом циркуляції ектопаразитів. Отримані дані підкреслюють потребу у впровадженні системної профілактики ектопаразитозів, особливо в урбанізованих районах, де контакт між популяціями тварин найбільш ймовірний.

Ключові слова: собаки, блохи, кліщі, інвазованість.

Бібліографічний опис для цитування: Кіптенко А. В., Богач М. В. Поширення ектопаразитів серед собак різних популяцій у Харківському регіоні. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 176–180.

Вступ

Паразитарні хвороби становлять значну частку в загальній структурі інфекційної захворюваності серед як сільськогосподарських, так і домашніх тварин. Висока поширеність цих патологій обумовлена низкою біологічних та екологічних факторів. До провідних чинників належать підвищена резистентність і тривала життєздатність інвазійних стадій паразитів у зовнішньому середовищі, широкий спектр видового різноманіття паразитичних організмів, їхня висока репродуктивна здатність, а також здатність до швидкої адаптації як до несприятливих умов довкілля, так і до біологічних особливостей організму хазяїна. Зазначені особливості сприяють збереженню паразитарних популяцій у природі та забезпечують стійке епізоотичне неблагополуччя в окремих регіонах [1–4].

Упродовж останніх років спостерігається істотне зростання чисельності як домашніх, так і безпритульних тварин, що, у свою чергу, спричинило зростання епізоотологічного ризику та активне поширення інвазійної патології, зокрема ектопаразитозів. Така тенденція обумовлена низкою соціально-економічних та екологічних чинників, що сприяють формуванню сприятливих умов для циркуляції паразитарних чинників у міському та сільському середовищі [5–10].

Ектопаразити, зокрема блохи, волосоїди, воші та кліщі, мають глобальне поширення серед собак [11].

Динаміка паразитарних інвазій у цих тварин значною мірою залежить від комплексу біотичних (взаємодія між видами, імунний статус тварини) та абіотичних (температура, вологість, географічні особливості) чинників [12].

У країнах Європи, де чисельність популяції собак стабільно зростає і наразі оцінюється приблизно у 90 мільйонів особин, спостерігається зростання частоти зараження ектопаразитами різного виду [13].

Більш того, собаки нерідко виступають як резервуари й механічні переносники паразитів, що мають зоонозне значення, зокрема збудників, небезпечних для людини [14].

Серед ектопаразитарних захворювань у собак і котів особливу епізоотологічну та клінічну загрозу становить кліщовий дерматит, етіологічними агентами якого є кліщі *Otodectes cynotis*, представники родини Ixodidae (іксодові кліщі), а також збудники саркоптоїдозів. Дані паразити викликають значні патологічні зміни шкірного покриву, супроводжуються інтенсивним свербіжем, алергічними реакціями та вторинними бактеріальними інфекціями, що ускладнює перебіг захворювання [15–18].

Найбільш поширеними збудниками ентомозів і акарозів у собак і котів є представники таких видів: блохи *Ctenocephalides canis*, *Ctenocephalides felis*, *Pulex irritans*; воші – *Linognathus setosus*; паразитиформні кліщі – *Ixodes ricinus*, представники родів *Dermacentor* та *Rhipicephalus*; а також акариформні кліщі – *Otodectes cynotis*, *Notoedres cati*, *Sarcoptes canis*, *Demodex canis* і *Demodex cati* [19].

Збільшення присутності диких тварин у міському середовищі призводить до збільшення впливу та

ризiku зараження небезпечними паразитами людей і домашніх тварин. У районах Малопольського та Сілезького воєводств Польщі було зібрано 2777 кліщів: 2643 кліща *Ixodes ricinus* (95,2 %), 107 кліщів *Ixodes hexagonus* (3,9 %), 23 кліща *Ixodes crenulatus* (0,8 %), 3 кліщі *Dermacentor reticulatus* (0,1 %) та 1 *Ixodes apronophorus* (0,03 %) від 1209 собак і 399 котів [20].

У загальній вибірці ектопаразитарну інвазію було зафіксовано у 63,0 % собак у Бразилії. При цьому частка інвазованих тварин серед міських собак становила 51,3 %, тоді як серед сільських – 73,9 %, що свідчить про суттєві відмінності залежно від умов утримання. У ході паразитологічного дослідження ідентифіковано п'ять видів ектопаразитів: три види кліщів (*Rhipicephalus sanguineus*, *Amblyomma ovale*, *Amblyomma cajennense*), один вид бліх (*Ctenocephalides felis*) та один вид вошей (*Heterodoxus spiniger*). Інвазія *R. sanguineus* частіше реєструвалася серед міських собак, тоді як зараження кліщами роду *Amblyomma* та блохами *C. felis* було характернішим для тварин, що проживають у сільській місцевості [21].

На основі даних клінічного огляду та результатів лабораторного паразитологічного дослідження встановлено, що досліджені собаки в Україні були інфіковані кількома видами ектопаразитів. Зокрема, у них виявлено бліх видів *Ctenocephalides canis*, *Ctenocephalides felis* та *Pulex irritans* з інтенсивністю інвазії 5–8 особин на 10 см² шкіри. Окремі випадки супроводжувалися виявленням вошей виду *Linognathus setosus* з інтенсивністю 1–3 екземпляри на 10 см². У собак також було зафіксовано наявність паразитиформних кліщів *Ixodes ricinus* та *Dermacentor reticulatus*, інтенсивність інвазії яких коливалась у межах 8–12 особин на одну тварину [22].

За результатами паразитологічного обстеження котів у Харківському регіоні встановлено, що загальна інвазованість серед домашніх тварин міської популяції становила 52,7 %, тоді як серед котів сільської місцевості цей показник досягав 77,6 %. Найвищий рівень інвазії зареєстровано у безпритульних котів, де він склав 100 %, що свідчить про відсутність антипаразитарного контролю в цій групі тварин. Серед безпритульних міських котів найпоширенішими ектопаразитами були блохи (29,2 %) та кліщі (32,3 %), що підкреслює їх епізоотологічне значення як активних резервуарів збудників ектопаразитарних інфекцій [23].

Мета дослідження

Мета дослідження – встановити видовий склад та рівень поширення ектопаразитів серед собак міської та сільської популяцій Харківського регіону.

Матеріали і методи

Дослідження на ектопаразитів були проведені на 632 собаках з міської та 294 собаках із сільської популяції Харківського регіону.

Оцінку чисельності бліх виду *Ctenocephalides felis* на тілі собак проводили шляхом підрахунку особин на

п'яти анатомічно визначених ділянках: 1 – серединна дорсальна лінія (*linea dorsalis medianum*), 2 – сідничний горб (*tuber ischiadicum*), 3 – ліва бічна частина тулуба (*pars lateralis sinister*), 4 – права бічна частина (*pars lateralis dexter*), 5 – пахвинна ділянка (*regio inguinalis*). Збір ектопаразитів здійснювали шляхом розчісування тварин спеціальним дрібнозубим пластиковим гребінцем у межах кожної з вищезазначених ділянок. Зібрані зразки бліх фіксували у 70 % етиловому спирті для подальшого аналізу. Ідентифікацію видів проводили з використанням стереомікроскопа (об'єктиви 5–20×, модель BX41, Olympus, Австралія) згідно з морфологічними таксономічними критеріями, описаними у відповідному визначнику [24].

Кліщів *Ixodes* spp., виявлених під час клінічного огляду, видаляли зі шкіри тварин за допомогою анатомічного пінцета з дотриманням правил асептики. Інтенсивність інвазії блохами та іксодовими кліщами оцінювали шляхом безпосереднього підрахунку кількості паразитів на шкірно-волоссяному покриві тварини.

Діагностику *Otodectes cynotis* здійснювали шляхом візуалізації живих кліщів за допомогою отоскопічного огляду, а також мікроскопічного дослідження мазків, взятих із зовнішнього слухового проходу. Клінічне обстеження включало оцінку загального стану шкірного покриву, шерстяного покриву, а також огляд вухної раковини та зовнішнього слухового каналу за допомогою пальпації та отоскопії. Отологічне дослідження дозволяло виявити типові ознаки отиту: патологічні вухні виділення, неприємний запах, еритему, набряк, лущення, екскоріації, ділянки алопеції, виразкові ураження в ділянці вухної раковини та навколо входу до слухового проходу. Під час огляду враховували зовнішній вигляд вухної раковини, характер виділень (локалізація, наявність/відсутність, колір, запах, кількість), а також поведінкові ознаки – наявність свербежу, нахил голови. Пальпація слухового проходу дозволяла виявити наявність больового синдрому та оцінити можливі проліферативні зміни, такі як фіброз чи кальцифікація тканин. Інтенсивність інвазії кліщами-шкіроїдами виду *Otodectes cynotis* визначали шляхом мікроскопічного аналізу поверхневих зскрібків із уражених ділянок вухної раковини. Інтенсивність інвазії класифікували умовно на три рівні: низький – за наявності до 10 кліщів у одному зскрібку, середній – за кількістю до 50 особин та високий – при виявленні 50 і більше кліщів. Для дослідження застосовували вітальний метод, який дозволяв здійснювати підрахунок живих ектопаразитів безпосередньо у нативних препаратах [25].

Результати та їх обговорення

Аналіз поширення ектопаразитів серед домашніх собак міської популяції Харківського регіону ($n = 395$) показав, що загальний показник ураженості становив 50,9 %. Найбільш поширеними були представники трьох груп ектопаразитів: *Ctenocephalides canis*, *Otodectes cynotis* та кліщі роду *Ixodes* (табл. 1).

Таблиця 1

Поширення ектопаразитів серед домашніх собак з міської популяції Харківського регіону ($n=395$)

Збудник	Інвазовано	EI, %	П, екз./гол
<i>Ctenocephalides canis</i>	51	12,9	16,4±0,3
<i>Otodectes cynotis</i>	117	29,6	13,2±0,2*
<i>Ixodes</i> spp.	33	8,4	5,9±0,1

Примітка: * – кліщів у зскрібку.

Найвищу екстенсивність інвазії (29,6 %) виявлено при ураженні вухним кліщем *Otodectes cynotis*, що може бути пов'язано з умовами утримання тварин у закритих приміщеннях, високою контактністю та недостатньою гігієнічною обробкою вухних раковин. При цьому середня інтенсивність інвазії становила $13,2 \pm 0,2$ кліщів у зскрібку. Блохи *Ctenocephalides canis* були виявлені у 12,9 % собак з вищою інтенсивністю інвазії – $16,4 \pm 0,3$ екз./гол. Найменша частка заражених собак припадала на *Ixodes* spp. (8,4 %), інтенсивність ураження становила в середньому $5,9 \pm 0,1$ кліща на голову.

На відміну від домашніх тварин, усі безпритульні собаки ($n = 237$), відібрані з міської популяції Харківського регіону, виявилися інвазованими ектопаразитами, що свідчить про 100 % рівень ураженості. У дослідженій вибірці було виявлено чотири основні варіанти паразитарних уражень, зокрема як моноінвазії, так і змішана форма (табл. 2).

Таблиця 2

Поширення ектопаразитів серед безпритульних собак з міської популяції Харківського регіону ($n=237$)

Збудник	Інвазовано	EI, %	П, екз./гол
<i>Ctenocephalides canis</i>	87	36,7	19,5±0,1
<i>Otodectes cynotis</i>	72	30,4	21,4±0,5*
<i>Ixodes</i> spp.	41	17,3	17,3±0,4
<i>Ctenocephalides canis</i> + <i>Ixodes</i> spp.	37	15,6	21,5±0,5

Примітка: * – кліщів у зскрібку.

Найчастішим збудником серед безпритульних тварин виявлено бліх *Ctenocephalides canis*, які реєструвалися у 36,7 % собак, при середній інтенсивності $19,5 \pm 0,1$ особини на одного ураженого собаку. Деяко нижчий рівень поширення спостерігався у вухного кліща *Otodectes cynotis* (30,4 %), проте інтенсивність інвазії була вищою – $21,4 \pm 0,5$ кліщів у зскрібку. Кліщі роду *Ixodes* виявлялися у 17,3 % тварин із середньою кількістю $17,3 \pm 0,4$ особини.

Особливу увагу заслуговують випадки змішаних інвазій. У 15,6 % тварин одночасно виявлено бліх *Ctenocephalides canis* та іксодових кліщів, причому рівень інтенсивності інвазії був одним з найвищих і становив $21,5 \pm 0,5$ екз./гол. Такий рівень інвазованості свідчить про відсутність будь-яких профілактичних або гігієнічних заходів у популяції безпритульних тварин і про високу епізоотичну небезпеку для інших тварин та людей.

Дослідження ектопаразитів у собак з сільської популяції Харківського регіону (n = 294) показало, що загальний рівень ураженості становив 64,3 %. У сільській популяції зареєстровано як моно-, так і змішані форми інвазій (табл. 3).

Таблиця 3

Поширення ектопаразитів серед собак з сільської популяції Харківського регіону (n=294)

Збудник	Інвазовано	EI, %	П, екз./гол
<i>Ctenocephalides canis</i>	62	21,1	18,1±0,2
<i>Otodectes cynotis</i>	41	13,9	27,6±0,8*
<i>Ixodes</i> spp.	57	19,4	21,1±0,2
<i>Ctenocephalides canis</i> + <i>Ixodes</i> spp.	29	9,9	17,9±0,5

Примітка: * – кліщів у зскрібку.

Серед сільських собак найбільш поширеним ектопаразитом також була блоха *Ctenocephalides canis*, яку реєстрували у 21,1 % тварин при середній інтенсивності 18,1 ± 0,2 екз./гол. Дещо нижчий рівень поширення характерний для *Ixodes* spp. (19,4 %), проте середня інтенсивність інвазії була вищою – 21,1 ± 0,2 екз./гол. Найменшу поширеність серед моноінвазій мав *Otodectes cynotis* (13,9 %), проте саме для цього виду зареєстрована найвища інтенсивність ураження – 27,6 ± 0,8 кліщів, виявлених у вušних зскрібках.

Змішану форму інвазії (одночасне ураження блохами та іксодовими кліщами) зареєстровано у 9,9 % собак. Інтенсивність при цьому становила 17,9 ± 0,5 екз./гол., що свідчить про активну циркуляцію декількох видів ектопаразитів у сільських умовах.

Таким чином, отримані результати підтверджують важливість регулярного моніторингу ектопаразитарної ситуації, особливо в популяціях із вільним утриманням та необхідність систематичної реалізації профілактичних заходів як у міських, так і в сільських умовах. Це є ключовим чинником у запобіганні поширенню паразитарних хвороб серед тварин і зменшенні ризику трансмісивних зоонозів.

Висновки

1. Серед собак в умовах Харківського регіону загальний рівень інвазованості суттєво варіював залежно від популяційної приналежності тварин: серед безпритульних собак інвазія сягала 100 %, тоді як серед сільських – 64,3 %, а серед домашніх – 50,9 %.

2. Домашні собаки з міської популяції найбільше були ураженні вušним кліщем *Otodectes cynotis* (29,6 %), безпритульні собаки – *Ctenocephalides canis* (36,7 %), *Otodectes cynotis* (30,4 %) та змішаною інвазією, спричиненою *Ctenocephalides canis* + *Ixodes* spp. (15,6 %). У собак із сільської популяції найбільше реєстрували *Ctenocephalides canis* (21,1 %) *Ixodes* spp. (19,4 %), та високу інтенсивність ураження вušним кліщем *Otodectes cynotis* (27,6 ± 0,8 кліщів у зскрібку), що, ймовірно, зумовлено недостатньою увагою

власників до гігієнічного догляду за тваринами та обмеженим доступом до ветеринарної допомоги.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується з'ясувати вплив інтенсивності ураження ектопаразитами собак на морфологічні показники крові.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Wells, K., Gibson, D. I., Clark, N. J., Ribas, A., Morand, S., & McCallum, H. I. (2018). Global spread of helminth parasites at the human–domestic animal–wildlife interface. *Global Change Biology*, 24 (7), 3254–3265. <https://doi.org/10.1111/gcb.14064>
2. Bogach, M., Paliy, A., Liulin, P., Perots'ka, L., Bohach, O., Pyvovarova, I., & Paliy, A. (2021). Parasites of domestic and wild pigeons in the south of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 29 (2), 135–139. <https://doi.org/10.15421/012118>
3. Bogach, M. V., Paliy, A. P., Perots'ka, L. V., Pyvovarova, I. V., Stoyanova, V. Y., & Paliy, A. P. (2020). The influence of hydro-meteorological conditions on the spread of chicken cestodiasis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11 (3), 414–418. <https://doi.org/10.15421/022063>
4. Paliy, A., Sumakova, N., Petrov, R., Shkromada, O., Ulko, L., & Paliy, A. (2019). Contamination of urbanized territories with eggs of helminths of animals. *Biosystems Diversity*, 27 (2), 118–124. <https://doi.org/10.15421/011916>
5. Tishyn, O. L., Khomiak, R. V., & Perih, Z. M. (2019). Comparative evaluation of fipronil based preparations for invasions of dogs and cats with ectoparasites. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 20 (2), 283–288. <https://doi.org/10.36359/scivp.2019-20-2.36>
6. Oliveira, J. C. P., Oliveira, W. S. M., Brito, R. S., Lima, T. A. R. F., Giannelli, A., Carvalho, G. A., & Ramos, R. A. N. (2021). Ectoparasites infesting animals living in close contact with human beings: a real trouble for One Health perspective? *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73 (1), 55–61. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12084>
7. Dziemian, S., Sikora, B., Piłacińska, B., Michalik, J., & Zwolak, R. (2015). Ectoparasite loads in sympatric urban populations of the northern white-breasted and the European hedgehog. *Parasitology Research*, 114 (6), 2317–2323. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4427-x>
8. Ruiz, M., Alonso, R. J., Rospi, M., Acosta, D. B., Cavia, R., & Sanchez, J. P. (2025). Diversity and eco-epidemiology of ectoparasites and *Rickettsia* spp. associated with the opossums *Didelphis albiventris* Lund in livestock farms from Argentinian Pampas region. *Medical and Veterinary Entomology*. <https://doi.org/10.1111/mve.12796>
9. de Oliveira, J. C. P., Reckziegel, G. H., Ramos, C. A. do N., Giannelli, A., Alves, L. C., de Carvalho, G. A., & Ramos, R. A. N. (2020). Detection of *Rickettsia felis* in ectoparasites collected from domestic animals. *Experimental and Applied Acarology*, 81 (2), 255–264. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00505-2>
10. Acosta, D. B., Zanolco, F. A., Ruiz, M., & Sanchez, J. P. (2024). Domestic dogs as host of ectoparasites carrying *Rickettsia*, *Bartonella* and *Mycoplasma* in urban, peri-urban and rural areas from center Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 31 (1), 001–012. <https://doi.org/10.31687/saremm.24.31.01.05.e0991>
11. Beck, W., Boch, K., Mackensen, H., Wiegand, B., & Pfister, K. (2006). Qualitative and quantitative observations on the flea population dynamics of dogs and cats in several areas of Germany. *Veterinary Parasitology*, 137 (1–2), 130–136. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.12.021>
12. Otranto, D., Dantas-Torres, F., Mihalca, A. D., Traub, R. J., Lappin, M., & Baneth, G. (2017). Zoonotic parasites of sheltered and stray dogs in the era of the global economic and political crisis. *Trends in Parasitology*, 33 (10), 813–825. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2017.05.013>

13. Caravelli, A., Scaramozzino, P., Iaconi, F., Condoleo, R., & Della Marta, U. (2020). Size, demography, ownership profiles, and identification rate of the owned dog population in central Italy. *PLoS ONE*, 15 (10), e0240551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240551>
14. Baneth, G., Thamsborg, S. M., Otranto, D., Guillot, J., Blaga, R., Deplazes, P., & Solano-Gallego, L. (2015). Major parasitic zoonoses associated with dogs and cats in Europe. *Journal of Comparative Pathology*, 155 (1), 54–74. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2015.10.179>
15. Combarros, D., Boncea, A. M., Brément, T., Bourdeau, P., & Bruet, V. (2019). Comparison of three methods for the diagnosis of otodectocariasis due to *Otodectes cynotis* in dogs and cats. *Veterinary Dermatology*, 30 (4), 334–e96. <https://doi.org/10.1111/vde.12753>
16. Ghosh, P., Saleh, M. N., Sundstrom, K. D., Ientile, M., & Little, S. E. (2021). *Ixodes* spp. from Dogs and Cats in the United States: Diversity, Seasonality, and Prevalence of *Borrelia burgdorferi* and *Anaplasma phagocytophilum*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 21 (1), 11–19. <https://doi.org/10.1089/vbz.2020.2637>
17. Dumitrache, M.O., & Cadiergues, M.-C. (2023). The most effective systemic treatment in dogs with sarcoptic mange: a critically appraised topic. *BMC Veterinary Research*, 19 (1), 189. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03759-1>
18. Abarca, K., Gárate, D., López, J., & Acosta-Jamett, G. (2016). Flea and ticks species from dogs in urban and rural areas in four districts in Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 48, 247–253. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000200017>
19. Földvári, G., Široký, P. S., Szekeres, S., Majoros, G., & Sprong, H. (2016). *Dermacentor reticulatus*: a vector on the rise. *Parasites & Vectors*, 9 (1), 314. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1599-x>
20. Kocoń, A., Nowak-Chmura, M., & Siuda, K. (2022). Tick species (Acari: Ixodida) in Cracow (southern Poland) – diversity of habitats and feeding in the urban environment. *Systematic and Applied Acarology*, 27 (8), 1509–1517. <https://doi.org/10.11158/saa.27.8.3>
21. Costa, A. P., Silva, A. B., Costa, F. B., Xavier, G. S., Martins, T. F., & Labruna, M. B. (2013). A survey of ectoparasites infesting urban and rural dogs of Maranhão state, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 50 (3), 674–678. <https://doi.org/10.1603/me12243>
22. Tishyn, O. L., Yuskiv, I. D., Perih, Z. M., & Bogach, O. M. (2021). The comparative evaluation of complex medicines, based on imidaclopride in ectoparasitosis of dogs and cats. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 22 (1), 228–235. <https://doi.org/10.36359/scivp.2021-22-1.28>
23. Kiptenko, A. V., Dunaev, Yu. K., Bogach, M. V., & Bogach, D. M. (2023). Distribution of ecto- and endoparasites in cats of Kharkiv Region. *Veterinary Medicine*, 109, 101–104. <https://doi.org/10.36016/vm-2023-109-18>
24. Wall, R., & Shearer, D. (2001). *Veterinary Ectoparasites: Biology, Pathology and Control*. <https://doi.org/10.1002/97804706905>
25. Zajac, A. M., Conboy, G. A., Little, S. E., & Reichard, M. V. (2021). *Veterinary clinical parasitology*. 9th ed. USA: Wiley-Blackwell

ORCID

A. Kiptenko  <https://orcid.org/0009-0002-6289-1745>
M. Bogach  <https://orcid.org/0000-0002-2763-3663>



© 2025 Kiptenko A. and Bogach M. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The effectiveness of using external therapeutic means for dog dermatitis caused by fungi of the *Trichophyton* genus

O. Peredera[✉] | R. Peredera | I. Lavrinenko | M. Petrenko

Article info

Correspondence Author
O. Peredera
E-mail:
olena.peredera@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Peredera, O., Peredera, R., Lavrinenko, I., & Petrenko, M. (2025). The effectiveness of using external therapeutic means for dog dermatitis caused by fungi of the *Trichophyton* genus. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 181–187. doi: 10.31210/spi2025.28.02.28

In the present days, the pathology of dogs' cutaneous covering caused by dermatomycoses is an extremely frequent phenomenon. As scholars' data show, the pathogenic fungi from *Trichophyton* and *Microsporum* genera have become the most widely spread in dogs. Taking into account the fact that the above mentioned genera of fungi have a considerable zoonotic potential and can be dangerous for human health, the topicality of searching effective schemes of animals' treatment for the diseases caused by pathogenic fungi remains an important issue that needs to be solved. Therefore, the purpose of this study was to find the therapeutic effectiveness of external curative means for the treatment of dog dermatophytosis caused by fungi of the *Trichophyton* genus. The work was conducted in the "Aibolyt" clinic in the city of Poltava during 2023–2024. To make the experimental studies in determining the mycocidal effect of etiotropic preparations produced in Ukraine – "Sanoderm" ointment and "Skingard" spray for external use ("Arterium" corporation, Ukraine) in connection with "Vetderm" ("Brovapharma" LLC, Ukraine) preparation of symptomatic effect – 2 groups of dogs were formed, five animals in each, on the cutaneous covering of them 4–6 trichophytic locuses having a diameter from 2.0 to 2.6 cm were found. Anti-fungus and symptomatic preparations were applied according to the producers' recommendations. The effectiveness of treatment was controlled by the animals' examination, mycological and bacteriological studies of the biological material. The research has shown that both treatment schemes are effective in the therapy of dogs attacked with fungi of the *Trichophyton* genus. The use of "Sanoderm" ointment in connection with "Vetderm" preparation of symptomatic effect led to rapid ruining of the pathogenic fungus, which was characterized by a low growth intensity of the latter on Saburo agar on the 14th day (the growth of single colonies) and the absence of dermatophyte growth in inoculations from the material on the 21st day. However, this scheme did not manifest a bactericidal effect on staphylococci. On the 14th and 21st days after the beginning of the treatment, the growth of *Staphylococcus* spp. microorganisms was fixed in the inoculations from the biological material of all the dogs from the experimental group. Moreover, the mycocidal action was less expressed in the animals that were treated with "Skingard" spray preparation together with "Vetderm" preparation as on the 14th day from the beginning of treatment, the growth of fungi from *Trichophyton* genus was detected in the samples of biological material from all the animals of the experimental group, and on the 21st day – in 40 % of animals from the experimental group. But when using the proposed treatment scheme, the expressed bactericidal effect was found concerning *Staphylococcus* spp. Both on the 14th and 21st days of studying, staphylococci growth in each of the biological material inoculations from the animals of the experimental group was not revealed. The obtained results allow recommend "Sanoderm" ointment in connection with "Vetderm" preparation for the treatment of dogs with the cutaneous covering lesions with the fungi of *Trichophyton* genus. In cases of dogs' cutaneous covering lesions with the fungi from *Trichophyton* genus in connection with *Staphylococcus* spp., it is recommended to use the treatment scheme including "Skingard" spray preparation in combination with the means of symptomatic therapy.

Keywords: dogs, trichophytosis, treatment, ketoconazole, clotrimazole, staphylococci, sanoderm, skingard.

Ефективність використання зовнішніх лікувальних засобів за дерматитів собак, викликаних грибами роду *Trichophyton*

О. О. Передера | Р. В. Передера | І. В. Лаврінченко | М. О. Петренко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Як свідчать дані науковців, найбільшого поширення у собак набули патогенні гриби з родів *Trichophyton* та *Microsporum*. Враховуючи те, що вказані роди грибів мають значний зоонозний потенціал, і здатні нести небезпеку для здоров'я людини, актуальність пошуку ефективних схем лікування тварин за хвороб викликаних патогенними грибами залишається важливим питанням, що потребує вирішення. Тому мета даного дослідження полягала у встановленні терапевтичної ефективності зовнішніх лікувальних засобів за дерматофітозу собак, викликаного грибами роду *Trichophyton*. Для проведення експериментальних досліджень з визначення мікоцидної дії етіотропних препаратів – «Санодерм» та «Скінгارد», у поєднанні з препаратом симптоматичної дії – «Ветдерм» було формовано 2 групи собак по 5 голів у кожній, на шкірному покриві яких були наявні 4–6 трихофітійних осередки. Протигрибкові та симптоматичні засоби відповідно до настанови виробника. Ефективність лікування контролювали за допомогою огляду тварин, мікологічних та бактеріологічних досліджень біологічного матеріалу. Дослідженнями встановлено, що обидві схеми лікування є ефективними за терапії собак уражених грибами роду *Trichophyton*. Застосування мазі «Санодерм» у поєднанні з препаратом «Ветдерм» призводило до швидкого руйнування патогенного гриба, що характеризувалося низькою інтенсивністю росту останнього на агарі Сабуро на 14 добу та відсутністю росту дерматофіта у посівах з матеріалу на 21 добу. Однак, ця схема не проявляла бактерицидної дії щодо стафілококів. На 14 і 21 добу після початку лікування у посівах з біологічного матеріалу від усіх собак з дослідної групи зафіксовано ріст мікроорганізмів *Staphylococcus* spp. Тварин, яким застосовували препарат «Скінгارد» у поєднанні з препаратом «Ветдерм» мікоцидна дія була менш вираженою. Н на 14у добу від початку лікування, ріст грибів з роду *Trichophyton* виявлено у зразках біо-матеріалу від усіх тварин з дослідної групи, а на 21 добу – у 40 % тварин. За використання запропонованої схеми лікування виявлено виражений бактерицидний ефект відносно *Staphylococcus* spp. Як на 14 так і на 21 добу дослідження росту стафілококів у жодному посіві з біологічного матеріалу від тварин з дослідної групи виявлено не було. Отримані результати досліджень дають змогу рекомендувати мазь «Санодерм» у поєднанні з засобом «Ветдерм» для лікування собак з ураженнями шкірних покривів грибами з роду *Trichophyton*. У випадках ураження шкірних покривів собак грибами з роду *Trichophyton* у поєднанні зі *Staphylococcus* spp. рекомендовано використовувати схему лікування, що включає препарат «Скінгارد» у вигляді спрею у поєднанні з засобом симптоматичної терапії.

Ключові слова: собаки, трихофітія, лікування, кетоконазол, клотримазол, стафілококи, санодерм, скінгارد.

Бібліографічний опис для цитування: Передера О. О., Передера Р. В., Лаврінченко І. В., Петренко М. О. Ефективність використання зовнішніх лікувальних засобів за дерматитів собак, викликаних грибами роду *Trichophyton*. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 181–187.

Вступ

Дерматомікози в природних умовах проходять спорадично, але частіше виникають у вигляді ензоотій. Цьому сприяють стійкість патогенів у зовнішньому середовищі, широке коло сприйнятливих тварин та резервуару збудників інфекції. Завдяки таким характеристикам, трихофітія поширена в Україні. Воєнні дії, зниження резистентності та інтенсивні міграційні процеси виступають у ролі сприяючих факторів. Найбільшого поширення дерматофітії собак набувають у великих містах. Внаслідок значної популяції безпритульних собак та котів, накопичення збудників у насколишньому середовищі, відбувається швидке залучення в епізоотичний процес домашніх тварин. Циркуляція збудників трихофітії в неблагополучних пунктах забезпечує постійність розвитку епізоотії та наявність стаціонарних епізоотичних осередків [1].

Щуценята віком до одного року мають високу сприйнятливність до збудників трихофітозу. Тому сезонність та інтенсивність прояву даного захворювання пов'язана з появою неімунного молодняка восени та навесні [2].

Ураження шкіри за трихофітії може бути поверхневим чи глибоким. Обмежені форми характеризується окремими локусами. Генералізована форма охоплює значні за площею ділянки шкіри, ураження грибом та пошкодження тканин виявляють у глибоких шарах шкіри та підшкірній клітковині. Гнійний фолікуліт на тлі пригнічення імунних реакцій супроводжується сильним свербіжем. Гній вкриває поверхню ділянки ураження, висихає, стягує та подразнює шкіру, провокує поширення дерматиту. Частим є утворення абсцесів та флегмон в сполучній тканині підшкірній клітковини [1, 2].

Актуальність наших досліджень пов'язана з тим, що з початком повномасштабного вторгнення певний час на ринку України були відсутні засоби для специфічної профілактики трихофітії собак. Небезпечними наслідки відсутності специфічної профілактики трихофітії можуть бути і для людей, особливо дітей. Численні фактори: постійні стресові умови життя, інтенсивні міграційні та евакуаційні процеси, значне збільшення кількості безхатніх тварин створюють передумови, що можуть призвести до спалахів та широкого поширення дерматофітозів серед населення.

Мета дослідження

Мета роботи полягала у встановленні терапевтичної ефективності зовнішніх лікувальних засобів за дерматофітозу собак, викликаного грибами роду *Trichophyton*.

Матеріали і методи

Практична частина роботи була виконана в умовах клініки ветеринарної медицини «Айболить», міста Полтави. Робота виконувалася у 2023–2024 роках.

З метою порівняння ефективності застосування двох препаратів вітчизняного виробництва, були

сформовані дві групи собак, по п'ять тварин у кожній що хворіли на трихофітію. Групи формувалися виключно із собак, що мали світлий колір шкіри та шерсті. Тварини були різних вікових груп (окрім молодняку до 3 місячного віку), переважно безпородні. У кожної собаки, що була зарахована до дослідної групи на тілі були наявними 4–6 трихофітійні осередки, діаметром 2,0–2,6 см.

Для диференційної діагностики трихофітії від мікроспорії застосовували люмінісцентне дослідження. З цією метою використовували лампу Вуда. При дослідженні тварин, уражених грибом роду трихофітон світіння не відбувалося. Матеріал від таких тварин піддавався мікологічному дослідженню перед початком та в процесі лікування – на 14 та 21 добу після початку застосування засобів. Досліджували шерсть, лусочки у складі зішкрібків шкіри. Матеріал для дослідження було відібрано на периферії трихофітійних вогнищ. Відбір, упаковку, власне мікологічне дослідження проводили дотримуючись правил особистої безпеки.

Перед безпосереднім нанесенням препаратів у хворих тварин вистригали шерсть на ураженій ділянці таким чином, щоб периферія вогнища була повністю звільнена від волосяного покриву. Якщо трихофітійні вогнища були вкриті кірочками, гнійним екссудатом чи брудом, ділянку очищали за допомогою перексиду водню та підсушували серветкою. Після вищевведених процедур уражені ділянки обробляли відповідними препаратами.

Собакам першої дослідної групи в якості місцевого лікування було застосовано препарат «Санодерм» (Корпорація «Артеріум», Україна) у вигляді мазі для зовнішнього застосування. Клотримазол, основна діюча речовина в його складі активна до різних видів грибів-трихофітонів: *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton rubrum*, та інші; грибів роду мікроспорум: *Microsporum canis*; маласейзіозів *Malassezia furfur*; кандидозів *Candida albicans* та інших представників дерматомікозів. Входить по класифікації до імідазольних дерматофітних біопрепаратів.

Як допоміжний засіб, у склад санодерма включений антибіотик із ряду аміноглікозидів гентаміцин. Спектр дії широкий. Ефективна дія пов'язана з порушенням обмінних процесів на рівні функціонування ферментної системи представників родини ентеробактер та грам негативних бактерій: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*. Бактерицидна дія підтверджена також щодо групи коків, що є грам-позитивними: *Staphylococcus* spp., (в тому числі, найбільш поширений *S. aureus*) та *Streptococcus* spp.

Санодерм застосовували місцево, згідно до інструкції, вранці та ввечері – двічі на добу, в один і той самий час. Препарат наносили на уражені ділянки шкіри тонким шаром й легкими рухами з обережністю втирали у шкіру. Курс лікування складав десять днів.

Собакам другої дослідної групи в якості місцевого лікування було застосовано препарат «Скінгارد» (Корпорація «Артеріум», Україна) у вигляді спрею для зовнішнього застосування. Препарат є дієвим протигрибковим засобом, що розроблений на основі

кетоназола. Останній характеризується широким спектром протигрибкової дії. У зоні ураження *Trichophyton* spp., *Microsporum* spp. *Candida* spp., *Cryptococcus* spp. *Malassezia* spp. Хлоргексидину диглюконат, включений у склад препарату, забезпечує бактерицидний ефект щодо кокової умовно-патогенної флори: *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp. MSSA – метицилін стафілококів. Також, дієвість речовини підтверджена для видів *S. valivarius*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, що можуть утворювати метицилінстійкі (MRSA) групи.

Препарат «Скінгард» застосовували відповідно до інструкції, шляхом розпилювання. Обробку уражених ділянок тіла проводили двічі на добу, вранці та ввечері. Курс лікування складав десять діб.

Обом групам дослідних собак у якості протиалергічного, протизапального та регенеративного засобу застосовували засіб симптоматичної терапії – «Ветдерм» (ТОВ «Бровафарма», Україна). 1 мл синтетичного засобу містить: 1 мг тріамцінолону, 2 мг бурштинової кислоти, 50 мг метіоніну та комплекс вітамінів групи В. «Ветдерм» застосовували один раз на добу перорально, шляхом згодовування з невеликою кількістю корму. Курс лікування складав 10 діб. Перші чотири доби для собак до 10 кг добова доза становила 0,51 мл, для собак із масою тіла 10–20 кг препарат задавали щоденно у дозі 1,0 мл. Для лікування в наступні шість діб дозу зменшували вдвічі.

Ефективність застосування зовнішніх протигрибкових засобів контролювали за допомогою мікологічних та бактеріологічних досліджень. Їх проводили перед застосуванням препаратів, на 14

та 21 добу після початку лікування. Оцінка засобів відбувалася за наступними показниками:

1) клінічний стан собак (швидкість загоєння грибкових ран та відростання шерсті на місці дефекту);

2) життєздатність гриба у відібраному матеріалі (досліджували наявність росту на середовищі Сабуро з глюкозою);

3) наявність росту стафілококів у посівах з відібраного матеріалу на сольовому середовищі.

Результати та їх обговорення

З досвіду практикуючих лікарів ветеринарної медицини відомо, що люмінесцентне дослідження є достовірним та об'єктивним діагностичним тестом для диференціації трихофітії та мікроспорії у тварин. Слід зазначити, що використання люмінесцентного методу дослідження має підтверджене науково-обґрунтоване підґрунтя [13].

Незважаючи на високу ефективність вказаного методу дослідження все ж варто використовувати різні методи діагностики, зокрема й метод мікроскопічного дослідження. Такий підхід дозволяє не лише встановити діагноз але й визначити рівень тяжкості патологічного процесу. Тому після проведеного люмінесцентного дослідження собак з трихофітозом відбирали матеріал та проводили його мікроскопію. За наявності у відібраному матеріалі грибів роду *Trichophyton* виявляли міцелій, у вигляді чохла та дрібні спори, що розташовувалися всередині волоса та на його периферії. Останні мали вигляд скупчень. За морфологічними ознаками спори *T. mentagrophytes* були дрібними (рис. 1).



Рис. 1. Мікроскопічна картина відібраного матеріалу від собаки ураженого трихофітозом: наявність ниток міцелію збудника трихофітії та спори всередині волосся

При руйнуванні глибоких шарів шкіри та волоссяних цибулин у полі зору були помітні жирові крапельки, повітряні кульки та шматочки бруду.

Після проведення мікроскопії, проводили посіви на агар Сабуро з глюкозою.

При первинному відборі перші видимі ознаки росту колоній грибів відмічали до сьомої доби інкубації. Колонії були пухкими, сніжно-білими; частина міцелію виступала над середовищем у вигляді

добре виражених пухнастих відростків у вигляді «промінчиків».

Упродовж наступних семи-восьми діб колонії поступово збільшувалися в розмірах, ставали більш щільними. Добре помітні на початку росту «промінці» трансформувалися в борозенки, що розходилися радіально від підвищеного центру колонії. До десятого-тринадцятого дня колонія повністю заповнювала всю поверхню чашки Петрі,

при цьому її центральна частина (початкова точка росту) зміщувалася з до центру чашки. Пухкий

міцелій ставав щільним та набував молочно-сірого кольору (рис. 2).



Рис. 2. Ріст колонії гриба роду *Trichophyton* на агарі Сабуро з глюкозою

Дослідники Kaufmann et al., 2016 виділяли дерматофіти при посівах на різних поживних середовищах. Автори зазначають, що культуральний метод діагностики дерматофітозів у собак і котів є одним із найбільш ефективних ефективних [12].

Наступним кроком було проведення лікування собак хворих на дерматофітози. Незважаючи на широкий вибір різних етіотропних засобів на ринку ветеринарних препаратів, на сьогодні гостро стоїть потреба в пошуку нових удосконалених схем застосування цих засобів та їх поєднання з іншими симптоматичними препаратами з метою підвищення ефективності проведеного лікування. Про це свідчать результати численних досліджень науковців та практикуючих фахівців з ветеринарної медицини [3, 5, 6, 9, 10]. Про необхідність комплексного підходу в лікуванні тварин за шкірних захворювань грибкової етіології вказують українські дослідники [4]. Тож, до питання лікування хворих собак нами здійснено комплексний підхід. При цьому було

підібрано засоби етіотропної терапії вітчизняного виробництва, що є економічно виправданими й широкодоступними для споживачів на ринку ветеринарних препаратів України.

Так, для різних груп тварин було підібрано схеми лікування з етіотропними препаратами, що різнилися між собою за діючими речовинами. При цьому порівнювали антимікотичну дію кетоконазолу (препарат «Скінгارد»), і клотримазолу (препарат «Санодерм») які є похідними імідазолдіоксолану. Механізм дії обох діючих речовин, що входять до складу препаратів полягає у пригніченні синтезу ергостеролу. Це призводить до руйнування мембрани дерматофітів. Паралельно досліджували згубну дію препаратів на *Staphylococcus* spp. який зазвичай присутній на шкірі уражених тварин збудниками дерматофітії.

В процесі лікування собак виявлено певні відмінності в терапевтичній дії різних схем лікування та змін в окремих показниках прояву хвороби (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння схем лікування собак за ураження шкіри патогенними грибами роду *Trichophyton*, % (n=5)

Показник	Група собак, препарат	Доби дослідження									
		5		7		10		14		21	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Свербіж уражених ділянок тіла	перша дослідна, «Санодерм» + «Ветдерм»	40	60	20	80	0	100	0	100	0	100
	друга дослідна, «Скінгارد» + «Ветдерм»	100	0	80	20	0	100	0	100	0	100
Виділення гнійного екссудату	перша дослідна, «Санодерм» + «Ветдерм»	60	40	40	60	0	100	0	100	0	100
	друга дослідна, «Скінгارد» + «Ветдерм»	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Загосння грибкових ран	перша дослідна, «Санодерм» + «Ветдерм»	80	20	80	20	100	0	100	0	100	0
	друга дослідна, «Скінгارد» + «Ветдерм»	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
Відростання шерстного покриву	перша дослідна, «Санодерм» + «Ветдерм»	0	100	0	100	80	20	100	0	100	0
	друга дослідна, «Скінгارد» + «Ветдерм»	0	100	0	100	60	40	60	40	60	40

Примітки: «+» – характеризує відсоток тварин у яких зафіксовано наявність вказаного показнику, ознаки; «-» – характеризує відсоток тварин у яких зафіксовано відсутність вказаного показнику, ознаки.

Зокрема, у собак з першої дослідної групи, яким застосовували препарат «Санодерм» в поєднанні з суспензією «Ветдерм», вже починаючи з 5-ї доби після початку лікування ознаки свербіжу зникли у 60 % тварин, з 7-ї доби – у 80 %, а з 10-ї доби, свербіж зник у всіх тварин з дослідної групи. Варто наголосити, що на 5-ту та 7-му доби досліді у 60 % тварин з дослідної групи зафіксовано продовження виділення гнійного ексудату, на 10-ту добу кількість таких тварин зменшилася до 40 %, а починаючи з 14-ї доби досліді у всіх тварин з групи виділення гнійного ексудату із уражених ділянок тіла припинилося повністю, тріхофітозні вогнища в цей період були вже сухими.

Початок загоєння ран, що утворилися на місці ураження грибом почали спостерігати з 5-ї доби досліді. Кількість тварин у яких почався процес загоєння на 5-ту та 7-му добу досліді склала 80 %. Вже з 10-ї доби досліді у всіх тварин кількість таких тварин збільшилася до 100 %. Перші ознаки відростання шерстного покриву у 80 % тварин з дослідної групи нами зафіксовано з 10-ї доби досліді, а на 14-ту добу досліді у всіх тварин з групи уражені грибом ділянки шкіри мали помітний ріст волосяного покриву.

Аналізуючи результати бактеріологічних досліджень біологічного матеріалу від тварин з першої дослідної групи, які в якості лікування отримували препарат «Санодерм» в поєднанні з суспензією «Ветдерм», встановлено, що на 14 добу від початку проведення лікування у посівах з дослідного матеріалу від однієї тварини на агарі Сабуро з глюкозою був зафіксований ріст одиничних колоній грибів з роду *Trichophyton* (рис. 3).

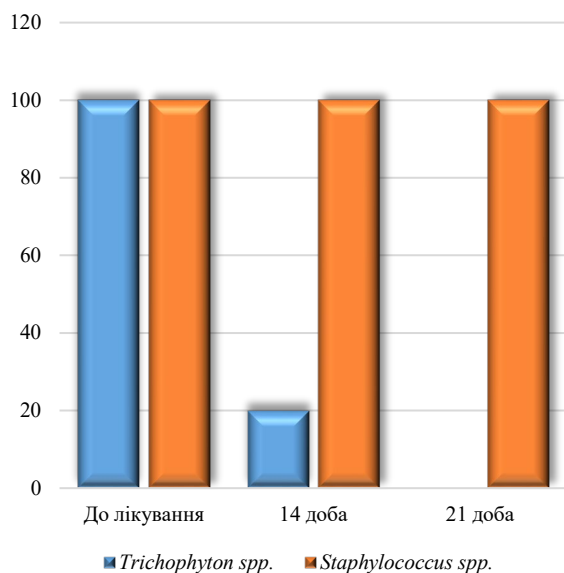


Рис. 3. Результати бактеріологічних досліджень біологічного матеріалу від тварин першої дослідної групи у процесі лікування, % (n=5)

Варто відмітити, що вже на 21-шу добу від початку лікування росту грибів з роду *Trichophyton* у матеріалі від тварин дослідної групи виявлене не було. Поряд з тим, дослідженнями встановлено, що як на 14-ту так і на 21-шу добу досліді у всіх собак з

дослідної групи на сольовому середовищі зафіксовано ріст мікроорганізмів *Staphylococcus* spp.

Аналізуючи дані щодо терапевтичної ефективності препарату «Скінгارد» в поєднанні з суспензією «Ветдерм», які використовували для лікування собак з другої дослідної групи виявлені певні відмінності, порівняно з тваринами першої дослідної групи. Зокрема, на з 5-ту добу після початку лікування ознаки свербіжу були присутні в усіх тварин з дослідної групи, а на 7-му добу вони зникли лише у 20 % тварин, однак з 10-ї доби, свербіж зник у всіх тварин з дослідної групи. Кращою порівняно з першою дослідною групою («Санодерм» + «Ветдерм») виявилася ситуація щодо виділення гнійного ексудату з уражених ділянок тіла. Так, вже з 5-ї доби від початку лікування виділення гнійного ексудату із уражених ділянок тіла не фіксували. Також, починаючи з 5-ї доби від початку лікування почався процес загоєння у всіх тварин з групи. Перші ознаки відростання шерстного покриву у 60 % тварин з дослідної групи нами зафіксовано починаючи з 10-ї доби досліді. Слід звернути увагу на те, що як на 14-ту так й на 21-шу добу досліді цей показник так і залишився на рівні 60 % у всіх тварин з групи уражені грибом ділянки шкіри мали помітний ріст волосяного покриву.

Аналізуючи результати бактеріологічних досліджень біологічного матеріалу від тварин з другої дослідної групи, які в якості лікування отримували препарат «Скінгارد» в поєднанні з суспензією «Ветдерм», встановлено, що на 14-ту та 21-шу добу відпочатку проведення лікування у посівах з дослідного матеріалу на агарі Сабуро був зафіксований ріст одиничних колоній грибів з роду *Trichophyton* (рис. 4).

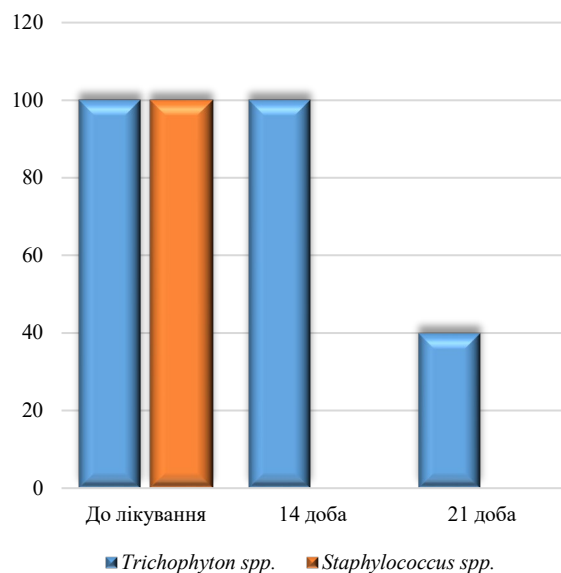


Рис. 4. Результати бактеріологічних досліджень біологічного матеріалу від тварин другої дослідної групи у процесі лікування, % (n=5)

Зокрема, на 14-ту добу від початку лікування, ріст грибів з роду *Trichophyton* виявлено у зразках біологічного матеріалу від усіх тварин з дослідної групи. Гриби проростали на поживному середовищі, хоча перші ознаки росту з'явилися пізніше, ніж при посіві

первинно відібраного матеріалу. Вже на 21-у добу ріст грибів виявлено у зразках лише від 2-х тварин.

Слід зазначити, що як на 14-ту так і на 21-шу доби від початку проведення лікування у посівах з дослідного матеріалу не зафіксовано ріст мікроорганізмів *Staphylococcus* spp.

Аналізуючи два випадки з ростом грибів роду *Trichophyton* встановлено, що вік хворих тварин становив 8 та 10 років, у вказаних собак було визначено ожиріння. При дослідженні матеріалу від них – зішкрібків шкіри та шерсті, що відібралися на периферії вогнища, були виявлені скупчення спор. Більшість із них являли собою конгломерати, що склалися зі зруйнованих структур. Але деякі не були зруйновані. З відібраного матеріалу був отриманий ріст на агарі Сабуро з глюкозою. З матеріалу від одного собаки на поживному середовищі виросла одна колонія; у іншого – дві. У цих тварин незважаючи на відсутність ексудації та гнійних виділень алопеції почали заростати лише після 21 доби від початку лікування. Додатково їм застосовували препарати «Вітазал» та «Тіатріазолін».

Таким чином можна зазначити, що кожен конкретний випадок хвороби у тварини є унікальним і потребує особливого комплексного підходу.

Проблеми, з якими стикаються лікарі практичної медицини при лікуванні собак, хворих на трихофітію можуть бути пов'язані зі звиканням патогенних грибів до діючої речовини препарату, що призводить до зниження чи навіть втрати ефективності лікування. Тому актуальним питанням у даний час є вивчення антимікотичних властивостей протигрибкових засобів та причин їх низької ефективності у ряді випадків. Mawby et al., 2018 висвітлили на широкий загал дані, відповідно до яких протигрибкові засоби на основі ітраконазолу є ефективними при захворювання грибового генезу у котів, а застосування таких препаратів не призводило до погіршення клінічного стану хворих [13]. Також, дію ітраконазолу вивчали у своїх роботах Cabañero-Resta et al., 2024 та ряд інших авторів [5, 11, 16]. Зацікавленість даним засобом пов'язана з його високою ефективністю при лікуванні широкого спектру патологій, що викликані патогенними грибами. Резистентність до азолів розвивається повільно та зазвичай є результатом кількох генетичних мутацій. Наприклад, Gyanfosu et al., 2018 встановлено високу ефективність міконазолу стосовно грибів роду *Candida* [10].

Також, слід зазначити важливість у патогенезі розвитку запальних процесів за трихофітії, зокрема ускладнення процесу бактеріями стафілококової групи (*Staphylococcus* spp.).

Дані дослідників Clark et al., 2016 свідчать про наявність бактерицидного ефекту відносно стафілококів окремих мікотичних засобів, зокрема міконазолу [7]. Crowley & Gallagher, 2014 та Sian-Marie Frosini & Bond, 2017 за результатами досліджень виявили відсутність росту стафілококів при за використання клотримазолу [8, 15]. Згідно з результатами наших досліджень, у посівах від тварин, яким застосовували «Санодерм», на сольовому середовищі та на агарі Сабуро з глюкозою,

стафілококи вирости навколо подрібнених шерстин та частинок епідермісу. Ріст був інтенсивний як при посівах на 14-ту добу так і на 21-шу (коли сам дерматофіт не проростав).

При застосуванні препарату «Скінгارد» стафілококів у посівах на агарі Сабуро з глюкозою не було виявлено.

В Україні хвороби м'ясоїдних тварин викликані збудниками викликані грибами *Trichophyton* spp. реєструють досить часто, про що свідчать численні праці дослідників [17–20], тож питання проведення лікувальних заходів наразі є надзвичайно актуальним. Наразі проблемою в лікуванні хворих на трихофітію тварин є те, що на ринку України тривалий час були відсутні специфічні засоби для профілактики та лікування дерматомікозів. Також, відсутність масштабної вакцинації у наших реаліях призводила до втрати імунітету, зниження опірності організму тварин до збудників даного захворювання. В сукупності, це сприяло створенню передумов для ще більш масштабного спалаху хвороб грибової етіології, що може мати негативні наслідки також і для здоров'я людей. Таким чином, апробація схем лікування тварин за трихофітії є актуальним питанням, адже дає можливість рекомендувати практикуючим лікарям ветеринарної медицини ефективні схеми лікування.

Нашими дослідженнями встановлено, що обидві схеми лікування виявилися ефективними, однак мікоцидна дія після застосування хворим собакам мазі «Санодерм» у поєднанні з суспензією «Ветдерм» проявлялася швидше. Однак, препарат «Санодерм» не проявляв бактерицидної дії щодо стафілококів. Очевидно, бактерії цієї групи були нечутливими до гентаміцину сульфату, що входив до складу даного препарату. В той же час, виражений бактерицидний вплив на стафілококи проявляв препарат «Скінгارد». Можна зробити припущення, що саме з такою дією пов'язане швидке припинення гнійних процесів.

Отож, отримані в результаті проведених нами досліджень дані дозволяють ветеринарним спеціалістам у максимально короткі терміни відновити стан здоров'я домашніх улюбленців зважаючи на особливості перебігу захворювання (ускладнені чи не ускладнені мікроорганізмами *Staphylococcus* spp.). Такий підхід дає можливість попередити довготривале обсіменіння об'єктів довкілля спорами патогенних грибків, що є небезпечними як для тварин так і для людей.

Висновки

Встановлено, що схеми лікування собак які включають препарати «Санодерм» у поєднанні з суспензією «Ветдерм», та «Скінгارد» у поєднанні з суспензією «Ветдерм» проявили мікоцидний ефект за терапії собак уражених грибами роду *Trichophyton*. Визначено, що лікування собак препаратами «Санодерм» і «Ветдерм» призводило до швидкого руйнування патогенного гриба *Trichophyton* spp., що підтверджено низькою інтенсивністю росту останнього на агарі Сабуро на 14 добу (ріст одиничних колоній) та відсутністю росту дерматофіта у

посівах з матеріалу на 21 добу, однак запропонований комплекс препаратів не забезпечував згубної дії відносно *Staphylococcus* spp. Таким чином, дана схема може бути рекомендована для лікування трихофітії собак за відсутності ускладнення процесу мікроорганізмами *Staphylococcus* spp. Схема лікування «Скінгارد» і «Ветдерм» проявила менш виражений мікоцидний ефект щодо *Trichophyton* spp. На 14 та 21 добу експерименту у 40 % тварин з дослідної групи був отриманий ріст окремих колоній гриба роду *Trichophyton*. Поряд з тим, від жодної собаки з дослідної групи ріст стафілококів у ці терміни дослідження не виявляли, що вказує на виражену бактерицидну дію хлоргексидину диглюконату який входить до складу препарату та пояснює швидке припинення гнійних процесів в ділянці запалення. Отож, запропонована схема лікування може бути рекомендована за ураження шкірних покривів собак грибами з роду *Trichophyton* у поєднанні зі *Staphylococcus* spp.

Перспективи подальших досліджень будуть направлені на підбір препаратів для підвищення мікоцидної ефективності засобу «Скінгارد» за рахунок синергічної дії підібраного комплексного лікування.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Zazharskyi, V. V., & Movkalova, H. S. (2014). Osoblyvosti diahnostryky ta likuvannya dermatomikoziv m'iasoidnykh v umovakh pryvatnoi likami veterynarnoi medytsyny mista Dnipropetrovska. *Problemy Zoonzhenerii i Veterynarnoi Medytsyny*, 28 (2), 567–572. [in Ukrainian]
- Korchan, L. M., Kone, M. S., Korchan, M. I., & Onishchenko, O. M. (2015). Porivniannya skhem likuvannya dermatofitoziv sobak i kotiv. *Problemy Zoonzhenerii i Veterynarnoi Medytsyny*, 31 (2), 86–88. [in Ukrainian]
- Martynshyn, V. (2018). Investigation of the parameters of acute and acute toxicity of the “VetMicoDerm” liniment under the skin application. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20 (92), 59–63. <https://doi.org/10.32718/nvivet9212>
- Shulyak, S., Marchenko, T., Chechet, O., Gaidey, O., Romanko, M., Myagka, K., Dobrozhanyan, Y., & Stupak, O. (2023). Diagnosis and prevalence of dermatomycosis among dogs and cats in kyiv in the period from 2019 to 2022. *One Health Journal*, 1 (III), 36–41. <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2023-III-05>
- Cabañero-Resta, G. J., Sánchez-Dengra, B., Ruiz-Picazo, A., Bermejo, M., Merino, V., Gonzalez-Alvarez, I., & Gonzalez-Alvarez, M. (2024). Pharmaceutical compounding in veterinary medicine: suspension of itraconazole. *Pharmaceutics*, 16 (5), 576. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16050576>
- Clark, S. M., Loeffler, A., & Bond, R. (2015). Susceptibility in vitro of canine methicillin-resistant and -susceptible staphylococcal isolates to fusidic acid, chlorhexidine and miconazole: opportunities for topical therapy of canine superficial pyoderma. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 70 (7), 2048–2052. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv056>
- Clark, S., Loeffler, A., Schmidt, V. M., Chang, Y., Wilson, A., Timofte, D., & Bond, R. (2016). Interaction of chlorhexidine with trisEDTA or miconazole in vitro against canine methicillin-resistant and -susceptible *Staphylococcus pseudintermedius* isolates from two UK regions. *Veterinary Dermatology*, 27 (5), 340. <https://doi.org/10.1111/vde.12357>
- Crowley, P. D., & Gallagher, H. C. (2014). Clotrimazole as a pharmaceutical: past, present and future. *Journal of Applied Microbiology*, 117 (3), 611–617. <https://doi.org/10.1111/jam.12554>
- Degreef, H. J., & DeDoncker, P. R. G. (1994). Current therapy of dermatophytosis. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 31 (3), S25–S30. [https://doi.org/10.1016/s0190-9622\(08\)81263-7](https://doi.org/10.1016/s0190-9622(08)81263-7)
- Gyanfosu, L., Koffuor, G. A., Kyei, S., Ababio-Danso, B., Pefrah-Donkor, K., Nyansah, W. B., & Asare, F. (2017). Efficacy and safety of extemporaneously prepared miconazole eye drops in *Candida albicans*-induced keratomycosis. *International Ophthalmology*, 38 (5), 2089–2100. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0707-z>
- Hasbach, A. E., Langlois, D. K., Rosser, E. J., & Papich, M. G. (2017). Pharmacokinetics and relative bioavailability of orally administered innovator-formulated itraconazole capsules and solution in healthy dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31 (4), 1163–1169. <https://doi.org/10.1111/jvim.14779>
- Kaufmann, R., Blum, S. E., Elad, D., & Zur, G. (2016). Comparison between point-of-care dermatophyte test medium and mycology laboratory culture for diagnosis of dermatophytosis in dogs and cats. *Veterinary Dermatology*, 27 (4), 284. <https://doi.org/10.1111/vde.12322>
- Mawby, D. I., Whittemore, J. C., Fowler, L. E., & Papich, M. G. (2018). Comparison of absorption characteristics of oral reference and compounded itraconazole formulations in healthy cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 252 (2), 195–200. <https://doi.org/10.2460/javma.252.2.195>
- Moriello, K. A., Coyner, K., Paterson, S., & Mignon, B. (2017). Diagnosis and treatment of dermatophytosis in dogs and cats. *Veterinary Dermatology*, 28 (3), 266. <https://doi.org/10.1111/vde.12440>
- Frosini, S.-M., & Bond, R. (2017). Activity in vitro of clotrimazole against canine methicillin-resistant and susceptible *Staphylococcus pseudintermedius*. *Antibiotics*, 6 (4), 29. <https://doi.org/10.3390/antibiotics6040029>
- Willems, L., van der Geest, R., & de Beule, K. (2001). Itraconazole oral solution and intravenous formulations: a review of pharmacokinetics and pharmacodynamics. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 26 (3), 159–169. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2710.2001.00338.x>
- Labunska, O.-L. I., Hunchak, V. M., Gutty, B. V., Khariv, I. I., & Soltys, M. P. (2023). Dermatomycosis in cats (prevalence, diagnosis, course, treatment). *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 25 (112), 34–41. <https://doi.org/10.32718/nvivet11205>
- Iovenko, A. V., Panikar, I. I., Yusyp, V. M., & Platonova, M. H. (2019). Epizootologichnyi monitoring dermatomikoziv kotiv v misti Odesa. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria. Veternarni Nauky*, 93, 74–79. [in Ukrainian]
- Chupryna, M., Ivanchenko, I., & Severyn, R. (2022). Diagnosis and spread of dermatomycosis among small breed dogs in Ternopil. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 180–185. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.22>
- Bila, N. V., Hlebeniuk, V. V., Zubkov, V. V., & Voronov, T. V. (2014). Epizootologichni osoblyvosti dermatomikoziv u misti Dnipropetrovsk. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta ekolohichnoho Kontroliu Resursiv APK Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 2 (3), 63–67. [in Ukrainian]

ORCID

- | | | |
|---------------|---|---|
| O. Peredera |  | https://orcid.org/0000-0002-8613-6827 |
| R. Peredera |  | https://orcid.org/0000-0002-9906-1211 |
| I. Lavrinenko |  | https://orcid.org/0000-0003-3883-4134 |
| M. Petrenko |  | https://orcid.org/0000-0002-5275-9401 |



2025 Peredera O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Diagnosis of lymphoma in cats: a brief overview of the problem

D. Bilyi  | O. Suprunenko

Article info

Correspondence Author

D. Bilyi

E-mail:

dmdmbelyi@ukr.netDnipro State Agrarian and
Economic University,
Serhii Efremov Str., 25,
Dnipro, 49600, Ukraine**Citation:** Bilyi, D., & Suprunenko, O. (2025). Diagnosis of lymphoma in cats: a brief overview of the problem. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 188–192. doi: 10.31210/spi2025.28.02.29

Lymphoma is the most common neoplasm in cats. Although hematopoietic tumors account for approximately one-third of all tumors in cats, 90 % of them are lymphomas. Given the controversial nature of many aspects of feline lymphoma verification, an analysis of current diagnostic tests was conducted to further develop an effective step-by-step algorithm for disease detection. Feline lymphoma manifests in various anatomical forms, including alimentary/gastrointestinal, nasal, mediastinal, peripheral nodal, laryngeal/tracheal, renal, central nervous system, cutaneous, and hepatic, with alimentary lymphoma being the most common. The multifaceted nature of the lesions results in a significant diversity of clinical signs, making early detection of the disease difficult. Among the minimally invasive diagnostic methods for lymphoma in cats, ultrasound and X-ray scanning of the chest and abdominal cavities, as well as lymph nodes, are most widely used. Modern visual diagnostics of lymphoma involves the use of computer and magnetic resonance imaging, which are more informative, but currently have limited use (mainly due to the lack of such equipment in veterinary medicine institutions and the high cost of the study). The results of hematological and biochemical tests to a greater extent reflect paraneoplastic syndromes, are characterized by significant fluctuations in indicators. The most important stage in making a final diagnosis is the differential diagnosis of lymphoma lesions, primarily from inflammatory infiltrates. The modern scheme is based on a step-by-step strategy of histomorphological evaluation of biopsy specimens with subsequent immunophenotyping and determination of the clonality of infiltrating T- or B-cells using polymerase chain reaction. This stepwise approach helps to pathomorphologically differentiate neoplastic from inflammatory lymphocytes in biopsy specimens, thereby contributing to the prediction of clinical outcome and the selection of appropriate therapy. The prospect of further research involves improving existing diagnostic schemes for the purpose of early diagnosis of the disease.

Keywords: cats, tumors, lymphoma, ultrasonography, radiography, histopathology, hematological and biochemical parameters.

Діагностика лімфоми у котів: короткий огляд проблеми

Д. Д. Білий | О. О. Супруненко

Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет,
м. Дніпро, Україна

Лімфома є найпоширенішим новоутворенням у котів. Хоча гемопоетичні пухлини становлять приблизно третину всіх пухлин у котів, 90 % з них представлені лімфомами. Виходячи із дискусійності багатьох аспектів верифікації лімфом у котів, проведено аналіз сучасних діагностичних тестів для подальшої розробки ефективного поетапного алгоритму виявлення захворювання. Лімфома котів проявляється в різних анатомічних формах, включаючи аліментарну/шлунково-кишкову, назальну, медіастинальну, периферичну вузлову, гортанну/трахеальну, ниркову, центральної нервової системи, шкірну та печінкову, найчастішою з яких є аліментарна лімфома. Багатогранність уражень зумовлює значне різноманіття клінічних ознак, що ускладнює виявлення захворювання на ранніх стадіях. Серед малоінвазивних діагностичних методів за лімфоми у котів найбільш широко використовуються ультразвукове та рентгенологічне сканування грудної і черевної порожнин, а також лімфатичних вузлів. Сучасна візуальна діагностика лімфоми передбачає використання комп'ютерної і магнітно-резонансної томографії, які є більш інформативними, але наразі мають обмежене використання (головним чином із-за відсутності такого обладнання у закладах ветеринарної медицини і високої вартості дослідження). Результати гематологічних і біохімічних тестів у більшому ступені відображають паранеопластичні синдроми, характеризуються значним коливанням показників. Найбільш важливим етапом постановки остаточного діагнозу є диференційна діагностика лімфомних уражень, насамперед, від запальних інфільтратів. Сучасна схема базується на поетапній стратегії гістоморфологічної оцінки зразків біопсії з подальшим імунофенотипуванням та визначення клональності інфільтруючих Т- або В-клітин за допомогою полімеразної ланцюгової реакції. Такий поетапний підхід допомагає патоморфологічно диференціювати у біопсійних зразках неопластичні лімфоцити від запальних, тим самим сприяючи прогнозуванню клінічного результату та вибору відповідної терапії. Перспектива подальших досліджень передбачає удосконалення існуючих діагностичних схем з метою ранньої діагностики захворювання.

Ключові слова: коти, пухлини, лімфома, ультрасонографія, рентгенографія, гістопатологія, гематологічні і біохімічні показники.

Бібліографічний опис для цитування: Білий Д. Д., Супруненко О. О. Діагностика лімфоми у котів: короткий огляд проблеми. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 188–192.

Рак є основною причиною смерті собак і третьою за поширеністю причиною смерті котів. Коли траєкторія кінця життя пацієнта з раком наближається до смерті, спостерігається слабкість, функціональна недостатність, дискомфорт, біль і, зрештою, загибель [33].

Лімфома – це новоутворення лімфоїдної тканини, яке може проявлятися локалізованими або системними клінічними ознаками. На відміну від собак, які зазвичай мають мультицентричне захворювання, переважно вражаючи лімфоїдні органи (зокрема, лімфатичні вузли), лімфома у котів може проявлятися вісцеральним (селезінка/печінка/кишечник), екстранодальним (ЦНС/шкіра) або нодальним ураженням. Причому, діагностику захворювання, на тлі значної варіабельності клінічних ознак, ускладнюють інші мляві форми лімфоми, зокрема за локалізації у грудній і черевній порожнинах, а також безсимптомний перебіг деяких підшкірних або мультицентричних форм [21].

Згідно спостережень Rogato et al. (2023), найпоширенішими анатомічними формами були медіастинальна (42 %), дисемінована хвороба (30 %) та ниркова (15 %), причому всі коти мали проміжну та великоклітинну лімфому. У випадку неможливості визначення категорії, автори рекомендують класифікувати лімфому як «дисеміноване захворювання». Аномалії на візуалізації, які не були взяті до аналізу, вважалися пов'язаними з лімфомою на основі звітів візуалізації, клінічної картини та думки лікаря первинної діагностики [26].

Складність диференціальної діагностики лімфаденопатії, яка може супроводжувати лімфому, пов'язана також із множинністю етіологічних чинників – від вірусних інфекцій до тяжких аутоімунних захворювань та злоякісних новоутворень. При цьому, важливим є ретельний збір анамнезу та клінічне обстеження. В окремих випадках можуть знадобитися додаткові обстеження [1].

Діагностика лімфоїдної неоплазії починається з ретельного клінічного анамнезу та фізикального обстеження, після чого використовується клініко-патологічна мінімальна база даних (CBC/Chem/Diff/UA) та медична візуалізація. Усі системи класифікації лімфом спираються на морфологію пухлини та пухлинних клітин. Усі схеми класифікації лімфоїдних новоутворень спочатку були розроблені для людей, але їх подальше застосування у ветеринарній медицині виявило вражаючий рівень варіативності лейкої та лімфоми тварин. Після встановлення діагнозу лімфоїдної неоплазії або якщо початкова мікроскопія є сумнівною, показана додаткова підтверджувальна діагностика та фенотипування неопластичних клітин [27].

Об'єктивна діагностика лімфоми у котів можлива лише за індивідуального вибору методів її верифікації у кожного пацієнта, що пов'язано із відсутністю у більшості випадків патогномонічних симптомів (зокрема, МРТ-ознак за нервової форми) [7]. Верифікація лімфоми потребує аналітичної оцінки результатів клінічних, лабораторних та апаратних досліджень пацієнта, але остаточний діагноз

як правило базується на гістопатологічних даних та фенотипуванні [11].

Широкий спектр клінічних ознак, подібних із новоутвореннями інших нозологічних форм, а також реєстрація неспецифічних уражень лімфомою, обмежує можливості їх використання у діагностиці захворювання. Зокрема, Bandinelli et al. (2020) довели, що у собак найпоширенішими серед злоякісних неоплазій із високим ризиком дисемінування пухлинних клітин є лімфома очей і рак молочної залози, тоді як у котів основним метастатичним/багатоцентричним новоутворенням були лімфома, рак легень або плоскоклітинний рак [3].

Проте, за первинного прийому можна приймати до уваги частоту реєстрації різних типів лімфом. Зокрема, за даними Almendros et al. (2024), мультицентрична лімфома була третьою за поширеністю категорією (11,3 % усіх лімфом) і вражала переважно лімфатичні вузли ший: 46 % були лімфомами ший, 30 % – вражали лише нижньощелепні або підщелепні лімфатичні вузли, 8% – вражали лише ретрофарингеальні лімфатичні вузли [2].

Статистично, екстранодальний тип лімфоми, а саме ниркова форма, виявляється у 7–30 % випадків, переважно у котів старше п'яти років. Екстранодальна лімфома характеризується локальним ураженням таких органів, як ніс, очі, шкіра, центральна нервова система та нирки. У котів зазвичай спостерігається двостороннє ураження нирок з можливим метастатичним ураженням печінки та легень. Клінічні ознаки ниркової лімфоми неспецифічні та варіабельні, типові для гострої ниркової недостатності, та проявляються загальним виснаженням, поліурією, полідипсією та реномегалією [24].

Використання ультразвукового дослідження для диференціації запальних та неопластичних інфільтративних захворювань знаходиться в центрі уваги останніх досліджень. Однак для виявлення інфільтративних кишкових захворювань ультразвукове дослідження є кращим [13].

Діагностична значимість ультразвукового дослідження залежить від локалізації. Ультрасонографія селезінки та печінки є специфічною, але не чутливою у виявленні лімфоматозної інфільтрації. Леопардово-плямиста паренхіма селезінки у собак є високоспецифічною для лімфоматозної інфільтрації та передбачає наявність специфічного імунофенотипу мультицентричної лімфоми [30].

Серед методів виявлення неоплазійних уражень лімфатичних вузлів у котів використовується еластографія та контрастно-підсилена ультрасонографія, які надають важливі дані щодо диференціації доброякісних та злоякісних пухлин у котів. Ці неінвазивні методи візуалізації є безпечними та можуть бути легко виконані на тваринах без седатії, що є цікавими методами для дослідження неоплазій та метастазів у різних тканинах та органах [8].

Запропоновано використання мультимодальної візуалізації для диференціації злоякісних мезентеріальних (лімфома), фіброзних (еозинофільний склерозуючий лімфаденіт) та реактивних (реактивна вузлова гіперплазія) лімфатичних вузлів у котів. Однак лімфа-

тичні вузли з лімфомою та лімфаденітом демонстрували певний ступінь перекриття в класифікації. Деякі фіброзні лімфатичні вузли отримали вищі бали в ультразвуковій класифікації та показали більшу жорсткість при еластографії, як-от лімфатичні вузли, уражені лімфомою [9].

Результати дослідження Feliciano et al. (2015) демонструють, що запалення шлунку та лімфома у котів можуть проявляти різні ознаки в В-режимі та за допомогою CEUS (УЗД з контрастним підсиленням). Коти з запаленням шлунку INF та LGAL демонструють значне перекриття як якісних, так і кількісних параметрів, як у В-режимі, так і в CEUS методах, що ще раз підтверджує складність розрізнення цих двох станів. Натомість, HGAL показав чітко визначені характеристики В-режиму та CEUS, достатні для диференціації їх від інших фізіологічних та патологічних станів [10].

Marconato et al. (2024) наголошують на важливості біопсії повної товщини для оцінки трансмуральної інфільтрації та рекомендуються «обережне» використання брижових лімфатичних вузлів для гістологічної, імуногістохімічної та клональної оцінки за лімфом слизової оболонки. Незважаючи на обмеження, це дослідження підкреслює необхідність комплексних діагностичних стратегій у котів з кишковою лімфомою [17].

Диференціація лімфоми від запального процесу, які за ураження кишечника мають подібні ознаки, потребує проведення імуногістохімічного дослідження та/або клонального тестування [19].

Marsilio et al. (2020) для диференціації лімфоцитарно-плазмоцитарної ентеропатії від дрібноклітинної лімфоми рекомендують Мас-спектрометрію під гістологічним контролем, яка має переваги порівняно з тестами, які наразі вважаються сучасними [18].

Діагностична візуалізація котячого черепа може бути складною частково через його малий розмір. Збільшення доступності комп'ютерної томографії та магнітно-резонансної томографії зменшило кількість рентгенологічних досліджень черепа, що проводяться у ветеринарній медицині [14].

Візуалізація лімфоми носової порожнини та навколоносових пазух у котів за допомогою звичайної рентгенографії все ще є поширеною. Однак інформація, отримана за допомогою цієї методики, обмежена, головним чином через накладання анатомічних структур. Рентгенологічні дані звичайної рентгенографії можуть бути значно розширені за допомогою комп'ютерної томографії (КТ) [31].

За лімфомного ураження хребта, яке клінічно характеризується ознаками прогресуючого неврологічного дефіциту (зазвичай гострого або підгострого, з парпарезом), діагностичне підтвердження проводиться за результатами дослідження спинномозкової рідини, точкової анатомії, хірургічної біопсії або їх комбінації. Результати МРТ-досліджень щодо локалізації та поширення ураження/уражень є цінними. Гістопатологія уражень – варіабельна, більшість пухлин класифікуються як проміжні. Швидка та точна ідентифікація процесу, що полегшується МРТ та підтверджена цитологією, може дозволити краще консультувати власників, з більш

раннім та точнішим лікуванням, що може призвести до покращення прогнозу [16].

Комп'ютерне томографічне дослідження використовується для діагностики патології внутрішніх органів, пов'язаних із лімфомою. Зокрема, визначення причин гепатомегалії є важливою для диференціації печінкового ліпідозу від печінкової інфільтрації лімфоми печінки [23].

Цитологія залишається швидким, неінвазивним та ефективним інструментом для діагностики котячої лімфоми. Однак, деякі унікальні особливості котячої лімфоми необхідно розпізнавати, щоб ефективно використовувати цей інструмент для встановлення первинного діагнозу. У випадках, коли популяція малих лімфоцитів аспірується з органу або тканини, гістопатологія часто потрібна для остаточного підтвердження діагнозу лімфоми [32].

Цитологічні дослідження біопсійного матеріалу є одним із основних методів діагностики лімфоми для підтвердження непереконливих результатів. Процедури біопсії зазвичай проводяться в певних ділянках, таких як периферичні лімфатичні вузли, шкіра, очні ділянки або носові області. Такий підхід дозволяє поставити більш точний діагноз і сприяє належному лікуванню захворювання [29].

Для розширеної діагностики необхідні цитологічні тести, які можна виконати на мазках, щоб передбачити імунофенотип лімфом. Тобто, одночасно із клінічними методами діагностики лімфоми у котів, важливим для прогнозування перебігу захворювання і розробки протоколів лікування є імунофенотипування для визначення їх В-клітинного або Т-клітинного походження. Sawa et al. (2015) розробили метод фарбування MIF, який ефективно розрізняв імунофенотипи лімфоцитів з високою специфічністю та чутливістю із використанням одного зразка мазка. Автори В- та Т-клітини виявляли на основі специфічної флуоресценції у заморожених зрізах з використанням фіксації формаліном без відновлення антигену (AR) [28].

Імуногістохімія – це метод, який використовує взаємодію антиген-антитіло для виявлення специфічних білків у клітинах. Цей метод має кілька важливих застосувань у діагностиці лімфоми, включаючи ідентифікацію клітинної лінії та фази дозрівання, виявлення специфічних генетичних змін, візуалізацію ступеня проліферації клітин та ідентифікацію терапевтичних мішеней. CD3 – це пан-Т-клітинний маркер, який експресується на більшості зрілих Т/NK-клітинних лімфом, за винятком анапластичної великоклітинної лімфоми, тоді як CD20 – це пан-В-клітинний маркер, який експресується на більшості зрілих В-клітинних лімфом. CD79a може бути гарною альтернативою CD20, компенсуючи його втрату через плазмоцитарну диференціацію пухлинних клітин або історію введення ритуксимабу. CD56, нейроендокринний маркер, використовується як NK-клітинний маркер у діагностиці лімфоми. Характерні транслокації, що виникають у фолікулярній лімфомі (*BCL2*) та мантийноклітинній лімфомі (*CCND1*), можна виявити за допомогою надмірної експресії Bcl-2 та цикліну D-1 в імуногістохімії відповідно. Ki-67 відображає ступінь проліферації пухлинних

клітин, вказуючи на клітини у фазах клітинного циклу, відмінних від G0 [6].

Імуногістохімічно визначена інтенсивна експресія маркера CD79a та висока експресія маркера Ki-67 вказують на розвиток дифузної В-клітинної лімфому з несприятливим прогнозом [24].

Імунофенотипування лімфом котів на основі цитології з різних лабораторій та різних цитологів в одній лабораторії суттєво відрізняється і не повинно вважатися надійним. Для опису лімфому котів необхідні специфічні цитологічні критерії. Зокрема, Gambini et al. (2021) встановили високу варіабельність між спостерігачами за оцінки більшості ознак, за винятком наявності або відсутності цитоплазматичних вакуолей, які частіше зустрічалися у В-клітинних лімфомах [12].

Поєднання звичайної гістопатології та імуногістохімії залишається чинним золотим стандартом тесту, але клініцистам слід бути обережними щодо перекласифікації у котів запальних захворювань кишечника на лімфому, на основі тестування клональності [25].

За окремих анатомічних локалізацій лімфому у котів, наприклад орбітального ураження, гістопатологія перевершує цитологію у встановленні остаточного діагнозу. Одночасно, мінімально інвазивні методи біопсії тканин є безпечними та ефективними [15].

Burnett et al. (2003) повідомляли про цінність молекулярного аналізу клональності лімфоцитів як допоміжного засобу для діагностики лімфому собак, але застосування таких методів до неопластичних лімфоцитів котів було обмеженим. Оскільки клональність є ознакою злоякісного новоутворення, автори розробили аналіз, який використовує полімеразну ланцюгову реакцію для ампліфікації варіабельних ділянок генів імуноглобулінів та генів Т-клітинних рецепторів для виявлення наявності клональної популяції лімфоцитів. Аналіз розведення показав, що клональну перебудову можна виявити, коли 0,1–10 % ДНК походить з неопластичних клітин, залежно від вихідної тканини. Потенційні застосування цього аналізу включають діагностику лімфому або лейкомії у зразках біопсії, порожнинних рідинах, тонко-голкових аспіратах, кістковому мозку та периферичній крові; визначення лінії (В- або Т-клітинної); стадію лімфому; та виявлення залишкової хвороби після хіміотерапії [5].

Хоча рутинні гематологічне і біохімічне дослідження мають низьку діагностичну цінність для верифікації лімфому у котів, ретельна оцінка їх результатів є першим важливим кроком для виявлення даного захворювання, насамперед для визначення паранеопластичних змін [4].

Таким чином, незважаючи на зростаючий інтерес до проблеми верифікації різних типів лімфом у котів з боку клініцистів та патологоанатомів, проспективних досліджень було мало, а інтерпретація відповідної літератури часто складна через неоднорідність випадків. За лімфому котів недостатньо вивченими залишаються питання щодо інформативності клітинних маркерів. Одночасно, наразі жоден діагностичний критерій чи відомий біомаркер не дозволяє достовірно диференціювати запальні

ураження від неопластичних лімфопроліферацій. Діагноз найбільш часто встановлюється шляхом об'єднання всіх доступних клінічних та діагностичних даних [20].

Висновки

Метою огляду було здійснення аналізу сучасних діагностичних тестів для подальшої розробки ефективного поетапного алгоритму виявлення лімфом у котів. Верифікація лімфому у котів повинна ґрунтуватись на комплексному підході із урахуванням індивідуальних особливостей ураження. Діагностика лімфому у котів починається зі збору та аналізу даних анамнезу, сигналізації, клінічних ознак, результатів фізикального огляду та визначення ретровірусного статусу kota. Клінічні прояви лімфому у котів можуть бути різноманітними, але анамнез, клінічний огляд та результати ультразвукового дослідження можуть бути предикторами та допомогти спрямувати подальші тести. Рентгенологічна діагностика, хоча й може бути корисним методом при підозрі на лімфому у котів, має обмеження в її ефективності. Зазвичай, рентгенографія дає загальну картину, але не може точно встановити тип та стадію захворювання. Для об'єктивної діагностики лімфому потрібні інші методи, такі як біопсія лімфовузлів, кісткового мозку, або інших уражених тканин. Заключний етап діагностики лімфому котів передбачає імунофенотипування. Результати комплексної оцінки діагностичних тестів слугують підґрунтям для розробки лікувальних протоколів.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Ali, M., Elhatw, A., Hegazy, M., Albeyoumi, H., Sakr, N., Deyab, A. M., Soliman, A. Y., Said, E., Samir Elbehwashy, A., Nassar, M., & Alfshawy, M. (2022). The evaluation of lymphadenopathy in a resource-limited setting. *Cureus*, 14 (10), e30623. <https://doi.org/10.7759/cureus.30623>
2. Almendros, A., Chan, L.-K., dos Santos Horta, R., Nekouei, O., Hill, F., & Giuliano, A. (2024). Description and characterization of different types of lymphoma in cats in Hong Kong. *Animals*, 14 (11), 1654. <https://doi.org/10.3390/ani14111654>
3. Bandinelli, M. B., Viezzer Bianchi, M., Wronski, J. G., Santos de Mello, L., Blanco DeMartini, R., Savi, C., Sonne, L., Driemeier, D., & Petinatti Pavarini, S. (2020). Ophthalmopathologic characterization of multicentric or metastatic neoplasms with an extraocular origin in dogs and cats. *Veterinary Ophthalmology*, 23 (5), 814–827. <https://doi.org/10.1111/vop.12803>
4. Barrs, V., & Beatty, J. (2012). Feline alimentary lymphoma: 1. Classification, risk factors, clinical signs and non-invasive diagnostics. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 14 (3), 182–190. <https://doi.org/10.1177/1098612x12439265>
5. Burnett, R. C., Vernau, W., Modiano, J. F., Olver, C. S., Moore, P. F., & Avery, A. C. (2003). Diagnosis of canine lymphoid neoplasia using clonal rearrangements of antigen receptor genes. *Veterinary Pathology*, 40 (1), 32–41. <https://doi.org/10.1354/vp.40-1-32>
6. Cho, J. (2022). Basic immunohistochemistry for lymphoma diagnosis. *Blood Research*, 57 (S1), S55–S61. <https://doi.org/10.5045/br.2022.2022037>

7. Durand, A., Keenihan, E., Schweizer, D., Maiolini, A., Guevar, J., Oevermann, A., & Gutierrez-Quintana, R. (2022). Clinical and magnetic resonance imaging features of lymphoma involving the nervous system in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36 (2), 679–693. <https://doi.org/10.1111/jvim.16350>
8. Ercolin, A. C. M., Uchôa, A. S., Aires, L. P. N., Gomes, D. R., Tinto, S. T., Feliciano, G. S. M., & Feliciano, M. A. R. (2024). Use of new ultrasonography methods for detecting neoplasms in dogs and cats: a review. *Animals*, 14 (2), 312. <https://doi.org/10.3390/ani14020312>
9. Febo, E., Del Signore, F., Bernabò, N., Paolini, A., Simeoni, F., De Bonis, A., Rosto, M., Canal, S., & Vignoli, M. (2023). Ultrasonography and sonoelastography characteristics of benign vs. malignant mesenteric lymph nodes in cats: an update. *Animals*, 13 (16), 2664. <https://doi.org/10.3390/ani13162664>
10. Feliciano, M. A. R., Maronezi, M. C., Brito, M. B. S., Simões, A. P. R., Maciel, G. S., Castanheira, T. L. L., Garrido, E., Usategui, R. R., Miceli, N. G., & Vicente, W. R. R. (2015). Doppler and Elastography as complementary diagnostic methods for mammary neoplasms in female cats. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67 (3), 935–939. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8114>
11. Freiche, V., Fages, J., Paulin, M. V., Bruneau, J., Couronné, L., German, A. J., Penninck, D., & Hermine, O. (2021). Clinical, laboratory and ultrasonographic findings differentiating low-grade intestinal T-cell lymphoma from lymphoplasmacytic enteritis in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (6), 2685–2696. <https://doi.org/10.1111/jvim.16272>
12. Gambini, M., Martini, V., Bernardi, S., Caniatti, M., Gelain, M. E., Roccabianca, P., & Comazzi, S. (2021). Cytology of feline nodal lymphoma: low interobserver agreement and variable accuracy in immunophenotype prediction. *Journal of Comparative Pathology*, 184, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2021.01.007>
13. Gaschen, L. (2011). Ultrasonography of small intestinal inflammatory and neoplastic diseases in dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 41 (2), 329–344. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.01.002>
14. Holmes, S. P. (2020). Diagnostic imaging of diseases of the skull. *Feline Diagnostic Imaging*, 47–75. <https://doi.org/10.1002/9781118840931.ch5>
15. Isaza, D., Robinson, N. A., Pizzirani, S., & Pumphrey, S. A. (2020). Evaluation of cytology and histopathology for the diagnosis of feline orbital neoplasia: 81 cases (2004-2019) and review of the literature. *Veterinary Ophthalmology*, 23 (4), 682–689. <https://doi.org/10.1111/vop.12776>
16. Lorenzo, V., Ribeiro, J., Bernardini, M., Mínguez, J. J., Moral, M., Blanco, C., Loncarica, T., Gamito, A., & Pumarola, M. (2022). Clinical and magnetic resonance imaging features, and pathological findings of spinal lymphoma in 27 cats. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.980414>
17. Marconato, L., Martini, V., Banco, B., Benali, S., Crocchianti, V., Iussich, S., Marino, M., Massaro, M., Pagano, T. B., & Aresu, L. (2024). The diagnostic relevance of mesenteric lymph node biopsy in small intestinal lymphoma in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38 (4), 2316–2323. <https://doi.org/10.1111/jvim.17095>
18. Marsilio, S., Newman, S. J., Estep, J. S., Giarretta, P. R., Lidbury, J. A., Warry, E., Flory, A., Morley, P. S., Smoot, K., Seeley, E. H., Powell, M. J., Suchodolski, J. S., & Steiner, J. M. (2020). Differentiation of lymphocytic-plasmacytic enteropathy and small cell lymphoma in cats using histology-guided mass spectrometry. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34 (2), 669–677. <https://doi.org/10.1111/jvim.15742>
19. Marsilio, S. (2021). Differentiating inflammatory bowel disease from alimentary lymphoma in cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 51 (1), 93–109. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.09.009>
20. Marsilio, S., Freiche, V., Johnson, E., Leo, C., Langerak, A. W., Peters, I., & Ackermann, M. R. (2023). ACVIM consensus statement guidelines on diagnosing and distinguishing low-grade neoplastic from inflammatory lymphocytic chronic enteropathies in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37 (3), 794–816. <https://doi.org/10.1111/jvim.16690>
21. Mason, S., & Pittaway, C. (2022). Feline lymphoma: diagnosis, staging and clinical presentations. *In Practice*, 44 (1), 4–20. <https://doi.org/10.1002/inpr.163>
22. Menzies, R. A., Reiter, A. M., & Lewis, J. R. (2014). Assessment of apical periodontitis in dogs and humans: a review. *Journal of Veterinary Dentistry*, 31 (1), 8–21. <https://doi.org/10.1177/089875641403100101>
23. Oh, N., Lee, K., Chung, J., Ahn, J., Choi, S., & Park, I. (2019). Computed tomography diagnosis of secondary hepatic lipidosis in an awake cat with alimentary lymphoma. *Korean Journal of Veterinary Service*, 42 (4), 279–283.
24. Oriekhova, K., & Shchebentovska, O. (2023). Pathomorphology of the renal form of lymphoma in cats. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14 (1), 3–9. <https://doi.org/10.15421/022301>
25. Paulin, M. V., Couronné, L., Beguin, J., Le Poder, S., Delverdier, M., Semin, M.-O., Bruneau, J., Cerf-Bensussan, N., Malamut, G., Cellier, C., Benckroun, G., Turet, L., German, A. J., Hermine, O., & Freiche, V. (2018). Feline low-grade alimentary lymphoma: an emerging entity and a potential animal model for human disease. *BMC Veterinary Research*, 14 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1635-5>
26. Rogato, F., Tanis, J. B., Pons Gil, B., Pittaway, C., Johnston, C. A., & Guillén, A. (2023). Clinical characterisation and long-term survival of paediatric and juvenile lymphoma in cats: 33 cases (2008-2022). *Journal of Small Animal Practice*, 64(12), 788–796. <https://doi.org/10.1111/jsap.13667>
27. Rütgen, B. C., & Bouschor, J. (2022). Classification and general features of lymphoma and leukemia. *Schalm's Veterinary Hematology*, 528–537. <https://doi.org/10.1002/9781119500537.ch65>
28. Sawa, M., Yabuki, A., Setoguchi, A., & Yamato, O. (2015). Development and application of multiple immunofluorescence staining for diagnostic cytology of canine and feline lymphoma. *Veterinary Clinical Pathology*, 44 (4), 580–585. <https://doi.org/10.1111/vcp.12300>
29. Siripoonsub, J., Sirivisoot, S., Techangamsuwan, S., & Rungsipat, A. (2024). Histopathological patterns and immunophenotyping of feline lymphomas and incidence in Metropolitan Bangkok, Thailand. *Veterinary World*, 2225–2234. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.2225-2234>
30. Sumping, J. C., Maddox, T. W., Killick, D., & Mortier, J. R. (2021). Diagnostic accuracy of ultrasonography to detect hepatic and splenic lymphomatous infiltration in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 63 (2), 113–119. <https://doi.org/10.1111/jsap.13438>
31. Turek, W., Pietsch-Fulbiszewska, A., Ramisz, G., & Aleksiewicz, R. (2022). CT review of upper respiratory disorders in domestic cat. *Medycyna Weterynaryjna*, 78 (5), 222–228. <https://doi.org/10.21521/mw.6644>
32. Twomey, L. N., & Alleman, A. R. (2005). Cytodiagnosis of feline lymphoma. *Compendium*, 27 (1), 17–30.
33. Villalobos, A., & Hershey, B. (2023). Cancers in dogs and cats. *Hospice and Palliative Care for Companion Animals*, 121–137. <https://doi.org/10.1002/9781119808817.ch10>

ORCID

D. Bilyi  <https://orcid.org/0000-0003-3896-0384>
O. Suprunenko  <https://orcid.org/0009-0006-6978-145X>



2025 Bilyi D. and Suprunenko O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Clinical, hematological, and imaging markers of immune-inflammatory response in Feline Coronavirus Infection

O. Galatiuk | S. Tkachyivskyi | T. Romanishina | A. Lakhman | V. Behas

Article info

Correspondence Author
T. Romanishina
E-mail:
tveterinar@gmail.com

Polissia National University,
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine

Citation: Galatiuk, O., Tkachyivskyi, S., Romanishina, T., Lakhman, A., & Behas, V. (2025). Clinical, hematological, and imaging markers of immune-inflammatory response in Feline Coronavirus Infection. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 193–200. doi: 10.31210/spi2025.28.02.30

Feline Infectious Peritonitis (FIP) is a severe and often fatal viral disease caused by mutant strains of feline coronavirus. FIP remains one of the most challenging infections in veterinary medicine. Therefore, the investigation of clinical, imaging, and hematological markers of the immune-inflammatory response in FIP is a relevant direction in contemporary veterinary research. The study was conducted during 2023–2025 on 33 domestic cats, which were divided into three groups: Group 1 included 10 clinically healthy cats; Group 2 comprised 14 cats with a confirmed diagnosis of the effusive (wet) form of FIP; Group 3 consisted of 9 cats with the non-effusive (dry) form of the disease. The diagnosis was established based on clinical findings, hematological and imaging examinations, and immunological data. Key clinical markers of the dry form included emaciation, generalized lymphadenopathy, neurological signs, or ophthalmic involvement. In contrast, ascites was most commonly observed in the wet form. Thoracic radiographs of affected cats revealed pneumonia with focal or diffuse pulmonary changes, interstitial infiltrates, and, in some cases, pleural effusion. Abdominal structural alterations indicated the presence of exudative ascites. Ultrasonography revealed hepatic parenchymal hypoechogenicity and hyperechoic fibrinous strands in the abdominal fluid. These imaging findings support the presence of cytokine dysregulation and viral macrophage tropism, indicating the involvement of the immune system in FIP pathogenesis. Hematological analyses showed a statistically significant ($p < 0.01$; $p < 0.001$) reduction in erythrocyte count, hemoglobin concentration, and hematocrit levels in affected cats, regardless of the disease form. In cats with the wet form of FIP, leukogram changes reflected a hyperactive inflammatory response: a significant ($p < 0.001$) increase in the relative numbers of monocytes and segmented neutrophils, alongside a significant ($p < 0.001$) decrease in lymphocyte percentages. The dry form was characterized by band neutrophilia (65.67 ± 2.00), indicative of chronic inflammation. Both forms demonstrated statistically significant ($p < 0.05$... $p < 0.001$) elevations in several biochemical parameters, including glucose, urea, cholesterol, total and direct bilirubin, total protein, as well as the activities of alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, amylase, and gamma-glutamyltransferase. Identified changes in hematological, biochemical, and imaging parameters may serve as supplementary diagnostic markers in the comprehensive diagnosis of feline infectious peritonitis.

Keywords: Feline Coronavirus, Feline Infectious Peritonitis, immunoinflammatory response, haematological markers, clinical indications, imaging diagnostics, immunity.

Клінічні, гематологічні та візуалізаційні маркери імунізапальної відповіді за коронавірусної інфекції у котів

О. Є. Галатюк | С. П. Ткачівський | Т. О. Романишина | А. Р. Лахман | В. Л. Бегас

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Інфекційний перитоніт котів (*Feline Infectious Peritonitis, FIP*) – важке, летальне вірусне захворювання, яке викликається мутантними штамами котячого коронавірусу. FIP залишається однією з найбільш проблемних інфекцій у ветеринарній медицині. У зв'язку з цим дослідження маркерних ознак (клінічних, візуалізаційних та гематологічних) імунізапальної відповіді за FIP є актуальним напрямом сучасної ветеринарії. Дослідження проводили протягом 2023–2025 років на 33 домашніх котках, які були розподілені на три групи: перша група – 10 клінічно здорових тварин; друга група – 14 котів із підтвердженим діагнозом вологої форми FIP; третя група – 9 тварин із сухою формою хвороби. Діагноз встановлювали комплексно на основі клінічних ознак, результатів гематологічних, візуалізаційних та імунологічних досліджень. Основні клінічні маркери сухої форми інфекційного перитоніту котів проявлялися виснаженням, генералізованою лімфаденопатією, ознаками ураження центральної нервової системи або офтальмопатії. За вологої форми найчастіше реєстрували асцит. При проведенні рентгенографії грудної порожнини у хворих котів виявляли пневмонії, що характеризувалися вогнищевими або дифузними змінами в легеневій тканині, наявністю інтерстиціальних інфільтратів та інколи – накопиченням плеврального ексудату. Структурні зміни у черевній порожнині свідчать про ознаки ексудативного асциту. Ультразвукові дослідження виявили гіпоехогенність печінкової паренхіми, гіперехогенні включення рідини черевної порожнини у вигляді фібринових тяжів. Візуалізаційні маркери підтверджують цитокінове порушення та макрофаготропність вірусу, що свідчить про залучення імунної системи до патогенезу захворювання. Гематологічними дослідженнями хворих котів, встановлено, незалежно від форми прояву хвороби, достовірне ($p < 0.01$; $p < 0.001$) зниження кількості еритроцитів, гемоглобіну та показника гематокриту. Зміни у лейкограми котів, хворих вологою формою FIP, відображають гіперактивну імунізапальну відповідь: відносна кількість моноцитів та сегментоядерних нейтрофілів достовірно ($p < 0.001$) збільшена, а відносна кількість лімфоцитів достовірно ($p < 0.001$) зменшена. Суха форма FIP характеризується паличкоядерною нейтрофілією (65.67 ± 2.00), що підтверджує наявність хронічного запального процесу. Для вологої та сухої форм FIP характерне статистично значуще ($p < 0.05$... $p < 0.001$) підвищення біохімічних показників, зокрема рівнів глюкози, сечовини, холестерину, загального та прямого білірубину, загального білка, а також активності аланінамінотрансферази, аспартатамінотрансферази, амілази і гамма-глутамілтрансферази. Встановлені достовірні зміни гематологічних, біохімічних показників та результати візуалізаційних досліджень можуть слугувати додатковими маркерами для комплексної діагностики інфекційного перитоніту котів.

Ключові слова: коронавірусна інфекція, інфекційний перитоніт котів, імунізапальна відповідь, гематологічні маркери, клінічні ознаки, візуалізаційна діагностика, імунітет.

Бібліографічний опис для цитування: Галатюк О. Є., Ткачівський С. П., Романишина Т. О., Лахман А. Р., Бегас В. Л. Клінічні, гематологічні та візуалізаційні маркери імунізапальної відповіді за коронавірусної інфекції у котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 193–200.

Вступ

Коронавірус котів (*FCoV*) є представником роду *Alphacoronavirus* – групи оболонкових РНК-вірусів із позитивним геномом, які широко поширені серед домашніх котів у всьому світі [1, 12]. *FCoV* існує у двох основних біотипах: ентеритному (*FECV*), що зазвичай спричиняє легку або безсимптомну інфекцію шлунково-кишкового тракту, та вірусі інфекційного перитоніту котів (*FIPV*), який є результатом мутації *FECV* в організмі інфікованої тварини та призводить до розвитку фатального системного захворювання – інфекційного перитоніту котів (*FIP*) [23].

Висока частота мутацій у *FCoV* пов'язана з особливостями його РНК-полімерази, що призводить до утворення численних генетичних варіантів вірусу, відомих як квазивиди. Ці квазивиди формують складну популяційну структуру, яка дозволяє вірусу адаптуватися до змін у середовищі господаря та уникати імунної відповіді. Зокрема, мутації в генах, що кодують структурні білки, такі як білки пепломерів (S), а також аксесорні білки, наприклад ORF7a, були пов'язані з підвищеною вірулентністю та здатністю вірусу інфікувати макрофаги, що є ключовим етапом у патогенезі *FIP* [14].

Після мутації *FECV* набуває тропізму до макрофагів, що дозволяє вірусу поширюватися системно та викликати хронічне запалення, васкуліт і утворення гранулом у різних органах. Клінічно *FIP* проявляється у двох формах: вологій (інфузійній), що характеризується накопиченням рідини в порожнинах тіла, та сухій (неінфузійній), при якій спостерігаються ураження органів без значного випоту [7]. Обидві форми мають високу летальність, особливо серед молодих та тварин вродженими або набутими імунodefіцитними станами *FIP* [14].

Клінічні ознаки інфекційного перитоніту можуть бути варіабельними, оскільки до процесу можуть залучатися багато органів, включаючи печінку, нирки, підшлункову залозу, очі, а також ЦНС [2, 3, 15]. Деякі науковці виділяють три форми *FIP*: перша – інфузійна, ексудативна, волога форма; друга – неінфузійна, неексудативна, суха, гранулематозна, паренхіматозна форма; третя – змішана форма [9, 11]. Перша форма характеризується фібринозним перитонітом, плевритом або перикардитом з випотами в черевній порожнині, грудній клітці та/або перикарді відповідно [8, 10]. Друга форма без явних випотів характеризується гранулематозними змінами в різних органах, включаючи очі, а також ЦНС [8, 16]. У котів з сухою формою *FIP* ознаки часто нечіткі і включають лихоманку, втрату ваги, млявість і зниження апетиту [4]. При ураженні легень у котів спостерігають задишку, а при рентгенографії грудної клітки виявляють плямисті ущільнення в легенях [8]. При розвитку запального процесу у черевній порожнині збільшуються мезентеріальні лімфатичні вузли, нирки набувають неправильної форми, а в інших органах утворюються пухлини [11]. У котів з інфекційним перитонітом часто спостерігаються ураження очей. Найбільш поширеним, але неочевидним ураженням очей є зміни сітківки. Легкий увеїт може проявлятися

зміною кольору райдужної оболонки. Зазвичай, частина або вся райдужка стає коричневою, хоча блакитні очі іноді здаються зеленими [5].

Не існує специфічних ультразвукових або рентгенологічних ознак інфекційного перитоніту. Однак при ультразвукових дослідженнях або рентгенографії виявляють випіт у черевній порожнині. Шляхом ультрасонографії виявляють абдомінальну лімфаденопатію та/або аномалії печінки, селезінки, кишківника та/або нирок (які можуть включати ознаку медулярного обідка), залежно від того, які органи уражені [3, 21].

Молекулярно-генетичними методами дослідженнями випоту хворих на *FIP* котів виявляють нуклеотидні послідовності *FCoV* у 72–100 % котів [22]. Остаточний діагноз науковці підтверджували при аналізі результатів цитологічних та біохімічних досліджень [13, 20]. Незважаючи на значний прогрес у розумінні молекулярної біології *FCoV* [12], діагностика та лікування *FIP* залишаються складними завданнями.

Мета дослідження

Мета роботи: проаналізувати клінічні, гематологічні та візуалізаційні маркери, що відображають імунозапальну відповідь при коронавірусній інфекції у котів.

Завдання досліджень:

- дослідити клінічні прояви коронавірусної інфекції у котів, що можуть свідчити про розвиток імунозапальної відповіді;
- проаналізувати зміни гематологічних показників у котів із підтвердженим діагнозом коронавірусної інфекції;
- оцінити дані методів візуальної діагностики для виявлення характерних змін, пов'язаних з імунозапальним процесом.

Матеріали і методи

Дослідження проводилося протягом 2023–2025 років на базі кафедри ветеринарної епідеміології Поліського національного університету. Частина клінічних спостережень і лабораторних досліджень здійснено у ветеринарній клініці «Вет Центр» (м. Ірпінь, Україна). Об'єктом дослідження стали 33 домашні коти, які були розподілені на три групи: перша (контрольна) група – 10 клінічно здорових тварин; друга група – 14 котів із підтвердженим діагнозом вологої форми інфекційного перитоніту; третя група – 9 тварин із сухою формою хвороби.

Клінічне обстеження тварин охоплювало оцінку апетиту, поведінкових реакцій, вгодованості та морфотипу, стану шерстного покриву та шкіри. Також фіксували основні фізіологічні показники: температуру тіла, частоту серцевих скорочень і дихальних рухів. Методом пальпації черевної порожнини визначали наявність болісності в ділянках проєкції кишечника та печінки, а також виявляли можливі пухлинні утворення.

Гематологічні показники (вміст гемоглобіну, гематокрит, кількість еритроцитів, лейкоцитів,

тромбоцитів, індекси стабілізованої крові) визначали за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора Micro-20Plus (виробник: PZ Cormay S.A., Польща). Біохімічні параметри сироватки крові, включно з концентрацією загального білка, активністю ферментів АЛАТ, АсАТ, амілази, ГГТП, ЛФ, а також рівнями сечовини, креатиніну, холестерину, загального білірубину та глюкози, досліджували з використанням автоматичного біохімічного аналізатора HTI BioChem FC-120 (США) із застосуванням реактивів фірми PZ Cormay S.A. (Польща). Візуалізаційні дослідження: УЗД хворих котів проводили апаратом LOGIO P6 PRO, рентгенографію – апаратом Univet.

Діагноз встановлювали комплексно на основі клінічних ознак, результатів гематологічних і візуалізаційних досліджень, а також даних експрес-тесту на виявлення антитіл до коронавірусу котів, «FCoV Ab, Vet Expert» і наявності імуноглобулінів комплексних до протеїну N оболонки коронавірусу (ELISA).

Статистичну обробку отриманих даних проводили за допомогою програмного забезпечення *Microsoft Office Excel 2021, Statistica 7.0*.

Результати та їх обговорення

При обстеженні хворих на коронавірус котів відмічали гіпертерімію (до 41,5 °C), анорексію, загальне пригнічення, кишкові розлади, а також респіраторні прояви у вигляді слизових виділень з носа, чхання та кашлю. Суха форма інфекційного перитоніту характеризувалась виснаженням, генералізованою лімфаденопатією, ознаками ураження центральної нервової системи або офтальмопатії (*рис. 1 А*). При вологій формі виявляли збільшення об'єму черевної порожнини, що зумовлено накопиченням трансудату (*рис. 1 Б*).



Рис. 1. А – Клінічний стан kota хворого сухою формою інфекційного перитоніту (FIP); Б – Виснаження та апатичний стан kota хворого на вологу форму інфекційного перитоніту (FIP)

Методи візуалізаційної діагностики дозволили виявити структурні зміни, зумовлені імунозапальним процесом, а також диференціювати характер перебігу захворювання між вологою та сухою формами інфекційного перитоніту котів.

При проведенні рентгенографії у хворих котів виявляли запалення легень (*рис. 2 А*), з вогнищевими або дифузними змінами в легеневій тканині, наявністю інтерстиціальних інфільтратів та інколи – накопиченням плеврального ексудату. На рентгенограмі у латеральній та вентродорсальній проєкціях (*рис. 2 Б* та *рис. 2 В*) встановлено виражене зниження рентгеноконтрастності структур черевної порожнини. Контури органів, таких як печінка, селезінка та кишківник, стерті, що свідчить про накопичення вільної рідини в порожнині живота. Також реєстрували помірне здавлення діафрагмальної частини грудної порожнини внаслідок підвищеного внутрішньочеревного тиску.

Подібна рентгенологічна картина є характерною для вологої форми FIP, що супроводжується ексудативним асцитом. а при проведенні ультразвукових досліджень наявність випоту, ураження печінки, селезінки, кишечника (*рис. 3*).

Причиною вологої форми FIP є гіперергічна імунна відповідь третього типу, за якої циркулюючі імунні комплекси (вірус–антитіло) осідають у стінках кровоносних судин, спричиняючи периваскулярний васкуліт та підвищення проникності судин. Це веде до виходу білкового ексудату в порожнину тіла – насамперед у червну (*рис. 2 В*). При цьому клітинна імунна відповідь або недостатня, або взагалі пригнічена, що дозволяє вірусу активно реплікуватися в інфікованих макрофагах. Саме макрофаготропність вірусу та цитокінові порушення сприяють прогресуванню ексудативної форми [17].



Рис. 2. Рентгенографія грудної (А) та черевної (Б) порожнини кота, хворого на вологу форму інфекційного перитоніту (FIP), В – випіт рідини у черевну порожнину, Univet

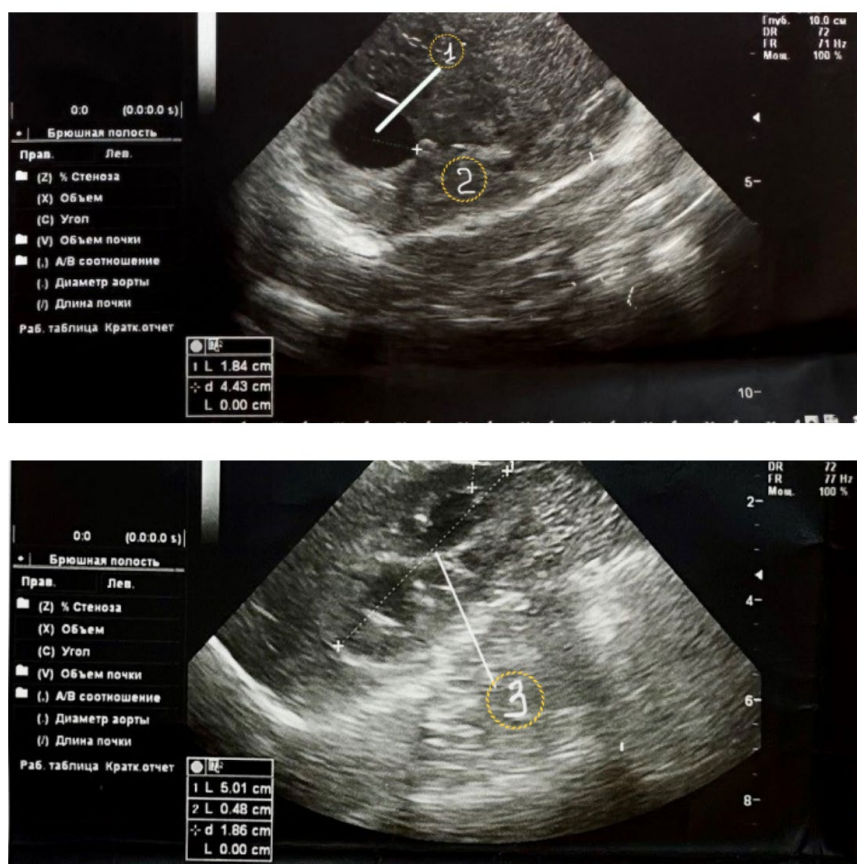


Рис. 3. Ультразвукове дослідження черевної порожнини кота з вологою формою інфекційного перитоніту (FIP): 1 – жовчний міхур; 2 – зміни печінки; 3 – нирка, LOGIO P6 PRO

Ультразвукове дослідження виявило велику кількість анекогенної рідини у черевній порожнині. Окрім цього, виявлено гіпоехогенність печінкової

паренхіми, що свідчить про дистрофічні зміни або запальну інфільтрацію (*рис. 3*). У рідині черевної порожнини візуалізуються гіперехогенні включення у

вигляді фібринових тяжів, що свідчить про наявність ексудативного процесу. Зареєстрована також лімфаденомегалія, яка розцінюється як маркер активації імунної відповіді [4, 13].

Отримані дані свідчать про наявність ексудативного асцити і запальної реакції, спричинених васкулітом на фоні імунокомплексної реакції. Під впливом вірусу, що реплікується в макрофагах, активується стимуляція продукції прозапальних цитокінів (IL-1, IL-6, TNF- α), що сприяє ураженню ендотелію судин і виходу плазми в порожнину живота [17]. Перерозподіл імунної відповіді у бік гуморального імунітету та недостатня клітинна

реакція (відсутність ефективної CD8⁺ Т-клітинної відповіді) дозволяє вірусу продовжувати персистувати в організмі [19].

Поглиблений аналіз клініко-візуалізаційної діагностики свідчить про системний характер запального процесу та залучення імунної відповіді різного ступеня інтенсивності. Для виявлення об'єктивних лабораторних маркерів імунозапального процесу були проведені гематологічні дослідження.

Кількісні параметри еритроцитів та тромбоцитів у котів, хворих вологою та сухою формами інфекційного перитоніту представлені у **таблиці 1**.

Таблиця 1

Морфологічні показники крові у котів, хворих на інфекційний перитоніт

Форма хвороби	Кількість еритроцитів, Т/л	Середній об'єм еритроцита, фл	Ширина розподілення еритроцитів, %	Тромбоцити, тис/мкл	Середній об'єм тромбоцита, фл
Клінічно здорові n=10	5,90 $\pm$ 0,25	62,38 $\pm$ 2,57	12,30 $\pm$ 0,57	295,40 $\pm$ 30,31	10,15 $\pm$ 0,56
Волога форма n=14	4,64 $\pm$ 0,08***	63,29 $\pm$ 1,23	11,71 $\pm$ 0,44	268,86 $\pm$ 24,11	7,21 $\pm$ 0,58***
Суха форма n=9	4,83 $\pm$ 0,08**	62,89 $\pm$ 1,49	10,82 $\pm$ 0,35*	340,00 $\pm$ 13,24	10,08 $\pm$ 0,67
Фізіологічна норма	5,5–8,5	62–72	11–14	117–460	7–12,9

Примітки: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001 – порівняно з показниками у клінічно здорових тварин.

У хворих котів, незалежно від форми прояву хвороби, встановлено достовірне (p<0,01; p<0,001) зниження кількості еритроцитів, гемоглобіну та

показника гематокриту (**табл. 2**). Також відмічається тенденція до зменшення ширини розподілення еритроцитів та середнього об'єму тромбоцитів.

Таблиця 2

Показники гемоглобіну та гематокриту у котів, хворих на інфекційний перитоніт

Форма хвороби	Гемоглобін, г/л	Гематокрит, %	Середня концентрація гемоглобіну, г/л	Середній вміст гемоглобіну, пг
Клінічно здорові n=10	145,60 $\pm$ 8,97	44,70 $\pm$ 2,01	352,50 $\pm$ 9,66	22,60 $\pm$ 0,72
Волога форма n=14	86,07 $\pm$ 1,23***	26,57 $\pm$ 0,58***	335,50 $\pm$ 10,23	20,43 $\pm$ 0,55*
Суха форма n=9	90,44 $\pm$ 1,91***	30,67 $\pm$ 1,32***	384,11 $\pm$ 2,18**	22,10 $\pm$ 0,50
Фізіологічна норма	110–190	39–56	300–380	20–25

Примітки: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001 – порівняно з показниками у клінічно здорових тварин.

Еритропенія, гіпогемоглобінемія та зниження гематокриту свідчить про розвиток анемічного синдрому, що має мультифакторну природу. Одним із ключових патогенетичних механізмів цього процесу є інтенсивна репродукція мутованого котячого коронавірусу (FCoV) у моноцитарно-макрофагальній системі [20]. Активна вірусна реплікація в макрофагах стимулює вивільнення прозапальних цитокінів, зокрема інтерлейкіну-1, інтерлейкіну-6 та фактору некрозу пухлин- α , які опосередковано пригнічують еритропоез шляхом зниження чутливості еритроїдних клітин до еритропоетину та порушення метаболізму заліза [6]. Хронічний системний запальний процес сприяє розвитку анемії,

що супроводжується скороченням тривалості життя еритроцитів і зниженням їх утворення в кістковому мозку. Таким чином, анемічні зміни є відображенням складної взаємодії між реплікацією збудника, імунною дисфункцією та вторинними метаболічними порушеннями в організмі інфікованих тварин [19].

У крові всіх дослідних котів було зареєстроване достовірне підвищення кількості лейкоцитів. При виведенні лейкограми за вологої форми інфекційного перитоніту відносна кількість моноцитів та сегментоядерних нейтрофілів достовірно (p<0,001) збільшена, а відносна кількість лімфоцитів достовірно (p<0,001) зменшена (**табл. 3**).

Таблиця 3

Показники кількості лейкоцитів та лейкограми котів, хворих на інфекційний перитоніт

Форма хвороби	Лейкоцити, Г/л	Паличкоядерні нейтрофіли, %	Сегментоядерні нейтрофіли, %	Лімфоцити, %	Моноцити, %	Еозинофіли, %	Базофіли, %
Клінічно здорові n=10	10,47 $\pm$ 0,44	3,30 $\pm$ 0,22	61,55 $\pm$ 2,01	26,20 $\pm$ 2,12	3,85 $\pm$ 0,22	3,60 $\pm$ 0,42	0,50 $\pm$ 0,18
Волога форма n=14	20,97 $\pm$ 0,45***	3,45 $\pm$ 0,17	71,43 $\pm$ 1,67***	14,41 $\pm$ 1,79***	7,14 $\pm$ 0,26***	3,36 $\pm$ 0,28	0,36 $\pm$ 0,14
Суха форма n=9	18,46 $\pm$ 0,26***	5,78 $\pm$ 0,35***	65,67 $\pm$ 2,00	21,56 $\pm$ 2,09	4,44 $\pm$ 0,26	2,56 $\pm$ 0,51	0,00 $\pm$ 0,00*
Фізіологічна норма	6–17	0–4	55–77	20–40	1–5	0–5	0–1

Примітки: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001 – порівняно з показниками у клінічно здорових тварин.

Зміни у лейкограмі котів за вологої форми інфекційного перитоніту відображають гіперактивну імунзапальну відповідь, яка індукується інтенсивною репродукцією мутованого коронавірусу котів в макрофагах. Лейкоцитоз, а також достовірне підвищення рівнів сегментоядерних нейтрофілів і моноцитів є типовими ознаками системного запалення з переважанням вродженої імунної відповіді. Активация моноцитів і нейтрофілів зумовлена вивільненням вірус-індукованих прозапальних цитокінів (IL-1 β , TNF- α , IL-6), які стимулюють проліферацію і мобілізацію цих клітин із кісткового мозку до периферичного кровотоку [17]. Натомість лімфоцитопенія, ймовірно, є наслідком цитокін-опосередкованої індукції апоптозу Т-лімфоцитів та їхнього перерозподілу в уражені тканини, що характерно для вірусних інфекцій із хронічним перебігом. Це також вказує на порушення адаптивної імунної відповіді та можливу імуносупресію, зумовлену системним виснаженням імунної системи [6].

У сукупності така лейкограма відображає інтенсивний, але дизрегульований імунзапальний процес, який лежить в основі патогенезу вологої форми FIP.

При сухій формі FIP – зареєстровано паличкоядерну нейтрофілію (*табл. 3*), що свідчить про наявність тривалого, хронічного запального процесу з ознаками інтенсивної нейтрофільної відповіді.

Таблиця 4

Рівень глюкози, білірубину, сечовини, креатиніну, холестерину у сироватці крові котів, хворих на інфекційний перитоніт

Форма хвороби	Глюкоза, ммоль/л	Білірубін загальний, мкмоль/л	Білірубін прямий, мкмоль/л	Сечовина, ммоль/л	Креатинін, мкмоль/л	Холестерин, ммоль/л
Клінічно здорові, n=10	4,33 $\pm$ 0,12	4,94 $\pm$ 0,35	0,62 $\pm$ 0,08	5,78 $\pm$ 0,54	115,00 $\pm$ 6,01	3,98 $\pm$ 0,17
Волога форма, n=14	4,91 $\pm$ 0,25*	1,94 $\pm$ 0,13***	0,52 $\pm$ 0,05	8,30 $\pm$ 0,45**	112,57 $\pm$ 5,23	11,09 $\pm$ 1,03***
Суха форма, n=9	5,16 $\pm$ 0,23**	5,16 $\pm$ 0,60	1,14 $\pm$ 0,08***	10,91 $\pm$ 0,31***	163,17 $\pm$ 3,10***	8,83 $\pm$ 0,52***
Фізіологічна норма	3,3–5	1,2–7,9	до 0,8	3,5–11	80–160	1,8–4,0

Примітки: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001 – порівняно з показниками у клінічно здорових тварин.

Такі зміни, ймовірно, відображають розвиток метаболічного дистресу, ураження печінки та нирок, а також вплив системного запалення на гомеостатичні механізми. Зокрема, гіперглікемія є маркером цитокін-індукованої інсулінорезистентності, а гіпербілірубінемія – ознакою холестазу або гепатоцелюлярної недостатності [18]. Азотемія вказує на залучення нирок у патологічний процес. Підвищення холестерину, ймовірно, пов'язане з печінковою дисфункцією і порушенням ліпідного обміну в умовах хронічного запалення.

Таблиця 5

Рівень загального білку та ферментів у сироватці крові котів, хворих на інфекційний перитоніт

Форма хвороби	Загальний білок, г/л	Аланінаміно-трансфераза, од/л	Аспартатаміно-трансфераза, од/л	Амілаза, од/л	Гамма-глутамілтрансфераза, од/л
Клінічно здорові, n=10	69,16 $\pm$ 2,15	58,59 $\pm$ 2,38	39,03 $\pm$ 2,16	915,90 $\pm$ 55,02	4,52 $\pm$ 0,28
Волога форма n=14	80,79 $\pm$ 2,50**	71,86 $\pm$ 2,80***	54,57 $\pm$ 3,13***	1752,25 $\pm$ 53,31***	9,80 $\pm$ 0,72***
Суха форма n=9	97,44 $\pm$ 4,60***	75,44 $\pm$ 6,13*	72,67 $\pm$ 7,31***	1852,89 $\pm$ 36,31***	11,14 $\pm$ 1,39***
Фізіологічна норма	55–75	50	30	500–1650	до 5

Примітки: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001 – порівняно з показниками у клінічно здорових тварин.

У патогенезі цієї форми FIP ключову роль відіграє персистуюча реплікація коронавірусу в макрофагах, що супроводжується утворенням гранульоматозних запальних вогнищ у внутрішніх органах, зокрема в лімфатичних вузлах, печінці, селезінці, головному мозку та очах [2, 20]. Тривала активація системи вродженого імунітету стимулює безперервну продукцію нейтрофілів у кістковому мозку під впливом прозапальних цитокінів і фактору стимуляції колоній гранулоцитів (G-CSF). У відповідь на підвищену потребу в нейтрофілах, зумовлену формуванням вогнищевих запальних реакцій, у периферичну кров надходять незрілі форми – зокрема паличкоядерні нейтрофіли, що є характерним маркером реактивного зсуву вліво при хронічному інфекційному процесі. Таким чином, паличкоядерна нейтрофілія за сухої форми FIP є результатом компенсаторного механізму організму у відповідь на тривале антигенне навантаження та нездатність адаптивної імунної системи ефективно елімінувати збудника, що зумовлює підтримку напруженого, але неефективного нейтрофільного запалення [18].

За біохімічного дослідження сироватки крові котів, хворих на суху форму FIP реєструється достовірне підвищення глюкози, сечовини, креатиніну, прямого білірубину, а також холестерину (*табл. 4*).

Для вологої форми FIP характерне зниження рівнів загального білірубину, підвищення рівня сечовини та холестерину (*табл. 4*), що, ймовірно, є результатом гемодилуції, обумовленої накопиченням великої кількості трансудату в порожнинах тіла, зокрема в черевній.

Результати визначення вмісту загального білку та ферментів у котів, хворих інфекційним перитонітом свідчать про достовірне (p<0,05 – p<0,001) зростання всіх показників у порівнянні із здоровими тваринами (*табл. 5*).

Біохімічні показники крові демонструють органо-специфічні ураження та порушення метаболізму організму хворих котів, зокрема гіперглікемію, гіпербілірубінемію, азотемію за сухої форми FIP, що свідчить про дисфункцію печінки та нирок на тлі хронічного запального процесу. За вологої форми FIP зниження концентрацій деяких метаболітів у сироватці крові, ймовірно, є наслідком гемодилуції через наявність великої кількості ексудату.

Проведенні нами дослідження свідчать, що окремі гематологічні та серологічні показники сироватки крові мають додаткове діагностичне значення за комплексної діагностики інфекційного перитоніту котів. Однак, Addie et al. (2022) повідомляють, що гематологічні зміни не є специфічними для інфекційного перитоніту котів. За цієї хвороби вони часто спостерігали лімфопенію, нейтрофіліоз, іноді зі зсувом вліво, а також легку або помірну нормоцитарну та нормохромну анемію [1]. Біохімічні зміни в сироватці крові також неспецифічні для котів з FIP, але певні відхилення можуть бути корисними, щоб зробити діагноз FIP більш вірогідним [6]. Wasissa et al. (2021) вказують, що високий рівень білірубину за відсутності як гемолізу, так і підвищення активності печінкових ферментів викликає підозру на інфекційний перитоніт [22]. Stranieri et al. (2020) повідомляють, що білки гострої фази (БГФ) виробляються в печінці при багатьох запальних і незапальних захворюваннях, і основним БГФ у котів є α_1 -кислий глікопротеїн (AGP) [18, 20].

Висновки

1. Основні клінічні маркери інфекційного перитоніту котів залежать від форми хвороби, але найчастіше зареєстровано: різко пригнічений стан, гіпертермію, анемію, пронос, асцит, кашель, пневмонію, жовтяницю, рідше судоми.

2. Візуалізаційними маркерами імунзапальної відповіді за коронавірусної інфекції у котів є асцит, лімфаденопатія, потовщення стінок кишківника, збільшення об'єму черевної порожнини з розширенням контурів органів та зміни в паренхімі нирок.

3. Гематологічними маркерами FIP вологої форми є достовірне ($p < 0,001$) зниження кількості еритроцитів, вмісту гемоглобіну, гематокриту, відносної кількості лімфоцитів, що супроводжується достовірним ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) підвищенням кількості лейкоцитів, сегментоядерних нейтрофілів і моноцитів.

4. Біохімічними маркерами за вологої та сухої форм інфекційного перитоніту котів є достовірне ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) підвищення рівнів глюкози, сечовини, холестерину, загального та прямого білірубину, загального білка, аланін-амінотрансферази (АЛТ), аспартатамінотрансферази (АСТ), амілази та гамма-глутамілтрансферази (ГГТ).

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Addie, D. D., Bellini, F., Covell-Ritchie, J., Crowe, B., Curran, S., Fosbery, M., Hills, S., Johnson, E., Johnson, C., Lloyd, S., & Jarrett, O. (2023). Stopping feline coronavirus shedding prevented feline infectious peritonitis. *Viruses*, 15 (4), 818. <https://doi.org/10.3390/v15040818>
- Borysevych, B., & Kotliarov, E. (2022). Histological changes in the kidneys of cats that died from infectious peritonitis. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 158–164. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.19>
- Borisevich, B., Lisova, V., & Krishtop, M. (2019). Microscopic changes in kidneys of cats at the subacute form of infectious peritonitis. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 10 (2), 13–18. <https://doi.org/10.31548/ujvs2019.02.013>
- Gözegir, B., Kiliçlioğlu, M., Bolat, İ., Baysal, S., & Çomaklı, S. (2023). A case of feline infectious peritonitis in Erzurum province: macroscopic and microscopic findings. *Journal of Veterinary Case Reports*, 3 (2), 12–16.
- Carossino, M., Del Piero, F., Lee, J., Needle, D. B., Levine, J. M., Riis, R. R., Maes, R., Wise, A. G., Mullaney, K., Ferracone, J., & Langohr, I. M. (2022). Relationship between uveal inflammation and viral detection in 30 cats with feline infectious peritonitis. *Pathogens*, 11 (8), 883. <https://doi.org/10.3390/pathogens11080883>
- Curtis, B. E., Abdo, Z., Graham, B., LaVoy, A., Evans, S. J. M., Santangelo, K., & Dean, G. A. (2024). An aptamer-based proteomic analysis of plasma from cats (*Felis catus*) with clinical feline infectious peritonitis. *Viruses*, 16 (1), 141. <https://doi.org/10.3390/v16010141>
- Decaro, N., Mari, V., Lanave, G., Lorusso, E., Lucente, M. S., Desario, C., Colaïanni, M. L., Elia, G., Ferringo, F., Alfano, F., & Buonavoglia, C. (2021). Mutation analysis of the spike protein in Italian feline infectious peritonitis virus and feline enteric coronavirus sequences. *Research in Veterinary Science*, 135, 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.12.023>
- Dunbar, D., Babayan, S. A., Krumrie, S., Haining, H., Hosie, M. J., & Weir, W. (2024). Assessing the feasibility of applying machine learning to diagnosing non-effusive feline infectious peritonitis. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52577-4>
- Galatjuk, O. Je., Peredera, O. O., Lavrinenko, I. V., & Zhemosik, I. A. (2016). *Infektsiini khvoroby kotiv. Navchalnyi posibnyk dlia vuziv II-IV rivniv akredytatsii*. Zhytomyr: «Polissia» [in Ukrainian]
- Harvey, C. J., Lopez, J. W., & Hendrick, M. J. (1996). An uncommon intestinal manifestation of feline infectious peritonitis: 26 cases (1986–1993). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 209 (6), 1117–1120.
- Hartmann, K. (2005). Feline infectious peritonitis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 35 (1), 39–79. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2004.10.011>
- Healey, E. A., Andre, N. M., Miller, A. D., Whittaker, G. R., & Berliner, E. A. (2022). Outbreak of feline infectious peritonitis (FIP) in shelter-housed cats: molecular analysis of the feline coronavirus S1/S2 cleavage site consistent with a ‘circulating virulent–avirulent theory’ of FIP pathogenesis. *Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports*, 8 (1). <https://doi.org/10.1177/20551169221074226>
- Hellems, A., Acar, D. D., Stroobants, V. J. E., Theuns, S., Desmarests, L. M. B., & Nauwynck, H. J. (2020). A comparative study of techniques used for the diagnosis of effusive feline infectious peritonitis. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 89 (2), 100–110. <https://doi.org/10.21825/vdt.v89i2.16358>
- Jiao, Z., Wang, P., Hu, X., Chen, Y., Xu, J., Zhang, J., Wu, B., Luo, R., Shi, Y., & Peng, G. (2024). Feline infectious peritonitis virus ORF7a is a virulence factor involved in inflammatory pathology in cats. *Antiviral Research*, 222, 105794. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2024.105794>
- Kalundia, A. (2024). Clinical signs and symptoms of infectious diseases in dogs and cats. *Introduction to Diseases, Diagnosis, and Management of Dogs and Cats*, 469–477. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-18548-9.00031-7>
- Khalaniia, M., Pritsak, V., & Kotsymbas, G. (2018). Pathomorphological changes in kidneys of cats at infectious peritonitis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 66–72. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8313>

17. Lakhman, A. R., Romanishina, T. A., Tkachyivskyi, S. P., & Galatiuk, O. Y. (2025). Theoretical aspects of the immunopathogenesis of coronavirus infection in cats. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 33 (1), e25022. <https://doi.org/10.15421/0225022>
18. Özbek, M., Özkan, C., Kaya, A., Yıldırım, S., Kozat, S., & Akgül, Y. (2022). Clinicopathological and biochemical evaluation of Feline Infectious Peritonitis in Turkish Van cats. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 73 (3), 4379–4388. <https://doi.org/10.12681/jhvms.27159>
19. Romanyshyna, T. O., Lakhman, A. R., Solodka, L. O., & Behas, V. L. (2024). *Veterynarna mikrobiolohiia, virusolohiia ta imunolohiia: navchalnyi posibnyk*. Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet [in Ukrainian]
20. Stranieri, A., Scavone, D., Paltrinieri, S., Giordano, A., Bonsembiante, F., Ferro, S., Gelain, M. E., Meazzi, S., & Lauzi, S. (2020). Concordance between histology, immunohistochemistry, and RT-PCR in the diagnosis of feline infectious peritonitis. *Pathogens*, 9 (10), 852. <https://doi.org/10.3390/pathogens9100852>
21. Vogel, L., Van der Lubben, M., Te Lintelo, E. G., Bekker, C. P. J., Geerts, T., Schuijff, L. S., Grinwis, G. C. M., Egberink, H. F., & Rottier, P. J. M. (2010). Pathogenic characteristics of persistent feline enteric coronavirus infection in cats. *Veterinary Research*, 41 (5), 71. <https://doi.org/10.1051/vetres/2010043>
22. Wasissa, M., Lestari, F. B., & Salasia, S. I. O. (2021). Feline coronavirus detection in clinically suspected feline infectious peritonitis cats. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3991766>
23. Yen, S.-J., & Chen, H.-W. (2021). Feline coronaviruses identified in feline effusions in suspected cases of feline infectious peritonitis. *Microorganisms*, 9 (9), 1801. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091801>

ORCID

- | | |
|---|---|
| O. Galatiuk  | https://orcid.org/0000-0002-9720-0660 |
| S. Tkachyivskyi  | https://orcid.org/0009-0005-7752-5571 |
| T. Romanishina  | https://orcid.org/0000-0003-3483-2887 |
| A. Lakhman  | https://orcid.org/0000-0002-3171-9734 |
| V. Behas  | https://orcid.org/0000-0002-1853-4700 |



2025 Galatiuk O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Treatment of domestic cats with pancreatitis

Yu. Dereza✉

Article info

Correspondence Author

Yu. Dereza

E-mail:

juliia.fedorchak.poltava@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Dereza, Yu. (2025). Treatment of domestic cats with pancreatitis. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 201–206. doi: 10.31210/spi2025.28.02.26

The treatment of domestic cats with pancreatitis is complicated. Most cases of the disease have recurrences, and therefore, the therapeutic regimen should be aimed at relieving pain, inflammation, intoxication, eliminating further progression of the disease, eliminating clinical signs, and improving the quality of life of the animal. The article emphasizes the importance of an integrated approach to treating cats with pancreatitis. The aim of the study was to analyze the effectiveness of treatment regimens for domestic cats in case of pancreatic inflammation. According to studies, 87.5 % of cats with and suspected of having pancreatitis had appetite disorders (ano-/hyporexia), dehydration (83 %), vomiting (75 %), and pain (65 %). Ultrasonography in such animals visualized hypoechoic thickening of the pancreas with a surrounding hyperechoic layer, indicating inflammatory process. In the blood serum of patients and suspected pancreatitis cats, an increase in the level of glucose (GLU) by 45.6 and 62.6 % ($P<0.001$) was recorded compared to clinically healthy animals, an increase in amylase activity (AMY) by 39.0 and 2.3 % ($P<0.001$) compared to the upper limit of physiological fluctuations, and the activity of pancreatic lipase (fPLI) by 2.2 and 1.6 times ($P<0.001$) compared to clinically healthy animals, which confirms the violation of functional state of the pancreas of animals. The use of complex treatment of cats with pancreatitis for 14 days helped to improve appetite, disappearance of pain and signs of dehydration. Hematological parameters of animals of both experimental groups improved, glucose level (GLU) ($P<0.001$), amylase activity (AMY) of the first ($P<0.01$) and second groups ($P<0.001$), pancreatic lipase activity (fPLI) of the first group ($P<0.01$) decreased. In order to support the body of cats with pancreatitis, it is necessary to control pain and adhere to a lifelong diet.

Keywords: cats, inflammation, pancreas, digestive system, metabolic disorders, animal therapy.

Лікування свійських котів за панкреатиту

Ю. Ф. Дереза

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Лікування свійських котів з панкреатитом складне. Більшість випадків захворювання мають рецидиви, а тому терапевтична схема має бути спрямована на зняття болю, запалення, інтоксикації, усунення подальшого прогресування хвороби, ліквідації клінічних ознак та покращення якості життя тварини. У статті підкреслюється важливість комплексного підходу до лікування котів за панкреатиту. Метою роботи стало проаналізувати ефективність схеми лікування свійських котів у разі запалення підшлункової залози. За проведених досліджень у 87,5 % хворих та підозрілих на панкреатит котів відмічали розлади апетиту (ано-/гіпорексію), дегідратацію (83 %), блювання (75 %), больові відчуття (65 %). Ультрасонографічно у таких тварин візуалізували гіпоехогенне потовщення підшлункової залози з навколишнім гіперехогенним шаром, що вказувало на запальний процес. У сироватці крові хворих і підозрілих на панкреатит котів реєстрували підвищення рівня глюкози (GLU) на 45,6 і 62,6 % ($P<0.001$) порівняно з клінічно здоровими тваринами, збільшення активності амілази (AMY) на 39,0 та 2,3 % ($P<0.001$) порівняно з верхньою межею фізіологічних коливань, та активності панкреатичної ліпази (fPLI) у 2,2 та 1,6 рази ($P<0.001$) порівняно з клінічно здоровими тваринами, що підтверджує порушення функціонального стану підшлункової залози тварин. Застосування комплексного лікування котам за панкреатиту протягом 14-ти днів сприяло покращенню апетиту, зникненню болочості та ознак дегідратації. Покращились гематологічні показники у тварин обох дослідних груп, знизився рівень глюкози (GLU) ($P<0.001$), активність амілази (AMY) першої ($P<0.01$) та другої груп ($P<0.001$), активність панкреатичної ліпази (fPLI) першої групи ($P<0.01$). Задля підтримки організму хворих на панкреатит котів необхідно контролювати больові відчуття та дотримуватись дієтичного харчування пожиттєво.

Ключові слова: коті, запалення, підшлункова залоза, апарат травлення, метаболічні розлади, терапія тварин.**Бібліографічний опис для цитування:** Дереза Ю.Ф. Лікування свійських котів за панкреатиту. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 201–206.

Вступ

Нині панкреатит відноситься до поширених захворювань, що пов'язано із зростанням застосування в діагностиці стану підшлункової залози у котів сучасних інформаційних технологій, доступністю неінвазивних та мінімально інвазивних методів досліджень. Патолофізіологія розвитку панкреатиту в котів дещо відмінна від такої в собак. Причини патології підшлункової залози у собак, зокрема гіперліпідемія, незбалансоване харчування, раціон з підвищеним вмістом жиру, у організмі котів не викликають значних патологічних змін. Клінічні ознаки хронічного панкреатиту у свійських котів неспецифічні, тому діагноз встановлюють не відразу. Водночас, запалення підшлункової залози в котів перебігає одночасно з іншими патологіями (запалення тонкого кишечника, ліпідоз печінки, холангіт тощо). Панкреатит може провокувати розвиток цукрового діабету, кетоацидозу.

Поліморбідна патологія підшлункової залози та інших життєво важливих органів у котів складно діагностується, тому необхідно визначити, який розлад є клінічно важливішим [9]. Проте, лікування тварин з панкреатитом залишається складним, і нині єдиного затвердженого протоколу лікування котів із запаленням підшлункової залози не існує, що вимагає комплексного підходу.

Лікування свійських котів можливе лише за призначення і дотримання дієтичного харчування. Раніше дослідники пропонували у разі панкреатиту застосовувати «відпочинок кишечника», задля запобігання стимуляції секреції підшлункової залози, щоб уникнути її самоперетравлення і запалення [20]. Нині існують повідомлення, що за панкреатиту секреторна функція залози знижується, пошкоджені ацинарні клітини не здатні в повній мірі реагувати на фізіологічні подразники (корм). Голодування тварин за розвитку запалення підшлункової залози теж небезпечно, оскільки може провокувати атрофію слизової оболонки кишечника, дисфункцію кишкового бар'єру, апоптоз ентероцитів тощо, що згладжується за надходження корму (ентеральний шлях) [18]. В гуманній медицині харчування людей ентєральним чи парентеральним шляхом за панкреатиту знижує ризик смерті [22]. Також ентєральне харчування є бажаним, оскільки знижує ризик непереносимості корму, порівняно з голодуванням [22]. У ветеринарній практиці все частіше зосереджуються саме на дієтичному харчуванні тварин за панкреатиту, а тому висувається нова теорія «годування кишечника» [7].

Згідно рекомендацій, тварину важливо забезпечити легкозасвоюваним, зі зниженим вмістом жирів кормом, який допоможе знизити навантаження на підшлункову залозу. У котів з гострим панкреатитом слід рано починати пероральне годування або ентєральне годування через зонд. Коти з легким, або помірним гострим панкреатитом часто починають їсти за допомогою відповідної підтримуючої та симптоматичної допомоги, тоді як у важких випадках з ускладненнями часто потрібне годування через зонд для відповідного харчування [12].

Важливим у дієті тварини, яка відмовлялася від їжі 3–5 днів, є годування невеликими порціями (1 день – 1/3 добової норми, 2 день – 1/2 добової норми і 3 день – повна добова норма), щоб уникнути перевантаження травної системи [17].

За можливості необхідно усунути причину гострого панкреатиту, або застосовувати симптоматичну терапію, оскільки в більшості випадків панкреатит у котів є ідіопатичним [4, 9, 24]. Більшість рекомендації по терапії котів з панкреатитом запозичено з протоколів лікування людей та собак [6, 15, 25]. Лікування котів за гострого панкреатиту зводиться до застосування інфузійної терапії, знеболення, контролю блювання, стимуляції апетиту і підтримці харчування [9]. Водночас, існують повідомлення, що окремі інфекційні агенти: *Toxoplasma gondii*, *Erytrema procyonis*, *Amphimerus pseudofelineus*, можуть викликати системні захворювання, зокрема панкреатит у котів. Лікування в таких випадках полягає у використанні антибактеріальних засобів і застосовується лише після підтвердження патогенного мікроорганізму [3, 21].

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення терапевтичної ефективності запропонованої схеми лікування свійських котів за панкреатиту.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на базі клінік ветеринарної медицини м. Полтава у 2022–2024 роках.

Для дослідження було сформовано протокол та проведено лікування тварин, які мали ознаки панкреатиту і надходили для діагностики та лікування в клініку. Під час проведення дослідження було обстежено 24 свійських котів, з яких було сформовано 2 дослідні групи. Групи формували з котів різних вікових груп та порід: молоді (1–6 років), зрілі коти (7–11 років), старші коти (12–15 років).

Перша дослідна група (n=14) – хворі коти, що мали виражені ознаки хронічного панкреатиту.

Друга дослідна група (n=10) – коти, що мали підвищений ризик панкреатиту.

Для порівняння отриманих результатів сформували *контрольну групу* тварин, до якої увійшли свійські коти без видимих ознак будь-якої патології (клінічно здорові тварини; n=10).

Усім тваринам (дослідних та контрольної груп) проведено первинний огляд, під час якого звертали увагу на опис поведінки тварини зі слів власника, надавали оцінку загального стану: тургор шкіри, визначали температуру тіла, досліджували видимі слизові оболонки; проводили аускультацию серця та легень, пальпацію черевної стінки, рентгенографію та ультразвукову діагностику органів черевної порожнини, лабораторні дослідження крові. Забір крові у котів проводили з підшкірної вени передпліччя. Окремі біохімічні показники сироватки крові (вміст глюкози (GLU), активність амілази (AMY)), виконували на біохімічному аналізаторі «BS3000M

VET» (Китай), дослідження панкреатичної ліпази (fPLI) виконані у ветеринарній лабораторії «Бальд», м. Київ, на ветеринарному імунофлюоресцентному кількісному аналізаторі Healvet HV – FIA 3000 (Китай).

За клінічно вираженої дегідратації внутрішньовенно вводили розчин полііону (стерофундин ІСО) у дозі 20–50 мл на кг маси тіла з розрахунку 4 мл/кг маси тіла/год. Анальгезія має ключове значення у лікуванні панкреатиту – тваринам із вираженим абдомінальним болем вводили буторфанол (бутомідор) у дозі 0,2–0,4 мг/кг кожні 6 годин. Тваринам, які мали блювання, вводили протиблювотний препарат маропітанту цитрат (серенія) у дозі 1 мг/кг маси тіла один раз на добу та антациди – фамотидин (квamatел) у дозі 0,5–1 мг/кг два рази на добу (кожні 12 годин). При пошкодженні слизової оболонки шлунку, за результатами ультразвукової діагностики, вводили омепразол (омез) у дозі 1–2 мг/кг один раз на добу [9]. За відсутності, або зниженого апетиту, для стимуляції, перорально було призначено міртазапін у дозі 1,9 мг/тварину один раз на добу протягом 3–5 днів.

Усі тварини отримували дієтичну їжу PRO PLAN® EN GASTROINTESTINAL і мали постійний доступ до прісної води. Контроль ефективності лікування проводили на 7-му добу – ультразвукову діагностику органів черевної порожнини та 14-у добу – за результатами аналізу крові та сонографії.

Проведення статистичних розрахунків виконували за допомогою стандартного пакету – Statistica (Microsoft Excel 2017). Визначали середню арифметичну (M), а також статистичну помилку середньої арифметичної (m), достовірними вважали результати за показника $P < 0,05$.

Відомості про дотримання біоетичних норм. Під час досліджень дотримувались вимог, стандартів і методів (вимоги DSTU ISO/IEC 17025:2006 (2006)), Закону України № 27 (2006), Наказу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України № 249 (2012), Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях (1986).

Результати та їх обговорення

Терапія свійських котів змінювалася залежно від тяжкості захворювання, так котів із легким та середнім ступенем тяжкості панкреатиту лікували амбулаторно, а у важких випадках тварин госпіталізували. Госпіталізованим пацієнтам застосовували підтримуючу терапію, що включала гідратацію (інфузійні розчини), знеболення, контроль блювання, дієтотерапію. Розрахунок заміни дегідратації у свійських котів визначали за ступенем дегідратації та маси тіла тварини. Лікування коригувалося в залежності від наявності ускладнень і супутніх захворювань і в середньому тривало 14 діб.

В амбулаторних пацієнтів із легким перебігом захворювання лікування окрім симптоматичного (знеболення, протиблювальні, дієтотерапія) включало і патогенетичну терапію проти супутніх захворювань. Необхідно відмітити, що у всіх випадках панкреатиту

в котів контроль болю та харчова підтримка є ключовою частиною лікування [9].

Тваринам першої (хворі) та другої (підозрілі) групи з дегідратацією (83 %) вводили ІСО Стерофундин, який є розчином першого вибору. Тип рідини для інфузійної терапії обирали на основі результатів даних лабораторних досліджень крові. Плазма (20 мл/кг внутрішньовенно), або колоїди (10–20 мл/кг/добу внутрішньовенно) можуть бути показані за наявності гіпопротеїнемії або шоку [1, 11, 13, 16]. Колоїди, такі як декстран-70 і гетакрохмаль, також застосовуються, як ті, що мають антитромботичні ефекти і допомагають підтримувати мікроциркуляцію [19].

Котам першої і другої груп, за наявності блювання (75 %), вводили препарат маропітанту цитрат (серенія) та антацид – фамотидин (квamatел). Існують повідомлення, що макропітант допомагає у забезпеченні вісцеральної анальгезії, яка необхідна за панкреатиту [1, 5]. Важливим аспектом догляду за тваринами, хворими на панкреатит, є знеболювання, тому хворим і підозрілим котам (65 %) вводили буторфанолу (бутомідор). В літературі описано позитивний ефект знеболення за панкреатиту котів у разі застосування трансдермального фентанілового пластиру в дозі 25 мкг/год, тривалість дії 3–12 год, який дослідники накладали в ділянці спини тварин [1].

У 87,5 % котів першої і другої груп відмічали ано/гіпорексію, що провокувало голодування, порушення шлунково-кишкового бар'єру та імунної функції. У разі легкого та середнього ступеня тяжкості захворювання задля ефективного відновлення добровільного споживання їжі призначали стимулятори апетиту. Зокрема, котам вводили препарат міртазапін протягом 3–5 діб лікування. Підтримка харчування відіграє центральну роль у лікуванні панкреатиту у свійських котів [10]. Відсутність ентерального харчування більше ніж три доби призводить до порушення моторики шлунково-кишкового тракту, атрофії кишкових ворсинок, порушення кишкового кровотоку, зміни бар'єрної функції та порушення нормальної кишкової мікробіоти [26]. Тому пацієнтам із тяжким ступенем захворювання розпочинали ентеральне харчування як найшвидше, це мінімізувало розвиток інфікування панкреонекрозу і зменшило частоту поліорганної недостатності, покращило результати терапевтичного лікування. Коти з легким та середнім ступенем перебігу захворювання починали їсти пероральним шляхом за допомогою відповідної підтримуючої та стимулюючої терапії.

Сонографічна оцінка панкреасу, зокрема за умови діагностики гострого перебігу панкреатиту та оцінки наслідків хвороби, має важливе значення [8], тому ми проводили контрольне ультрасонографічне дослідження органів черевної порожнини на 7-у та 14-у добу лікування. У нормі підшлункова залоза дискретно гетерогенна, як правило, децю гіпоехогенна по відношенню до навколишньої жирової тканини, її межі визначаються нечітко [14]. За ультразвукової діагностики підшлункової залози у хворих

на панкреатит котів орган візуалізувався гіпо-ехогенно, мав неоднорідне потовщення та був переважно оточений гіперехогенним та розрідженим шаром жирової тканини. На 14-ту добу лікування у більшості тварин ознаки набряку підшлункової залози за результатами ультрасонографії зникли, що вказує на ефективність застосованої терапевтичної схеми.

Водночас, функціональний стан підшлункової залози у процесі лікування оцінювали за допомогою визначення активності панкреатичної ліпази (fPLI), вмісту глюкози (GLU) та активності амілази (AMY) сироватки крові.

За результатами досліджень, до початку лікування в сироватці крові котів першої та другої дослідних груп вміст глюкози був високим і становив $6,7 \pm 0,33$ і $7,5 \pm 0,26$ ммоль/л, відповідно, що на 46,5 та 62,6 % був вищим за середній показник клінічно здорових тварин. За проведеного лікування на 14-ту добу у свійських котів в сироватці крові виявляли зниження вмісту глюкози (GLU; $P < 0,001$) у 1,3 рази в першій ($5,3 \pm 0,18$ ммоль/л) та у 1,2 рази ($6,1 \pm 0,12$ ммоль/л) другій дослідній групі порівняно з показником до лікування, відповідно (рис. 1).

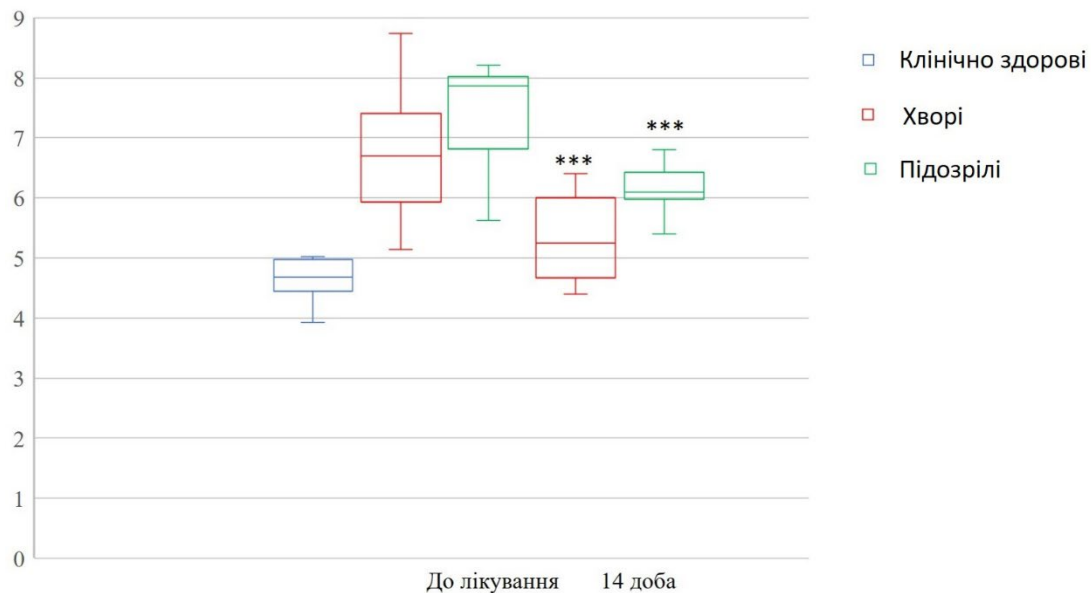


Рис. 1. Вміст глюкози (GLU) в сироватці крові свійських котів у процесі лікування, ммоль/л
Примітка: *** $p < 0,001$ – порівняно з показником до лікування.

Аналізуючи показник активності амілази (AMY) сироватки крові котів до лікування, необхідно відмітити, що у тварин першої дослідної групи

(хворі), середній показник активності амілази становив $2779,2 \pm 154,54$ Од/л, і був на 39 % вище за верхню межу фізіологічних коливань (рис. 2).

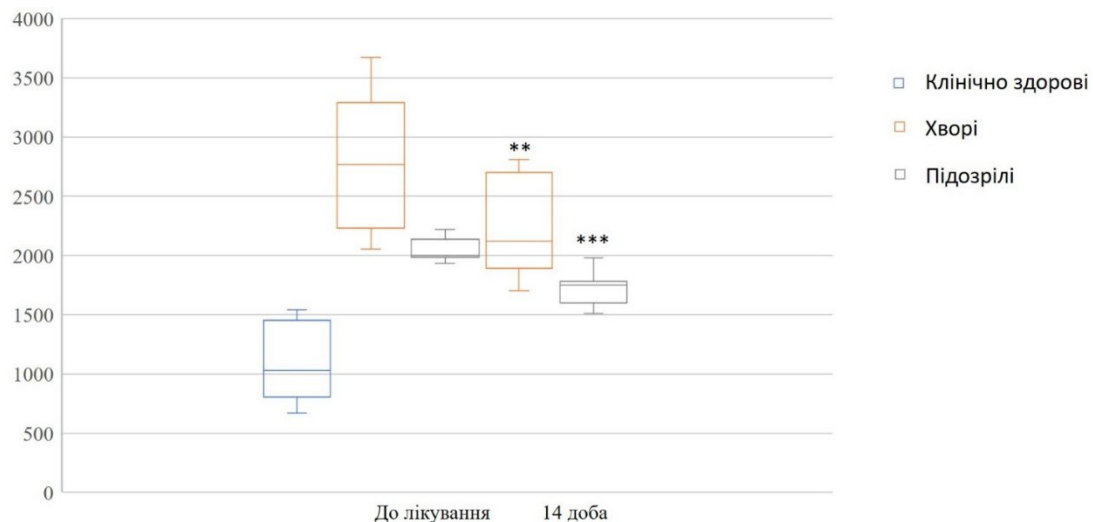


Рис. 2. Активність амілази (AMY) в сироватці крові свійських котів у процесі лікування, Од/л
Примітка: ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ – порівняно з показником до лікування.

У котів другої групи (підозрілі) активність амілази знаходилась в межах $2053,7 \pm 32,07$ Од/л та була лише на 2,3 % вище за верхню межу норми. Через 14-ть днів лікування показник активності амілази сироватки крові у тварин першої групи знизився на 19,8 % ($2229,8 \pm 112,70$ Од/л; $P < 0,01$), а в другій – на 16,3 % ($1718,9 \pm 46,4$ Од/л; $P < 0,001$) порівняно з показниками до лікування.

У результаті проведених досліджень сироватки

крові хворих на панкреатит котів (перша група), було з'ясовано, що активність панкреатичної ліпази (fPLI) на початку лікування була у 2,2 рази вищою ($6,4 \pm 0,2$ Од/л; $P < 0,001$), порівняно за показник клінічно здорових тварин. За 14-ть днів лікування активність fPLI знизилась на 13,8 % ($P < 0,01$) і становила $5,5 \pm 0,13$ Од/л, порівняно з показником до лікування (рис. 3).

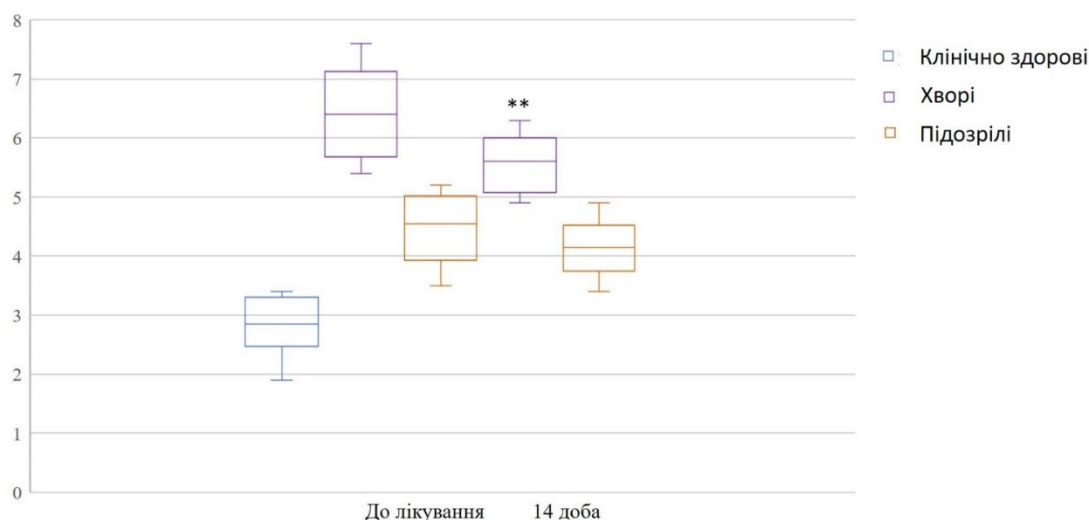


Рис. 3. Активність панкреатичної ліпази (fPLI) в сироватці крові свійських котів у процесі лікування, Од/л

Примітка: ** $p < 0,01$ – порівняно з показником до лікування.

Водночас, у котів з підвищеним ризиком панкреатиту (друга група) на початку лікування активність fPLI становила $4,5 \pm 0,19$ Од/л та була в 1,6 рази ($P < 0,001$) вищою порівняно з клінічно здоровими тваринами. Проте в процесі лікування на 14-ту добу в крові виявляли тенденцію до зниження на 7,8 % активності панкреатичної ліпази до $4,2 \pm 0,15$ Од/л порівняно з показником до лікування ($4,5 \pm 0,18$ Од/л). Такі зміни свідчать про високу метаболічну активність підшлункової залози та терапевтичну ефективність лікувальних заходів.

Отже, запропонована схема лікування свійських котів першої та другої дослідних груп є ефективною, позитивно впливає на клінічний стан тварин, нормалізує високі показники функціонального стану підшлункової залози (GLU, AMY, fPLI), що дозволило подовжити тривалість життя котів.

Необхідно відмітити, що контроль болю та харчова підтримка є основною ланкою лікування свійських котів за панкреатиту. На жаль, за даними дослідників існує мало повідомлень про успішне вилікування котів хворих на панкреатит [9].

Висновки

1. Встановлено, що у 87,5 % котів першої (з вираженими ознаками хронічного панкреатиту) та другої дослідної (з підвищеним ризиком панкреатиту) груп до початку лікування реєструється ано/гіпорексія, дегідратація (83 %), блювання (75 %), болючість (65 %); за ультрасонографії підшлункова

гіпоехогенна, неоднорідно потовщена; в сироватці крові: підвищений вміст глюкози у 1,5 першої та 1,6 рази другої дослідної груп ($P < 0,001$), збільшена активність амілази у 2,6 та 1,9 рази першої та другої дослідної групи відповідно ($P < 0,001$), а також панкреатичної ліпази у 2,2 і 1,6 рази (першої та другої дослідної груп; $P < 0,001$).

2. Застосування комплексної терапії свійським котам обох дослідних груп протягом 14-ти днів сприяє покращенню загального стану хворих тварин, відсутності болю, ультрасонографічно не візуалізуються набряк тканин підшлункової залози. У сироватці крові першої та другої дослідної груп на 14-ту добу лікування відмічається зниження вмісту глюкози у 1,3 та 1,2 рази (до $5,3 \pm 0,18$ та $6,1 \pm 0,12$ ммоль/л; $P < 0,001$); активності амілази – на 19,8 (до $2229,8 \pm 112,70$ Од/л; $P < 0,01$) та 16,3 % (до $1718,9 \pm 46,4$ Од/л; $P < 0,001$), активності панкреатичної ліпази – на 13,8 % (до $5,5 \pm 0,13$ Од/л; $P < 0,01$) і тенденцію до зниження на 7,8 % (до $4,2 \pm 0,15$ Од/л), відповідно.

Перспективи подальших досліджень – розробка ефективних стратегій профілактики рецидивів панкреатиту у свійських котів.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

- Zazharskyi, V. V., & Movkalova, H. S. (2014). Osoblyvosti diahnozyky ta likuvannia dermatomikoziv m'iasoidnykh v umovakh pryvatnoi likarni veterynarnoi medytsyny mista Dnipropetrovska. *Problemy Zoonzhenerii i Veterynarnoi Medytsyny*, 28 (2), 567–572. [in Ukrainian]
- Armstrong, P. J., & Williams, D. A. (2012). Pancreatitis in cats. *Topics in Companion Animal Medicine*, 27 (3), 140–147. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2012.09.001>
- Badalov, N., Baradarian, R., Iswara, K., Li, J., Steinberg, W., & Tenner, S. (2007). Drug-induced acute pancreatitis: an evidence-based review. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 5 (6), 648–661.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2006.11.023>
- Bayliss, D. B., Steiner, J. M., Sucholdolski, J. S., Radecki, S. V., Brewer, M. M., Morris, A. K., & Lappin, M. R. (2009). Serum feline pancreatic lipase immunoreactivity concentration and seroprevalences of antibodies against *Toxoplasma gondii* and *Bartonella* species in client-owned cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11 (8), 663–667. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.01.006>
- Bazelle, J., & Watson, P. (2014). Pancreatitis in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 16 (5), 395–406. <https://doi.org/10.1177/1098612x14523186>
- Boscan, P., Monnet, E., Mama, K., Twedt, D. C., Congdon, J., & Steffey, E. P. (2011). Effect of maropitant, a neurokinin 1 receptor antagonist, on anesthetic requirements during noxious visceral stimulation of the ovary in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 72 (12), 1576–1579. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.12.1576>
- Buxbaum, J. L., Quezada, M., Da, B., Jani, N., Lane, C., Mwangela, D., Kelly, T., Jhun, P., Dhanireddy, K., & Laine, L. (2017). Early aggressive hydration hastens clinical improvement in mild acute pancreatitis. *American Journal of Gastroenterology*, 112 (5), 797–803. <https://doi.org/10.1038/ajg.2017.40>
- Cridge, H., Parker, V. J., & Kathrani, A. (2024). Nutritional management of pancreatitis and concurrent disease in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 262 (6), 834–840. <https://doi.org/10.2460/javma.23.11.0641>
- Dereza, Y., & Kanivets, N. (2024). Visual diagnostics of pancreatic pathology in cats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 162–166. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.27>
- Forman, M. A., Steiner, J. M., Armstrong, P. J., Camus, M. S., Gaschen, L., Hill, S. L., Mansfield, C. S., & Steiger, K. (2021). ACVIM consensus statement on pancreatitis in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (2), 703–723. <https://doi.org/10.1111/jvim.16053>
- Frossard, J. L., Steer, M. L., & Pastor, C. M. (2008). Acute pancreatitis. *Lancet*, 371 (9607), 143–152. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60107-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60107-5)
- Hernandez, J., Pastor, J., Simpson, K., & Watson, P. (2010). Feline pancreatitis. *Vet Focus*, 37–38. Retrieved from: <file:///D:/download/Veterinary%20Focus%202010%201en.pdf>
- Ioannidis, O., Lavrentieva, A., & Botsios, D. (2008). Nutrition support in acute pancreatitis. *Journal of the Pancreas*, 9 (4), 375–390.
- Karanja, N. D., & Reber, H. A. (1990). The cause and management of the pain of chronic pancreatitis. *Gastroenterology Clinics of North America*, 19 (4), 895–904.
- Larson, M. M. (2016). Ultrasound imaging of the hepatobiliary system and pancreas. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46 (3), 453–480. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.12.004>
- Machicado, J. D., & Papachristou, G. I. (2019). Pharmacologic management and prevention of acute pancreatitis. *Current Opinion in Gastroenterology*, 35 (5), 460–467. <https://doi.org/10.1097/mog.0000000000000563>
- Mansfield, C. (2012). Acute Pancreatitis in dogs: advances in understanding, diagnostics, and treatment. *Topics in Companion Animal Medicine*, 27 (3), 123–132. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2012.04.003>
- Mirtallo, J. M., Forbes, A., McClave, S. A., Jensen, G. L., Waitzberg, D. L., & Davies, A. R. (2012). International consensus guidelines for nutrition therapy in pancreatitis. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 36 (3), 284–291. <https://doi.org/10.1177/0148607112440823>
- Mohr, A. J., Leisewitz, A. L., Jacobson, L. S., Steiner, J. M., Ruaux, C. G., & Williams, D. A. (2003). Effect of early enteral nutrition on intestinal permeability, intestinal protein loss, and outcome in dogs with severe parvoviral enteritis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 17 (6), 791–798. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2003.tb02516.x>
- Naisbitt, C., Mos, K. F. A., & Kishen, R. (2022). Crystalloids, colloids, blood products and blood substitutes. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 23 (5), 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2022.02.020>
- O'Keefe, S. J. D., Lee, R. B., Li, J., Stevens, S., Abou-Assi, S., & Zhou, W. (2005). Trypsin secretion and turnover in patients with acute pancreatitis. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 289 (2), G181–G187. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00297.2004>
- Ohmuraya, M., & Yamamura, K. (2011). The roles of serine protease inhibitor kazal type 1 (SPINK1) in pancreatic diseases. *Experimental Animals*, 60 (5), 433–444. <https://doi.org/10.1538/expanim.60.433>
- Petrov, M. S., McIlroy, K., Grayson, L., Phillips, A. R. J., & Windsor, J. A. (2013). Early nasogastric tube feeding versus nil per os in mild to moderate acute pancreatitis: A randomized controlled trial. *Clinical Nutrition*, 32 (5), 697–703. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.12.011>
- Petrov, M. S., Pylypchuk, R. D., & Emelyanov, N. V. (2008). Systematic review: nutritional support in acute pancreatitis. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 28 (6), 704–712. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2008.03786.x>
- Simpson, K. W. (2015). Pancreatitis and triaditis in cats: causes and treatment. *Journal of Small Animal Practice*, 56 (1), 40–49. Portico. <https://doi.org/10.1111/jsap.12313>
- Webster, C. R. L., Center, S. A., Cullen, J. M., Penninck, D. G., Richter, K. P., Twedt, D. C., & Watson, P. J. (2019). ACVIM consensus statement on the diagnosis and treatment of chronic hepatitis in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (3), 1173–1200. <https://doi.org/10.1111/jvim.15467>
- Wernimont, S. M., Radosevich, J., Jackson, M. I., Ephraim, E., Badri, D. V., MacLeay, J. M., Jewell, D. E., & Suchodolski, J. S. (2020). The Effects of nutrition on the gastrointestinal microbiome of cats and dogs: impact on health and disease. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1266. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01266>

ORCID

Yu. Dereza 

<https://orcid.org/0000-0001-9851-252X>



2025 Dereza Yu. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Influence of changes in respiratory processes on erythropoiesis in young ruminants

M. Kambur | Ye. Livoshchenko✉

Article info

Correspondence Author

Ye. Livoshchenko

E-mail:

evglivoshchenko@gmail.com

Sumy National Agrarian
University,
Herasyma Kondratieva Str.,
160, Sumy, 40021, Ukraine

Citation: Kambur, M., & Livoshchenko, Ye. (2025). Influence of changes in respiratory processes on erythropoiesis in young ruminants. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 207–211. doi: 10.31210/spi2025.28.02.32

This work is devoted to a comprehensive analysis of the processes of erythropoiesis in newborn calves under normal conditions and asphyxia of varying severity, which is one of the main causes of mortality in young cattle. Asphyxia, which occurs as a result of impaired respiratory function during childbirth or immediately after birth, causes hypoxia, which affects hematological parameters, structural and functional characteristics of erythrocytes and metabolic processes in the body. Asphyxia, which occurs as a result of impaired respiratory function during childbirth or immediately after birth, causes hypoxia, which affects hematological parameters, structural and functional characteristics of erythrocytes and metabolic processes in the body. The work used an experimental approach, which included the study of three groups of calves (n=15): clinically healthy (control), with mild and severe asphyxia. The research was conducted in the conditions of a farm and the laboratory of the Department of Internal Medicine, Pharmacy and Biochemistry. The results showed that in healthy calves, the number of erythrocytes in the peripheral blood was $7.32 \pm 0.14 \times 10^{12}/l$, while in calves with mild and severe asphyxia this figure increased to $7.44 \pm 0.18 \times 10^{12}/l$ and $8.36 \pm 0.12 \times 10^{12}/l$, respectively ($p < 0.05$ in the severe asphyxia group). In the group of calves with severe respiratory distress, the mean erythrocyte volume increased 1.14 times, and the width of the erythrocyte volume distribution increased 1.26 times. These changes may indicate an accelerated release of reticulocytes from the red bone marrow. This increase is a compensatory reaction to hypoxia, but is accompanied by a decrease in hemoglobin content (from 118.02 ± 8.20 g/l in control to 96.08 ± 5.44 g/l in calves with severe asphyxia, $p < 0.01$) and blood oxygen capacity (from 120.84 ± 3.54 vol.% to 108.24 ± 2.46 vol.%, $p < 0.01$), which indicates limited adaptation efficiency. The study was conducted using standard methods: counting erythrocytes in the Goryaev chamber, hemoglobin-cyanide method, and microcentrifugation for hematocrit. A new approach to studying the relationship between respiratory disorders and erythropoiesis is proposed, which takes into account not only quantitative indicators, but also structural and metabolic changes in erythrocytes. The results obtained have practical significance for veterinary medicine, in particular for the development of methods for early diagnosis of asphyxia and its correction through antioxidant therapy or oxygen therapy.

Keywords: calves, erythropoiesis, asphyxia, hypoxia, hemoglobin.

Вплив зміни процесів дихання на еритропоез у молодняка жуйних тварин

М. Д. Камбур | Є. М. Лівощенко

Сумський національний
аграрний університет,
м. Суми, Україна

Дана робота присвячена комплексному аналізу процесів еритроцитопоезу у новонароджених телят за умов нормального стану та асфіксії різного ступеня тяжкості, що є однією з основних причин смертності молодняка великої рогатої худоби. Асфіксія, яка виникає внаслідок порушення дихальних функцій під час пологів або одразу після народження, спричиняє гіпоксію, що впливає на гематологічні показники, структурно-функціональні характеристики еритроцитів і метаболічні процеси в організмі. У роботі використано експериментальний підхід, який включав вивчення трьох груп телят (n=15): клінічно здорових (контроль), із легким і важким перебігом асфіксії. Дослідження проводили в умовах фермерського господарства та лабораторії кафедри внутрішніх хвороб, фармації і біохімії. Результати показали, що у здорових телят кількість еритроцитів у периферичній крові становила $7,32 \pm 0,14 \times 10^{12}/л$, тоді як у телят із легкою та важкою асфіксією цей показник зростає до $7,44 \pm 0,18 \times 10^{12}/л$ і $8,36 \pm 0,12 \times 10^{12}/л$ відповідно ($p < 0,05$ у групі з важкою асфіксією). При цьому середній об'єм еритроцитів у телят групи з важким порушенням дихання цей показник зріс в 1,14 рази ($p < 0,05$), а ширина розподілу еритроцитів за об'ємом збільшилася у 1,26 рази ($p < 0,05$). Дані зміни можуть вказувати на прискорений вихід ретикулоцитів із червоного кісткового мозку. Таке підвищення є компенсаторною реакцією на гіпоксію, однак супроводжується зниженням вмісту гемоглобіну (з $118,02 \pm 8,20$ г/л у контролі до $96,08 \pm 5,44$ г/л у телят із важкою асфіксією, $p < 0,01$) і кисневої ємності крові (з $120,84 \pm 3,54$ об.% до $108,24 \pm 2,46$ об.%, $p < 0,01$), що вказує на обмежену ефективність адаптації. Дослідження проведено з використанням стандартних методик: підрахунку еритроцитів у камері Горяєва, гемоглобін-ціанідного методу, мікроцентрифугування для гематокриту. Запропоновано новий підхід до вивчення взаємозв'язку між дихальними порушеннями та еритроцитопоезом, який враховує не лише кількісні показники, а й структурні й метаболічні зміни еритроцитів. Отримані результати мають практичне значення для ветеринарної медицини, зокрема для розробки методів ранньої діагностики асфіксії та її корекції шляхом антиоксидантної терапії чи оксигенотерапії.

Ключові слова: телята, еритроцитопоез, асфіксія, гіпоксія, гемоглобін.

Бібліографічний опис для цитування: Камбур М. Д., Лівощенко Є. М. Вплив зміни процесів дихання на еритропоез у молодняка жуйних тварин. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 207–211.

Вступ

Пренатальні та постнатальні патології новонароджених телят залишаються однією з найактуальніших проблем сучасної ветеринарної медицини, зумовлюючи значні економічні втрати у тваринництві через високу смертність і зниження продуктивності молодняку [1–3]. За даними досліджень, до 15–20 % телят гинуть у перші тижні життя через порушення адаптаційних механізмів, серед яких особливе місце посідає асфіксія – стан, пов'язаний із дефіцитом кисню під час пологів або одразу після народження [4–6]. Цей патологічний стан призводить до каскаду метаболічних і фізіологічних змін, які впливають на ключові системи організму, зокрема на систему кровотворення, що відіграє провідну роль у забезпеченні кисневого гомеостазу [7, 8].

Еритроцитопоез – процес утворення еритроцитів у кістковому мозку – є критично важливим для адаптації новонароджених телят до позаутробного життя [9–11]. У здорових телят у перші години після народження спостерігається інтенсивна перебудова гематологічних показників, пов'язана з переходом від фетального до дорослого типу гемоглобіну та активацією дихальних функцій [12–14] зниженням кисневої ємності крові, який посилює деградацію клітинних структур [15–17]. Ці зміни мають довгострокові наслідки, впливаючи на ріст і розвиток телят, а також на їхню здатність протистояти інфекційним і стресовим факторам [18–22].

Актуальність даного дослідження зумовлена недостатньою вивченістю молекулярних і фізіологічних механізмів, що лежать в основі взаємозв'язку між дихальними порушеннями та еритроцитопоезом у новонароджених телят [23, 24]. Більшість сучасних робіт зосереджені на клінічних проявах асфіксії, тоді як детальний аналіз структурно-функціональних змін еритроцитів і їхнього зв'язку з метаболічними зрушеннями залишається вкрай обмеженим і їх роль у мікроциркуляторних розладах залишаються недостатньо дослідженими [25–27].

Метою роботи є комплексне вивчення процесів еритроцитопоезу у новонароджених телят за умов нормального стану та асфіксії різного ступеня тяжкості, з акцентом на кількісні, структурні та функціональні характеристики еритроцитів. Дослідження спрямоване на з'ясування особливостей компенсаторних реакцій кровотворної системи, а також на оцінку її впливу на адаптацію організму до позаутробного середовища. Очікується, що отримані дані дозволять не лише розширити теоретичні уявлення про патогенез асфіксії, а й розробити практичні рекомендації для ранньої діагностики та корекції гіпоксичних станів у новонароджених телят.

Таким чином, дане дослідження має на меті заповнити прогалини в розумінні взаємозв'язку між дихальними функціями та еритроцитопоезом, враховуючи специфіку постнатального періоду у великої рогатої худоби. Воно базується на інтеграції гематологічних, біохімічних і фізіологічних підходів, що забезпечує всебічний аналіз проблеми та відкриває перспективи для подальших наукових пошуків у галузі ветеринарної гематології та патології.

Мета дослідження

Метою роботи було провести комплексний аналіз процесів еритроцитопоезу в організмі новонароджених телят у критичні періоди постнатального розвитку, зокрема в умовах нормального стану та за наявності порушень дихання різного ступеня тяжкості.

Матеріали і методи

Експериментальна частина дослідження була проведена в умовах фермерського господарства та на базі кафедри терапії, фармакології, клінічної діагностики та біохімії. Об'єктом дослідження стали телята, що народилися як клінічно здорові, так і з ознаками асфіксії легкого та важкого перебігу, що дало змогу оцінити вплив кисневого дефіциту на процеси кровотворення. Загалом у дослідженні взяли участь 15 телят, яких на першому етапі розподілили на три групи за принципом аналогів (по 5 тварин у кожній) залежно від стану здоров'я при народженні. Перша група (контрольна) складалася з телят без клінічних відхилень, друга включала телят із легким ступенем порушення дихання (короткочасна гіпоксія), третя – телят із важким перебігом асфіксії (виражена гіпоксія з тривалим порушенням газообміну). Критерії відбору базувалися на клінічних ознаках (частота дихання, ціаноз, рефлекси) та результатах первинного огляду ветеринарним лікарем.

Тварини утримувалися в ідентичних умовах протягом усього періоду дослідження (перші діб життя), що включало контрольовану температуру (20–22°C), вологість (60–70 %) і доступ до молозива відповідно до фізіологічних потреб. Раціон і умови утримання відповідали стандартам вирощування молодняку великої рогатої худоби, що забезпечило мінімальний вплив зовнішніх факторів на результати експерименту.

Для аналізу показників еритроцитопоезу зразки крові відбирали з пупкової вени одразу після народження телят (у перші 10–15 хвилин життя) з використанням стерильних шприців із гепарином як антикоагулянтом. Об'єм кожного зразка становив 5 мл, що достатньо для проведення всіх запланованих аналізів. Дослідження гематологічних і біохімічних параметрів здійснювали за такими методиками: кількість еритроцитів визначали за стандартною методикою підрахунку в камері Горяєва з використанням розчину Хейма для розведення зразків (1 : 200). Кількість підрахованих клітин у 5 великих квадратах камери перераховували на об'єм 1 літра крові. Вміст гемоглобіну вимірювали гемоглобін-ціанідним методом на спектрофотометрі (довжина хвилі 540 нм) із застосуванням реагенту Драбкіна, що забезпечує високу точність і відтворюваність результатів. Гематокрит визначали методом мікроцентрифугування за Шклярюм у капілярних трубках при 12 000 об/хв протягом 5 хвилин. Додатково розраховували середній об'єм еритроцитів (MCV), середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH) і середню концентрацію гемоглобіну в еритроциті

(МСНС) за стандартними формулами на основі даних еритроцитів і гематокриту. Ширину розподілу еритроцитів за об'ємом (RDW) оцінювали за гістограмами, отриманими на гематологічному аналізаторі.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 10.0. Результати представлені як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення ($M \pm SD$). Для оцінки достовірності відмінностей між групами застосовували t-критерій Стюдента для незалежних вибірок, вважаючи відмінності статистично значущими при $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Вплив порушень дихання на гематологічні показники новонароджених телят. Проведені дослідження виявили суттєві зміни гематологічних показників у новонароджених телят залежно від наявності та ступеня тяжкості порушень дихання (асфіксії). Одним із ключових параметрів, що зазнав змін, стала загальна кількість еритроцитів у периферичній крові. У клінічно здорових телят цей показник становив $7,32 \pm 0,14 \times 10^{12}/л$, що відповідає фізіологічній нормі для новонароджених телят [8, 24]. У телят із легким перебігом асфіксії кількість еритроцитів незначно зростала до $7,44 \pm 0,18 \times 10^{12}/л$, тоді як у телят із важким перебігом порушення дихання спостерігалася статистично значуще підвищення до $8,36 \pm 0,12 \times 10^{12}/л$ (в 1,14 рази, $p < 0,05$). Таке зростання може бути інтерпретоване як компенсаторна реакція організму на гіпоксію, спрямована на збільшення кількості киснеперенощиків у кровотоці, що узгоджується з даними досліджень про адаптацію до кисневого дефіциту у новонароджених ссавців [2, 7].

Незважаючи на зростання кількості еритроцитів, вміст гемоглобіну в крові демонстрував протилежну тенденцію. У контрольній групі здорових телят концентрація гемоглобіну становила $118,02 \pm 8,20$ г/л, що є типовим для перших годин життя телят за умов нормального кисневого забезпечення. У телят із легким порушенням дихання цей показник знизився до $106,24 \pm 6,42$ г/л ($p < 0,05$), а в групі з важкою асфіксією – до $96,08 \pm 5,44$ г/л (в 1,23 рази нижче, $p < 0,01$). Таке зниження може свідчити про порушення синтезу гемоглобіну в умовах гіпоксії, що обмежує функціональну ефективність еритроцитів, попри їхню

підвищену кількість. Ці результати узгоджуються з дослідженнями, які показали, що асфіксія у телят призводить до дисбалансу між кількістю еритроцитів і їхньою кисневою здатністю [11, 14].

Показник гематокриту, який відображає об'ємну частку еритроцитів у крові, також зазнав змін. У здорових телят він становив $33,80 \pm 1,52$ %, що є фізіологічною нормою для новонароджених. У телят із легким порушенням дихання гематокрит знизився до $30,12 \pm 1,06$ % ($p < 0,05$), а в групі з важкою асфіксією – до $28,12 \pm 1,14$ % ($p < 0,01$). Зниження гематокриту, попри зростання кількості еритроцитів у групі з важкою асфіксією, може бути пояснене змінами середнього об'єму еритроцитів (MCV) і їхньою неоднорідністю.

Морфологічні та функціональні характеристики еритроцитів. Середній об'єм еритроцитів (MCV) у здорових телят становив $31,60 \pm 0,96$ мкм³, що є типовим для молодняку великої рогатої худоби. У телят із легким перебігом асфіксії цей показник незначно підвищився на $0,53$ мкм³, тоді як у групі з важким порушенням дихання він зріс до $36,08 \pm 0,98$ мкм³ (в 1,14 рази, $p < 0,05$). Збільшення MCV у телят із важкою асфіксією може вказувати на прискорений викид молодих еритроцитів (ретикулоцитів) із кісткового мозку, які мають більший об'єм порівняно зі зрілими клітинами. Ця гіпотеза підтверджується підвищенням ширини розподілу еритроцитів за об'ємом (RDW), яка у здорових телят становила $15,86 \pm 0,66$ %, а у групах із легкою та важкою асфіксією зросла до $18,94 \pm 0,82$ % і $19,92 \pm 0,78$ % відповідно ($p < 0,05$). Збільшення RDW свідчить про гетерогенність еритроцитарної популяції, що є типовим для стресового еритроцитопоезу в умовах гіпоксії.

Середній вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH) у здорових телят становив $16,12 \pm 2,18$ пг, тоді як у телят із легкою асфіксією він знизився до $14,28 \pm 2,92$ пг (в 1,13 рази, $p < 0,05$), а у групі з важкою асфіксією – до $11,50 \pm 2,06$ пг (в 1,40 рази, $p < 0,01$).

Аналогічна тенденція простежується для середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті (МСНС): у контрольній групі вона становила $34,10 \pm 4,00$ %, у телят із легким порушенням дихання – $32,12 \pm 1,18$ % ($p < 0,05$), а у телят із важкою асфіксією – $30,04 \pm 1,26$ % ($p < 0,001$) (табл. 1).

Таблиця 1

Зміни основних гематологічних показників телят за різного ступеня тяжкості асфіксії

Показник	Одиниці виміру	Клінічно здорові телята	Легкий перебіг асфіксії	Важкий перебіг асфіксії
Еритроцити	$\times 10^{12}/л$	$7,32 \pm 0,14$	$7,44 \pm 0,18$	$8,36 \pm 0,12^*$
Гемоглобін	г/л	$118,02 \pm 8,20$	$106,24 \pm 6,42^*$	$96,08 \pm 5,44^{**}$
Гематокрит	%	$33,80 \pm 1,52$	$30,12 \pm 1,06^*$	$28,12 \pm 1,14^{**}$
Середній об'єм еритроцитів (MCV)	мкм ³	$31,60 \pm 0,96$	$32,13 \pm 0,84$	$36,08 \pm 0,98^*$
Середній вміст Нб (MCH)	пг	$16,12 \pm 2,18$	$14,28 \pm 2,92^*$	$11,50 \pm 2,06^{**}$
Середня концентрація Нб (МСНС)	%	$34,10 \pm 4,00$	$32,12 \pm 1,18^*$	$30,04 \pm 1,26^{**}$
Ширина розподілу еритроцитів (RDW)	%	$15,86 \pm 0,66$	$18,94 \pm 0,82^*$	$19,92 \pm 0,78^*$
Киснева ємність крові	об.%	$120,84 \pm 3,54$	$115,12 \pm 4,18^*$	$108,24 \pm 2,46^{**}$

Примітки: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$ відносно клінічно здорових телят.

Зниження середнього вмісту гемоглобіну і середньої концентрації гемоглобіну у групах із асфіксією вказує на зменшення здатності еритроцитів

транспортувати кисень, що може бути пов'язано з порушенням синтезу гема або дефіцитом заліза в умовах кисневого стресу. Киснева ємність крові, яка

відображає здатність крові зв'язувати та переносити кисень, у здорових телят становила $120,84 \pm 3,54$ об.%. У телят із легким порушенням дихання цей показник знизився до $115,12 \pm 4,18$ об.%, ($p < 0,05$), а у групі з важкою асфіксією – до $108,24 \pm 2,46$ об.%, ($p < 0,01$). Зниження кисневої ємності корелює зі зменшенням вмісту гемоглобіну та його концентрації в еритроцитах, що підтверджує обмежену ефективність компенсаторного еритроцитопоезу в умовах гіпоксії. Ці дані узгоджуються з дослідженнями, які показали, що асфіксія у новонароджених телят призводить до зниження насичення киснем (SO) і парціального тиску кисню (PO) у крові [17, 19].

Отримані результати свідчать, що асфіксія у новонароджених телят спричиняє складні зміни в системі еритроцитопоезу. Зростання кількості еритроцитів і їхнього середнього об'єму в умовах важкої гіпоксії є спробою організму компенсувати дефіцит кисню, однак зниження вмісту та концентрації гемоглобіну обмежує ефективність цієї адаптації. Збільшення RDW указує на порушення нормального дозрівання еритроцитів, що може бути пов'язано з прискореним викидом ретикулоцитів із кісткового мозку. Ці зміни мають важливе значення для розуміння патогенезу асфіксії та розробки стратегій її корекції.

Висновки

Встановлено, що залежно від тяжкості процесу, гіпоксія у новонароджених телят супроводжувалася: зростанням кількості еритроцитів у периферичній крові до $7,44 \pm 0,18 \times 10^{12}/л$ з легкою і до $8,36 \pm 0,12 \times 10^{12}/л$ важкою асфіксією ($p < 0,05$ у групі з важкою асфіксією; зниженням вмісту гемоглобіну (з $118,02 \pm 8,20$ г/л у контролі до $96,08 \pm 5,44$ г/л у телят із важкою асфіксією, $p < 0,01$) і кисневої ємності крові (з $120,84 \pm 3,54$ об.%, до $108,24 \pm 2,46$ об.%, $p < 0,01$), що вказує на обмежену ефективність адаптації.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Du, W., Wang, X., Hu, M., Hou, J., Du, Y., Si, W., Yang, L., Xu, L., & Xu, Q. (2023). Modulating gastrointestinal microbiota to alleviate diarrhea in calves. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1181545>
- Lorenz, I., Fagan, J., & More, S. J. (2011). Calf health from birth to weaning. II. Management of diarrhoea in pre-weaned calves. *Irish Veterinary Journal*, 64 (1), 9. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-64-9>
- Carter, H. S. M., Renaud, D. L., Steele, M. A., Fischer-Tlustos, A. J., & Costa, J. H. C. (2021). A Narrative review on the unexplored potential of colostrum as a preventative treatment and therapy for diarrhea in neonatal dairy calves. *Animals*, 11 (8), 2221. <https://doi.org/10.3390/ani11082221>
- Debevec, T., Ganse, B., Mittag, U., Eiken, O., Mekjavic, I. B., & Rittweger, J. (2018). Hypoxia aggravates inactivity-related muscle wasting. *Frontiers in Physiology*, 9, 494. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00494>
- Osawa, T., Arimitsu, T., & Takahashi, H. (2017). Hypoxia affects tissue oxygenation differently in the thigh and calf muscles during incremental running. *European Journal of Applied Physiology*, 117 (10), 2057–2064. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3696-8>
- Fan, J.-L., Sayegh, A. L. C., Kaur, M., Dawes, M., Paton, J. F. R., & Fisher, J. P. (2022). Effects of hypoxia and hyperoxia on venous capacity and compliance in healthy men and women. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 322 (5), R445–R453. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00319.2021>
- Murray, C. F., & Leslie, K. E. (2013). Newborn calf vitality: Risk factors, characteristics, assessment, resulting outcomes and strategies for improvement. *The Veterinary Journal*, 198 (2), 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.06.007>
- Williams, J., Iheagwam, F. N., Maroney, S. P., Schmitt, L. R., Brown, R. D., Krafur, G. M., Frid, M. G., McCabe, M. C., Gandjeva, A., Williams, K. J., Luyendyk, J. P., Saviola, A. J., Tudor, R. M., Stenmark, K., & Hansen, K. C. (2024). A bovine model of hypoxia-induced pulmonary hypertension reveals a gradient of immune and matrisome response with a complement signature found in circulation. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 327 (6), C1666–C1680. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00274.2024>
- Bloom, S. R., Edwards, A. V., & Hardy, R. N. (1977). Adrenal and pancreatic endocrine responses to hypoxia and hypercapnia in the calf. *The Journal of Physiology*, 269 (1), 131–154. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1977.sp011896>
- Buss, D. D., & Bisgard, G. E. (1976). Myocardial function during acute hypoxia in the calf. *Basic Research in Cardiology*, 71 (5), 456–468. <https://doi.org/10.1007/bf01909762>
- Gardiner, R. M. (1980). Cerebral blood flow and oxidative metabolism during hypoxia and asphyxia in the new-born calf and lamb. *The Journal of Physiology*, 305 (1), 357–376. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1980.sp013369>
- Debevec, T., Ganse, B., Mittag, U., Eiken, O., Mekjavic, I. B., & Rittweger, J. (2018). Hypoxia aggravates inactivity-related muscle wasting. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00494>
- Wang, Y., Meng, S., Wang, S., Wang, Z., Dou, X., Dou, M., Li, Y., Ma, Y., He, L., Shao, Q., & Zhang, C. (2023). Monoammonium glycyrrhizinate improves antioxidant capacity of calf intestinal epithelial cells exposed to heat stress in vitro. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad142>
- Solivio, M. J., Stornetta, A., Gilissen, J., Villalta, P. W., Deschoemaeker, S., Heyerick, A., Dubois, L., & Balbo, S. (2022). In vivo identification of adducts from the new hypoxia-activated prodrug CP-506 using DNA adductomics. *Chemical Research in Toxicology*, 35 (2), 275–282. <https://doi.org/10.1021/acs.chrestox.1c00329>
- Wang, J., Li, J., Wang, F., Xiao, J., Wang, Y., Yang, H., Li, S., & Cao, Z. (2020). Heat stress on calves and heifers: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11 (1). <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00485-8>
- Kasari, T. R. (1994). Weakness in the Newborn calf. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 10 (1), 167–180. [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30596-x](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30596-x)
- Christ, M., Janson, C. P., Müller, K., Kuklinski, P., Schmidt, B. M. W., Tillmann, H. C., Gerzer, R., & Wehling, M. (2001). Hypoxia modulates rapid effects of aldosterone on oxidative metabolism in human calf muscle. *Journal of Endocrinological Investigation*, 24 (8), 587–597. <https://doi.org/10.1007/bf03343899>
- de Vallière, C., Cosin-Roger, J., Simmen, S., Atrott, K., Melhem, H., Zeitz, J., Madanchi, M., Tcybarevich, I., Fried, M., Kullak-Ublick, G. A., Vavricka, S. R., Misselwitz, B., Seuwen, K., Wagner, C. A., Eloranta, J. J., Rogler, G., & Ruiz, P. A. (2016). Hypoxia positively regulates the expression of pH-sensing G-protein-coupled receptor OGR1 (GPR68). *Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology*, 2 (6), 796–810. <https://doi.org/10.1016/j.jcmgh.2016.06.003>
- Panzhinskiy, E., Zawada, W. M., Stenmark, K. R., & Das, M. (2012). Hypoxia induces unique proliferative response in adventitial fibroblasts by activating PDGFβ receptor-JNK1 signalling. *Cardiovascular Research*, 95 (3), 356–365. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvs194>
- Han, Y., Li, F. X., Yang, G. H., Yuan, H., Zhang, X. D., & Sun, J. (2022). Effect of iron death inhibitor on hypoxia/reoxygenation injury of cardiomyocytes and its mechanism. *Chinese Journal of Applied Physiology*, 38 (5), 515–519.
- Bosco, G., Ionadi, A., Panico, S., Faralli, F., Gagliardi, R., Data, P., & Mortola, J. P. (2003). Effects of hypoxia on the circadian patterns in men. *High Altitude Medicine & Biology*, 4 (3), 305–318. <https://doi.org/10.1089/152702903769192269>

22. Gafaar, B., Olaitan, A., Ahmed, F., & Ravi, B. (2022). Methaemoglobinaemia: a rare cause of chest pain, hypoxia and cyanosis. *BMJ Case Reports*, 15 (3), e247629. <https://doi.org/10.1136/bcr-2021-247629>
23. Stearns, K., DelCurto-Wyffels, H., Wyffels, S., Van Emon, M., & DelCurto, T. (2024). The use of pulmonary arterial pressure (PAP) for improved beef cattle management. *Animals*, 14 (16), 2430. <https://doi.org/10.3390/ani14162430>
24. Bakermans, A. J., Wessel, C. H., Zheng, K. H., Groot, P. F. C., Stroes, E. S. G., & Nederveen, A. J. (2019). Dynamic magnetic resonance measurements of calf muscle oxygenation and energy metabolism in peripheral artery disease. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 51 (1), 98–107. <https://doi.org/10.1002/jmri.26841>
25. Stelmakh, A., Abrahamovych, O., & Cherkas, A. (2016). Highly purified calf hemodialysate (Actovegin®) may improve endothelial function by activation of proteasomes: A hypothesis explaining the possible mechanisms of action. *Medical Hypotheses*, 95, 77–81. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2016.09.008>
26. Applegate, T. J., Krafur, G. M., Boon, J. A., Zhang, H., Li, M., Holt, T. N., Ambler, S. K., Abrams, B. A., Gustafson, D. L., Bartels, K., Garry, F. B., Stenmark, K. R., & Brown, R. D. (2021). Brief report: case comparison of therapy with the histone deacetylase inhibitor vorinostat in a neonatal calf model of pulmonary hypertension. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.712583>
27. Ider, M., Naseri, A., Ok, M., Uney, K., Erturk, A., Durgut, M. K., Parlak, T. M., Ismailoglu, N., & Kapar, M. M. (2021). Biomarkers in premature calves with and without respiratory distress syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35(5), 2524–2533. <https://doi.org/10.1111/jvim.16217>

ORCID

M. Kambu 

<https://orcid.org/0000-0002-4864-5292>

Ye. Livoshchenko 

<https://orcid.org/0000-0001-5826-4824>



© 2025 Kambu M. and Livoshchenko Ye. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Cow hoof diseases' diagnostics

A. Klymas  | O. Simitko

Article info

Correspondence Author
A. Klymas
E-mail:
lyasota777@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Klymas, A., & Simitko, O. (2025). Cow hoof diseases' diagnostics. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 212–218. doi: 10.31210/spi2025.28.02.33

The distal part of cows' extremities is important for ensuring the animals' movement and has a direct impact on their health and productivity. Cow hoof diseases are a serious problem for farms and owners of animals as such diseases lead to a considerable decrease in milk productivity and cows' untimely culling; therefore, the studies as to finding the spread of support and movement organs' pathologies under the specific conditions of cows' keeping is an important direction of researches, which allows veterinary doctors conduct sanitary measures in time. The purpose of the conducted study was the monitoring as to cow hoof pathology on dairy-commodity farm and substantiating the expediency of using Hofmir apparatus created by the team of authors to reveal hoof pathology of cows at early stages. The work was performed on dairy-commodity farm of "Agroecology" private enterprise (the village of Pokrovske, Myrhorod district, Poltava region). The work was done during 2022–2023. As a result of analyzing the reporting veterinary documentation, it was found that orthopedic pathology among cow stock is a serious problem in the conditions of the studied farm. It was also known that the share of orthopedic cow diseases among the total number of the studied stock was 11.0 % in 2022. In 2023, the number of diseased animals increased a little and made 11.4 % of the total amount of the investigated stock. A high level of support and movement organs' pathologies among the cows on the dairy-commodity farm enabled to conduct the approbation of Hofmir apparatus and the algorithm of conducting the diagnostics. As a result of the diagnosis, it was found that on the dairy-commodity farm, using the suggested Hofmir apparatus and the algorithm for performing, 24 cows with hoof deformations were found (the animals that had deviations from the normative values in the indicator of the fore wall angle with the bearing surface). It was determined that on the right hind leg, the average value of the toe angle on the lateral hoof was 17.7 % higher in comparison with the normative values, and 20.0 % higher on the medial hoof. Somewhat bigger differences were revealed on the left hind leg, in particular, 26.6 % on the lateral hoof and 22.2 % – on the medial hoof. It was found that by using the suggested method of animals' diagnostics, the cows do not need to be fixed, the process of diagnosing is quick, the diagnostics is conducted without contact and as a result of such procedure animals do not experience discomfort and stress. The proposed Hofmir apparatus is a promising method of diagnosing cow hoof pathologies. The proposed equipment (Hofmir apparatus) and the algorithm of its operating enable to reveal a number of pathologies at the beginning of their development, which is quite valuable and important.

Keywords: cows, orthopedic pathology, hoof deformations, angle measuring, Hofmir apparatus.

Діагностика хвороб копитець у корів

А. Р. Климась | О. А. Симітко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Дистальний відділ кінцівок у корів відіграє важливе значення для забезпечення пересування тварин та має прямий вплив на їх здоров'я та продуктивність. Хвороби копитець у корів є серйозним випробуванням для господарств та власників тварин адже останні призводить до значного зниження молочної продуктивності корів та їх передчасного вибракування, тому дослідження щодо встановлення поширення патологій опорно рухового апарату в конкретних умовах утримання корів є важливим напрямком досліджень, що дозволяє лікарям ветеринарної медицини своєчасно проводити оздоровчі заходи. Метою проведеного дослідження було здійснення моніторингу щодо поширення патологій копитець у корів в умовах молочно-товарної ферми та обґрунтувати доцільність застосування створеного колективом авторів апарату Хофмір для виявлення патологій копитець у корів на ранніх етапах. Роботу виконували в умовах молочно-товарної ферми на базі фермерського господарства ПП «Агроєкологія» (с. Покровське Миргородського району Полтавської області). Роботу виконували упродовж 2022–2023 років. В результаті проведення аналізу звітної ветеринарної документації з'ясовано, що ортопедична патологія серед поголів'я корів є серйозною проблемою в умовах досліджуваного господарства встановлено, що на частку ортопедичних захворювань у корів в 2022 році припадало 11,0 % від загальної кількості досліджуваного поголів'я. У 2023 році кількість хворих тварин дещо збільшилася й склала 11,4 % від загальної кількості досліджуваного поголів'я. Високий рівень поширення патологій опорно-рухового апарату серед корів в умовах молочно-товарної ферми дозволив провести апробацію апарату Хофмір та алгоритму проведення діагностики. В результаті проведеної діагностики встановлено, що в умовах молочно-товарної ферми, за допомогою запропонованого апарату Хофмір й алгоритму виконання дій було виявлено 24 корови з деформаціями копитець (тварини, які мали відхилення від реферативних значень у показнику кута передньої стінки з підшовною поверхнею). Визначено, що на тазовій правій кінцівці, середнє значення кута зачепу на латеральному копитці було вищим порівняно з реферативними значеннями на 17,7 %, а на медіальному на 20,0 %. Дещо більші відмінності виявлено на лівій тазовій кінцівці, зокрема, на латеральному копитці – 26,6 %, на медіальному – 22,2 %. З'ясовано, що за використання запропонованого способу діагностики тварини не потребують фіксації, процес діагностики швидкий у виконанні, робота щодо діагностики відбувається безконтактно, а тварини як наслідок такої процедури не відчувають дискомфорту та стресу. Пропонований апарат Хофмір є перспективним способом для проведення діагностики патологій копитець у корів. Запропоноване обладнання (апарату Хофмір) й алгоритму виконання дій дає змогу виявляти низку патологій на початку їх розвитку, що є цінним досить важливим.

Ключові слова: корови, ортопедична патологія, деформації копитець, вимірювання кутів, апарат Хофмір.**Бібліографічний опис для цитування:** Климась А. Р., Симітко О. А. Діагностика хвороб копитець у корів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 212–218.

Вступ

Технології на основі комп'ютерного зору, які використовуються для виявлення кульгавості корів, мають переваги безконтактного застосування та помірної ціни. За допомогою вказаних технологій можна ефективно класифікувати кульгавість відповідно до характеру руху молочних корів. У свою чергу застосування таких технологій дозволяє покращити добробут молочних корів та зменшити економічні втрати. На сьогодні вже відомі приклади використання технологій на основі комп'ютерного зору в умовах тваринницьких господарств різних країн світу.

Зокрема, у праці Kang et al., 2021 дослідниками класифіковано методи відповідно до типів камер, що використовуються в системах комп'ютерного зору, включаючи 2D, 3D та теплові інфрачервоні камери. У науковій праці описано основні алгоритми, що дозволяють встановити наявність кульгавості у корів, включаючи вибір ознак, техніку отримання ознак і метод виявлення кульгавості. Авторами статті надано детальний аналіз переваг та недоліків застосування різних типів камер, що використовуються в системах виявлення кульгавості [1].

У праці бельгійських дослідників Pluk, et al., 2012 розглянуто на думку авторів «надійну систему» для раннього виявлення кульгавості у корів. Запропонована система тестувалася в умовах ферми Інституту досліджень сільського господарства та рибальства в Генті (Бельгія) на коровах голштинської породи. Принцип роботи такої системи ґрунтувався на проведенні безперервних автоматичних записів поведінки тварин у спокої та в русі. За синергії двох систем спостереження за тваринами (камер відеоспостереження та чутливих килимків), авторам вдалося здійснити синхронізацію даних з камер спостереження й чутливих до тиску килимків та розроблено алгоритм для автоматичного розрахунку кутів дотику та відпускання, а також діапазону руху. За рахунок тривалих спостережень із застосуванням запропонованої системи у господарстві вдалося розробити алгоритм раннього виявлення кульгавості у корів [2].

Інші автори (O'Leary, et al., 2020) зазначають, що автоматизоване виявлення кульгавості може бути корисним не лише для однієї тварини, така система цілком виправдана і є корисною для моніторингу щодо фактів кульгавості у масштабах всього стада, особливо щодо корів з легкою та середньою кульгавістю. Дослідники вказують, що одним із показників, за якими програма аналізує стан кінцівок – це час який тварина знаходиться в русі та характер рухів кінцівок. Рівень точності системи яка аналізує поведінку тварин перевищує 80 %. Автори вказують на те, що система здатна класифікувати рівень кульгавості з точністю до 91 %. У своїй роботі науковці для моніторингу кульгавості пропонують застосовувати 1 акселерометр на корову, роздільна здатність якого менше за 100 Гц. Такий акселерометр має функцію обліковувати час, який тварини знаходяться в активному русі (ходінні) [3].

На сьогодні у своїх дослідженнях науковці роблять спроби щодо створення автоматичних систем виявлення кульгавості у корів. Варто наголосити, що у більшій мірі, такі дослідження були направлені на визначення кульгавості серед всієї популяції корів у стаді. Алгоритм виявлення кульгавості будувався за принципом моніторингу стану рухової активності усього стада, відповідно це дозволяє виявити аномальні відхилення в окремих тварин, а отже й виявити. Такий підхід має право на існування, проте він не враховує індивідуальні анатомічні та фізіологічні особливості кожної тварини, том, у 2019 році дослідники Alsaad & Steiner провели дослідження направлені на те, щоб розробити та перевірити індивідуальну версію моделі рухів тіла корів, яка використовує положення спини для класифікації кульгавості на 3 класи. Такі дослідження дозволили порівняти як популяційний, так і індивідуальний підхід в умовах ферми. Так, за даними дослідників, після аналізу даних (223 відеозаписи) рухової активності 90 корів, у 76 % випадків були класифіковані як правильні. Слід зазначити, що 83 % випадків були охарактеризовані як істинно позитивні, а 22 % випадків – як помилково позитивними результатами. Новий набір даних, що містив 105 відеозаписів від 8-ми корів, які пройшли всі 3 класи кульгавості, був використаний для дисперсійного аналізу 3 різних класів, показуючи, що показники моделей рухів тіла суттєво відрізнялися між коровами. Крім того, точність класифікації та істинно позитивний показник зросли до 91 %, а хибно-позитивний рівень знизився до 6 % [4].

На підтримку комплексного підходу до виявлення кульгавості у корів виступив також Zhao, 2021, який зазначає, що техніка комп'ютерного спостереження має реєструвати довжину кроку, вигин спини та тривалість розмаху. Такий комплексний підхід дозволяє максимально використовувати сучасні технології для виявлення кульгавості корів [5].

Загальновідомо, що кульгавість є однією з «найдорожчих» проблем молочного скотарства, а також проблемою добробуту молочних корів. Однак на сьогодні важко завчасно корів на ранніх етапах розвитку патологій, що призводять до їх кульгавості. Так, науковці з Австралії (Shahinfar, et al., 2021), у спробах ранньої діагностики кульгавості у корів досліджували поєднання трьох алгоритмів. Серед запропонованих алгоритмів автори запропонували такий показник як надой молока – як один з показників здоров'я корів молочного напрямку. Ефективність запропонованих алгоритмів порівнювалися з логістичною регресією (LR) як підходом золотого стандарту для бінарної класифікації. Автори здійснили аналіз 2535 ознак, що передують кульгавості корів та виявили 29 найбільш ефективних в прогностичному плані. Для вірогідності отриманих даних аналогічні дослідження проводилися в 9-ти різних господарствах. При цьому, в кожному стаді корів протестовано запропонований алгоритм на 80 % тварин зі стада [6].

Варто зазначити, що за даними Khansefid, et al., 2021, в умовах молочно-товарних ферм зазвичай

виявляють корів з ознаками кульгавості або ознаками порушення ходи лише в яскраво виражених випадках, тобто тоді, коли присутні явно виражене порушення ходи у тварин (гострий перебіг). Поряд з тим, тварини які не мають яскраво-виражених ознак порушення ходи (ознак кульгавості) залишаються поза увагою обслуговуючого персоналу та фахівців ветеринарного профілю, що призводить до появи більш-тяжких ускладнень в опорно-руховому апараті корів [7].

Над питанням розпізнавання базової поведінки однієї корови в складних умовах (погане освітлення, складні погодні умови, вітряна погода тощо), з метою створення алгоритму виявлення ознак ранньої кульгавості та визначення стану здоров'я у корів працювали китайські дослідники (Wu, et al., 2021). Останні запропонували алгоритм CNN-LSTM (поєднання згорнутої нейронної мережі з короткочасною та довготривалою пам'яттю). Запропонований алгоритм після його перевірки за різних складних умов виявився достатньо ефективним для ідентифікації та розуміння поведінки не лише однієї але й кількох молочних корів. Отримані за допомогою запропонованого алгоритму дані дозволяють дистанційно провести оцінку фізіологічного стану тварин та діагностику окремих показників здоров'я діагностиці [8].

Австралійські вчені у співавторстві з китайськими (Qiao, et al., 2021) вказують на те, що технології інтелектуального сприйняття дедалі більше підвищують економічну ефективність, безпеку та сталість великомасштабної галузі тваринництва шляхом збору, обробки, аналізу та застосування інформації про добробут і продуктивність корів. Дослідники зазначають, що розумне сприйняття точного скотарства розвиватиметься за допомогою безконтактних, високоточних, автоматизованих технологій у поєднанні з новою реконструкцією 3D-моделей [9].

За даними Lambertz, 2019, помірно є кореляція між оцінкою локомоції тварин та об'єктивними методами вимірювання, такими як акселерометри та платформи для визначення розподілу ваги тіла. Автор вважає, що все ж важливим на сьогодні залишається дослідження рухової активності тварин, при цьому, автоматичне виявлення кульгавості ще далеке від впровадження на практиці. На переконання дослідника, синергія таких показників як оцінка пересування тварин та даних про ураження копитець, зібраних під час обрізки, суттєво покращує відсоток виявлення у молочної худоби ознак кульгавості [10].

Бельгійські вчені (Song, et al., 2008) при вирішенні питання своєчасного виявлення кульгавості у корів свої зусилля зосередили над створенням автоматичної системи, що дозволяє безперервно виявляти та прогнозувати кульгавість у корів в умовах ферм з використанням методів комп'ютерного зору. Дослідники розробили унікальний алгоритм отримання зображення, що більш точно відповідає методам оцінки рухової активності. Запропонована авторами система виявлення кульгавості комп'ютерного зору використовує традиційні двовимірні (2D) камери, тривимірні (3D) і теплові інфрачервоні камери. Запропонований алгоритм дав можливість отримати реальну картину щодо локомоції корів у стаді та на

думку новаторів має великий потенціал для безперервного кількісного визначення кульгавості у корів [11].

Слід зазначити, що питаннями раннього виявлення кульгавості у корів переймалися багато вчених з різних країн світу. Дослідники пропонують з цією метою використовувати як сучасні девайси (цифрові та теплові камери спостереження, натільні датчики, цифрова термографія кінцівок, тепловізорів тощо) так і класичні методи спостереження [12–19].

Слід зазначити, що в літературі так і не виявлено найбільш унікальної та оптимальної системи чи алгоритму, що дозволив би проводити виявлення кульгавості у корів. Саме тому на сьогодні важливим залишається питання пошуку дієвих методів та способів, які дають можливість визначити стан рогової капсули копитець корів та виявити аномальні відхилення.

Мета дослідження

Метою дослідження було здійснити моніторинг щодо поширення патології копитець у корів в умовах молочно-товарної ферми та обґрунтувати доцільність застосування створеного колективом авторів апарату Хофмір для виявлення патології копитець у корів на ранніх етапах.

Матеріали і методи

Моніторингові дослідження щодо поширення патології копитець у корів здійснювали в умовах молочно-товарної ферми на базі фермерського господарства ПП «Агроекологія» (с. Покровське Миргородського району Полтавської області). Роботу виконували упродовж 2022–2023 років.

Для встановлення поширення патологій копитець у корів проводили аналіз звітної документації (за 2022–2023 роки), що ведеться спеціалістами ветеринарної медицини в господарства. Враховували нозологічний профіль виявлених патологій кінцівок, кількість випадків упродовж досліджуваних років.

Дослідження щодо обґрунтування доцільності застосування апарату Хофмір для виявлення патології копитець у корів на ранніх етапах проводили в 2023 році на 70 головах великої рогатої худоби різного віку.

Під час проведення доїння (у залі типу «ялинка» 2×10 (DeLaval)) проводили фотографування копитець корів за допомогою смартфона та з використанням приладу (хофмір) (рис. 1).

До запропонованого приладу (хофмір) монтувалися селфі-палка з функцією Bluetooth та лінійка довжиною 20 см для визначення однакової відстані від копитця до телефону – який також використовується в даній методиці дослідження.

Отримані в результаті роботи фотографічні зображення опрацьовувалися за допомогою програми «Angle Meter» (вимірюючи кут копитця) [20]. Отримані цифрові дані вносили в базу даних Excel. В таблиці зазначали номер тварини, кут тазових копитець, та фотографії з вже вимірними кутами.

Статистичну обробку цифрових даних отриманих в результаті проведених експериментальних

досліджень проводили з встановленням середньої величини (М) та її похибки (m).



Рис. 1. Загальний вигляд приладу Хофмір, запропонованого для вимірювання кутів копитець у корів
Позначення: а, d – ніжки (14 см.); b – підставка до тримача селфі-палки (5 см.); c – тримач селфі-палки;
e – тримач лінійки; f – гвинтовий фіксатор селфі-палки

Результати та їх обговорення

В результаті проведення аналізу звітної ветеринарної документації фермерського господарства ПП «Агроекологія», зокрема на молочно-товарній ферми, що розташована в с. Покровське Полтавської області за 2022–2023 роки з'ясовано, що патології копитець у великої рогатої худоби є однією з поширених проблем. Зокрема, за проаналізований період виявлено 112 корів з ознаками хвороб копитець. У розрізі досліджуваних років з'ясовано, що у

2022 році кількість корів, у яких виявляли ознаки патологій дистального відділу кінцівок склала 55 голів, а в 2023 році – 57 голів.

Встановлено, що частіше, патологію опорно-рухового апарату корів спеціалісти ветеринарної медицини фіксували на тазових кінцівках – до 45,0 %. На грудних кінцівках кількість випадків виявлення патологій не перевищувала 6,0 %. Нозологічний профіль виявлених ортопедичних захворювань корів в умовах досліджуваної молочно-товарної ферми наведено на [рисунку 2](#).

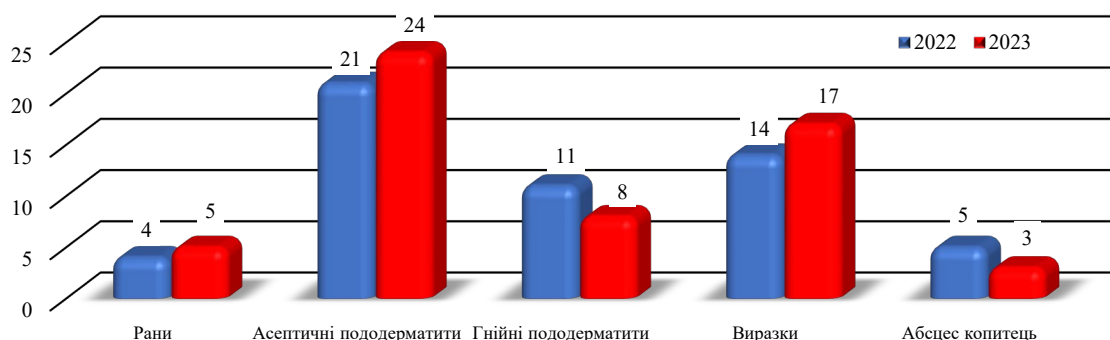


Рис. 2. Аналіз ортопедичних захворювань в ПП «Агроекологія»

Так, в умовах молочно-товарної ферми у корів з-поміж ортопедичних захворювань фіксували порушення у рості копитцевого рогу, патологічні зміни функцій пальців та суглобів, а також деформації форми копитця. Окрім того, діагностували різноманітні пошкодження механічного типу, рани тканин копитець або міжкопитцевого склепіння. Також, у корів фіксували відшаровуванням білої лінії, асептичні та гнійні пододерматити, виразки та абсцеси.

Із перерахованої кількості патологій, найбільш часто діагнованими були асептичні подо-

дерматити (210 та 24 тварини у 2022 та 2023 роках відповідно, виразки тканин міжпальцевого склепіння (25,4–30,9 % голів великої рогатої худоби) та гнійні пододерматити (19,3 % та 14,0 % тварин у 2022 та 2023 роках відповідно).

Варто наголосити, що не часто в умовах молочно-товарної ферми у корів діагностували рани (7,3–9,1 тварин у 2022 та 2023 роках відповідно та абсцеси копитець (8,7 % та 5,2 % тварин у 2022 та 2023 роках відповідно).

Таким чином, з'ясовано, що в умовах фермерського господарства ПП «Агроекологія»,

зокрема на молочно-товарній фермі, що розташована в с. Покровське Полтавської області ортопедична патологія серед поголів'я є серйозною проблемою. Зокрема, за даними звітної документації, у 2022 році ортопедичні захворювання у корів фіксували у 11,0 % корів, а в 2023 році цей показник склав –11,4 % до загальної кількості досліджуваного поголів'я.

Наведені достатньо високі цифри щодо поширення патологій опорно-рухового апарату серед корів дозволяють зробити висновки про те, що наразі є нагальна потреба в удосконаленні процесів та алгоритмів діагностики ортопедичних патологій з метою зниження кількості хворих корів в господарстві. Таким чином, наступним кроком нашої роботи було здійснити обґрунтування доцільності застосування створеного колективом авторів апарату Хофмір для виявлення патології копитець у корів на ранніх етапах.

Загалом, в умовах молочно-товарної ферми, що належить ФГ ПП «Агроекологія» с. Покровське Миргородського району Полтавської області у період проведення експериментального дослідження з використанням розробленого апарату Хофмір виявлено 24 корови з деформаціями копитець (кут зачепу мав відхилення від реферативних значень). Як відомо з літературних джерел, кут передньої стінки з підошовною поверхнею (кут зачепу) у корів становить 45–58° [21].

Відповідно до запропонованого алгоритму проведення вимірів, визначення кута копитець у великої рогатої худоби проводили з використанням запропонованого апарату Хофмір та фотокамери

телефону. Отримані в процесі роботи фотографічні зображення обробили в програмі «Angle Meter» (рис. 3), в даній програмі здійснювали вимірювання кута копитця великої рогатої худоби.

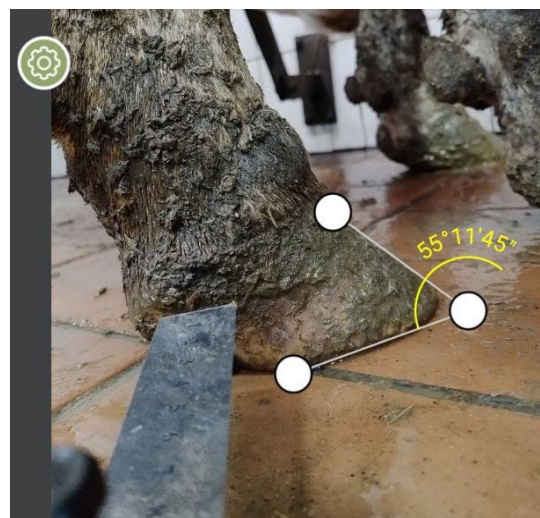


Рис. 3. Програма для вимірювання кутів Angle Meter

Отримані цифрові значення кутів копитець від кожної досліджуваної особи великої рогатої худоби вносилися в базу Excel (табл. 1) відповідно до кожного номера корови.

Таблиця 1

Приклад вигляду робочих записів щодо вимірювання кутів копитець у корів

Номер	Номер корови	Кут правої кінцівки	Кут лівої кінцівки	Фото правої кінцівки	Фото лівої кінцівки
1	6554	55	55		
2	4828	50	54		
3	8764	47	55		
4	7855	46	48		
5	2126	62	68		
Середнє значення:		53	54		

В таблиці фіксувалися: номер досліджуваної корови, фотографії з виміряними кутами копитець (правої та лівої кінцівок) та кут вказаний на фотографії правої та лівої кінцівок). Слід зазначити, що чарунки таблиці Excel, де зазначалися кути копитець були внесені формули, які реагували на відхилення від реферативних значень. Зокрема, якщо отриманий показник виходив за межі реферативних значень (від 45 до 50°), то чарунка забарвлювалася у червоний колір. Якщо, отримані проміри відповідали реферативним значенням, то чарунка забарвлювалася в зелений колір.

Аналізуючи отримані нами дані було встановлено, що середні показники куту зачепа на тазових кінцівках були вищими (як на латеральних так і медіальних копитцях) порівняно з реферативними значеннями (*табл. 2*).

Таблиця 2

Параметри кутів зачепа тазових кінцівок корів, n=24

Права кінцівка		Ліва кінцівка		Реферативне значення
латеральне копитце	медіальне копитце	латеральне копитце	медіальне копитце	
53±1,0*	54±1,0	57±2,0*	55±2,0	45,0°

Примітка: * $p < 0,05$ – відносно показника реферативного значення.

Зокрема встановлено, що на тазовій правій кінцівці, середнє значення куту зачепа на латеральному копитці було на 17,7 % вищим за реферативний показник, у той час, як на медіальному він був вищим на 20,0 %.

На лівій тазовій кінцівці на латеральному копитці відхилення від реферативних значень становило 26,6 %, а на медіальному 22,2 %.

За формулою «метод великих вибірок» було вираховано середнє значення кутів тазових кінцівок (на поголів'ї 24 корів) саме для умов конкретної молочно-товарної ферми. Встановлено, що показник кута для правої кінцівки склав 54,2°, а для лівої кінцівки – 55°.

На нашу думку, застосування на молочно-товарних фермах в повсякденній роботі лікарів ветеринарної медицини запропонованого апарату для вимірювання кута зачепа на кінцівках з використанням запропонованого алгоритму значно полегшить діагностику патологій копитець великої рогатої худоби. Позитивний ефект застосування запропонованої методики полягає в тому, що: відсутня як така потреба у фіксації тварин, не доводиться фіксувати кожну тварину; відсутня потреби наявності гідравлічного станка для обрізки копитець корів, щоб провести заміри з використанням ручних лекал якими вимірюють кут; скорочується час на проведення одного діагностичного дослідження.

Отож, проведення діагностичних маніпуляцій з використанням апарату Хофмір, дає змогу виявляти патології чи захворювання на початкових етапах їх розвитку. У свою чергу, вищенаведене дає змогу лікарям ветеринарної медицини провести своєчасні лікувально-оздоровчі заходи й попередити погіршення стану кінцівок у корів тварини.

Висновки

За результатами проведення аналізу звітної ветеринарної документації, що ведеться в умовах фермерського господарства ПП «Агроєкологія», зокрема на молочно-товарній ферми, яка розташована в с. Покровське (Полтавська обл.), за період 2022–2023 років з'ясовано, що ортопедична патологія серед поголів'я корів є серйозною проблемою. Зокрема, у 2022 році ортопедичні захворювання у корів фіксували у 11,0 % корів, а в 2023 році цей показник склав – 11,4 % до загальної кількості досліджуваного поголів'я.

Високий рівень поширення патологій опорно-рухового апарату серед корів в умовах молочно-товарної ферми дозволив провести апробацію апарату Хофмір та алгоритму проведення діагностики. З допомогою запропонованого способу визначено, що на тазовій правій кінцівці, середнє значення кута зачепа на латеральному копитці було вищим порівняно з реферативними значеннями на 17,7 %, а на медіальному на 20,0 %. Дещо більші відмінності виявлено на лівій тазовій кінцівці. Зокрема, на латеральному копитці відхилення від реферативних значень становило 26,6 %, а на медіальному 22,2 %. Незважаючи на те, що відхилення в нормативних показниках кута передньої стінки з підошовною поверхнею виявляли як на правих так і на лівих кінцівках, однак отримані цифрові показники вказують на те, що більш складний патологічного процесу спостерігається на копитцях лівої тазової кінцівки корів.

В результаті здійснених досліджень з'ясовано, що за використання запропонованого способу діагностики відсутня як така потреба у фіксації тварин, алгоритм виконання дій не потребує значних затрат часу, застосування способу не передбачає залучення додаткового персоналу, у тварин яких піддаються діагностиці відсутній стресовий стан, адже вся робота проводиться безконтактно. Також, перевагою застосування запропонованого обладнання (апарату Хофмір) й алгоритму виконання дій дає змогу виявляти патології чи захворювання копитець на початкових етапах їх розвитку.

Перспективи подальших досліджень полягають у роботі, що направлена на удосконаленні й покращенні апарату Хофмір при роботі з великою рогатою худобою, удосконалення методики інтерактивного перенесення даних і автоматизації діагностики.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Kang, X., Zhang, X. D., & Liu, G. (2021). A Review: development of computer vision-based lameness detection for dairy cows and discussion of the practical applications. *Sensors*, 21 (3), 753. <https://doi.org/10.3390/s21030753>

2. Pluk, A., Bahr, C., Poursaberi, A., Maertens, W., van Nuffel, A., & Berckmans, D. (2012). Automatic measurement of touch and release angles of the fetlock joint for lameness detection in dairy cattle using vision techniques. *Journal of Dairy Science*, 95 (4), 1738–1748. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4547>
3. O'Leary, N. W., Byrne, D. T., O'Connor, A. H., & Shalloo, L. (2020). Invited review: Cattle lameness detection with accelerometers. *Journal of Dairy Science*, 103 (5), 3895–3911. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17123>
4. Alsaad, M., Fadul, M., & Steiner, A. (2019). Automatic lameness detection in cattle. *The Veterinary Journal*, 246, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.01.005>
5. Zhao, K. X. (2017). Dairy Cattle's Information Perception and Behavior Analysis Based on Machine Vision. Shaanxi, China: North West A&F University.
6. Shahinfar, S., Khansefid, M., Haile-Mariam, M., & Pryce, J. E. (2021). Machine learning approaches for the prediction of lameness in dairy cows. *Animal*, 15 (11), 100391. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100391>
7. Khansefid, M., Haile-Mariam, M., & Pryce, J. E. (2021). Including milk production, conformation, and functional traits in multivariate models for genetic evaluation of lameness. *Journal of Dairy Science*, 104 (10), 10905–10920. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20074>
8. Wu, D., Wang, Y., Han, M., Song, L., Shang, Y., Zhang, X., & Song, H. (2021). Using a CNN-LSTM for basic behaviors detection of a single dairy cow in a complex environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182, 106016. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106016>
9. Qiao, Y., Kong, H., Clark, C., Lomax, S., Su, D., Eiffert, S., & Sukkarieh, S. (2021). Intelligent perception for cattle monitoring: A review for cattle identification, body condition score evaluation, and weight estimation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 185, 106143. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106143>
10. Lambertz, C. (2019). Using cluster analysis to differentiate degrees of lameness in cattle. *Veterinary Record*, 184 (7), 218–219. <https://doi.org/10.1136/vr.i572>
11. Song, X., Leroy, T., Vranken, E., Maertens, W., Sonck, B., & Berckmans, D. (2008). Automatic detection of lameness in dairy cattle – Vision-based trackway analysis in cow's locomotion. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64 (1), 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.016>
12. Van De Gucht, T., Saey, W., Van Nuffel, A., Pluym, L., Piccart, K., Lauwers, L., Vangeyte, J., & Van Weyenberg, S. (2017). Farmers' preferences for automatic lameness-detection systems in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100 (7), 5746–5757. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12285>
13. Taneja, M., Byabazaire, J., Jalodia, N., Davy, A., Olariu, C., & Malone, P. (2020). Machine learning based fog computing assisted data-driven approach for early lameness detection in dairy cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171, 105286. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105286>
14. Haladjian, J., Haug, J., Nüske, S., & Bruegge, B. (2018). A wearable sensor system for lameness detection in dairy cattle. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2 (2), 27. <https://doi.org/10.3390/mti2020027>
15. Lin, Y., Mullan, S., & Main, D. C. J. (2018). Optimising lameness detection in dairy cattle by using handheld infrared thermometers. *Veterinary Medicine and Small Animal Clinician*, 4 (3), 218–226. <https://doi.org/10.1002/vms3.104>
16. LokeshBabu, D. S., Jeyakumar, S., Vasant, P. J., Sathiyabarathi, M., Manimaran, A., Kumaresan, A., Pushpadass, H. A., Sivaram, M., Ramesha, K. P., Katakaltware, M. A., & Siddaramanna. (2018). Monitoring foot surface temperature using infrared thermal imaging for assessment of hoof health status in cattle: A review. *Journal of Thermal Biology*, 78, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.021>
17. Van Hertem, T., Schlageter Tello, A., Viazzi, S., Steensels, M., Bahr, C., Romanini, C. E. B., Lokhorst, K., Maltz, E., Halachmi, I., & Berckmans, D. (2018). Implementation of an automatic 3D vision monitor for dairy cow locomotion in a commercial farm. *Biosystems Engineering*, 173, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.08.011>
18. Hansen, M. F., Smith, M. L., Smith, L. N., Abdul Jabbar, K., & Forbes, D. (2018). Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computers in Industry*, 98, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.011>
19. Harris-Bridge, G., Young, L., Handel, I., Farish, M., Mason, C., Mitchell, M. A., & Haskell, M. J. (2018). The use of infrared thermography for detecting digital dermatitis in dairy cattle: What is the best measure of temperature and foot location to use? *The Veterinary Journal*, 237, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.05.008>
20. Angle Meter APK (n.d.). *Softonic*. Retrieved from: <https://angle-meter.softonic.ru/android>
21. Lytvynenko, I., Lytvynenko, L., Lytvynenko, M. (n.d.). *Khirurgiia VETERYNARNOI medytsyny. Elektronnyi posibnyk*. Retrieved from: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/wetmed/hiryrgia_vet_m_ed/23/23.htm [in Ukrainian]

ORCID

A. Klymas  <https://orcid.org/0000-0002-6633-1553>
 O. Simitko  <https://orcid.org/0009-0000-8537-8229>



2025 Klymas A. and Simitko O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Influence of causatives of germintoses of the digestive tract on biochemical indicators of serum of dogs with mono- and myxed invasions

D. Kryvoruchenko¹ | V. Yevstafieva²

Article info

Correspondence Author
D. Kryvoruchenko
E-mail:
denys.kryvoruchenko@gmail.com

¹ State Biotechnological
University,
Alchevsky Str., 44,
Kharkiv, 61002, Ukraine

² Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Kryvoruchenko, D., & Yevstafieva, V. (2025). Influence of causatives of germintoses of the digestive tract on biochemical indicators of serum of dogs with mono- and myxed invasions. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 219–223. doi: 10.31210/spi2025.28.02.34

Biochemical studies of blood serum are important for assessing the functional state of the animal body, which is very often exposed to various types of stress, including parasitic diseases. Helminth invasions are a serious problem for veterinary medicine and public health, since a significant number of parasites have zoonotic potential. As a result of their mechanical, toxic, and trophic action, pathological changes occur not only in the organs and tissues where the helminths are localized, but also in the animal's body as a whole. The aim of the research was to study the peculiarities of the influence of pathogens of helminthiasis of the digestive tract on the biochemical parameters of blood serum of dogs with mono- and mixed invasions. The study was conducted in the conditions of the private veterinary clinic "Dovira" (Kharkiv). Four groups of animals were formed, one of which was a control group (clinically healthy dogs) and three experimental groups (the first group was infested with trichurises, the second group was infested with an association of trichurises and toxocares, and the third group was infested with an association of trichurises, toxocares, and dipylidies). The conducted studies have established the negative impact of helminths on the biochemical parameters of the blood serum of infested dogs. In particular, with trichurous monoinvasion, a slight ($P < 0.05$) increase in the activity of only the enzymes ALT (1.4 times), AST (1.2 times), GGT (1.1 times) and alkaline phosphatase (1.3 times) was detected. With mixed invasions, more significant changes were found in the biochemical parameters of the blood serum of dogs. During trichuric-toxocarosomal invasion, an increase in creatinine content (by 20.63 %, $P < 0.05$), total bilirubin (by 15.58 %, $P < 0.05$), enzyme activity ($P < 0.01$) ALT (by 1.5 times), AST (by 1.3 times), GGT (by 1.3 times) and alkaline phosphatase (by 1.3 times), as well as a decrease in glucose content (by 15.52 %, $P < 0.05$) were detected. During trichuric-toxocarosic-dipylidiosis invasion, the blood serum of infected dogs showed greater changes in the content of total protein ($P < 0.05$), albumin ($P < 0.05$), creatinine ($P < 0.01$), total bilirubin ($P < 0.01$), glucose ($P < 0.01$), as well as enzymes ($P < 0.001$) ALT, AST, GGT. The obtained data allow us to take into account the changes that occur in the biochemical parameters of the blood serum of infected dogs with mono- and mixed invasions when prescribing treatment and obtaining a more effective therapeutic effect.

Keywords: parasitology, dogs, helminthiasis, mono- and mixed invasions, blood serum, biochemical parameters.

Вплив збудників гельмінтозів травного тракту на біохімічні показники сироватки собак за моно- та мікстінвазіями

Д. О. Криворученко¹ | В. О. Євстаф'єва²

¹ Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

² Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Біохімічні дослідження сироватки крові є важливими для оцінки функціонального стану організму тварин, який дуже часто піддається різним видам стресу, у тому числі внаслідок паразитарних захворювань. Інвазії, спричинені гельмінтами, є серйозною проблемою для ветеринарної медицини та охорони здоров'я, оскільки значна кількість паразитів мають зоонозний потенціал. Внаслідок їх механічної, токсичної та трофічної дії відбуваються патологічні зміни не тільки у тому органі і тканинах, де гельмінти локалізуються, але й в організмі тварин цілому. Метою досліджень було вивчити особливості впливу збудників гельмінтозів травного тракту на біохімічні показники сироватки крові собак за моно- та мікстінвазіями. Дослідження проводили в умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків). Було сформовано чотири групи тварин, з яких одна – контрольна (клінічно здорові собаки) та три дослідні (перша – інвазовані трихурисами, друга – асоціацією трихурисів і токсокар, третя – асоціацією трихурисів, токсокар і дипілідій). Проведеними дослідженнями встановлено негативний вплив гельмінтів на біохімічні показники сироватки крові інвазованих собак. Зокрема, за трихурозної моноінвазії виявлено незначне ($P < 0.05$) зростання лише активності ферментів АЛТ (у 1,4 раза), АСТ (у 1,2 раза), ГГТ (у 1,1 раза) та лужної фосфатази (у 1,3 раза). За мікстінвазій виявляли більш значні зміни з боку біохімічних показників сироватки крові собак. За трихурозно-токсокарозної інвазії виявлено зростання вмісту креатиніну (на 20,63 %, $P < 0.05$), загального білірубину (на 15,58 %, $P < 0.05$), активності ферментів ($P < 0.01$) АЛТ (у 1,5 раза), АСТ (у 1,3 раза), ГГТ (у 1,3 раза) та лужної фосфатази (у 1,3 раза), а також зниження вмісту глюкози (на 15,52 %, $P < 0.05$). За трихурозно-токсокарозно-дипілідіозної інвазії у сироватці крові інвазованих собак виявляли більші зрушення з боку вмісту загального білка ($P < 0.05$), альбумінів ($P < 0.05$), креатиніну ($P < 0.01$), загального білірубину ($P < 0.01$), глюкози ($P < 0.01$), а також ферментів ($P < 0.001$) АЛТ, АСТ, ГГТ. Отримані дані дозволяють враховувати зміни, які відбуваються у біохімічних показниках сироватки крові інвазованих собак за моно- та мікстінвазіями, при призначенні лікування та отримання більш результативного терапевтичного ефекту.

Ключові слова: паразитологія, собаки, гельмінтози, моно- та мікстінвазії, сироватка крові, біохімічні показники.

Бібліографічний опис для цитування: Криворученко Д. О., Євстаф'єва В. О. Вплив збудників гельмінтозів травного тракту на біохімічні показники сироватки собак за моно- та мікстінвазіями. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 219–223.

Вступ

Гематологічні та біохімічні параметри – це показники крові, які є відображенням як фізіологічного, так і патологічного стану організму тварини, в тому числі й за паразитарних хвороб. Причому, автори зазначають, що будь-які зміни показників крові залежать від виду збудника, який викликає захворювання, умов утримання, виду тварини, рівня її імунітету тощо [1–3].

Зокрема, є повідомлення про те, що шлунково-кишкові паразити у собак викликають різноманітні клінічні ознаки, включаючи діарею, запори, метеоризм, періанальний свербіж, які можуть змінюватися залежно від віку інвазованих тварин, їх імунного статусу, показників інтенсивності інвазії [4, 5]. Також можуть виникати респіраторні симптоми, особливо пов'язані з міграцією личинок *Toxascas canis* та *Ancylostoma caninum*. Зокрема, було встановлено, що у цуценят з гострою інвазією *A. caninum* виявляли анемію, затримку розвитку, апатію, тьмяність шерсті та, навіть, загибель. Водночас, у дорослих тварин деякі гельмінти викликають тільки зміни в місці їх локалізації [6–8].

Дослідники зазначають, що у сироватці крові собак, інвазованих *Dipetalonema reconditum*, спостерігається підвищення активності ферментів АЛТ та АСТ, вмісту білірубину (загального та непрямого) та зниження вмісту глюкози. Підвищений рівень сироваткових ферментів та гіпоглікемія, виявлені у собак з мікрофіляріємією, свідчили про дисфункцію печінки, спричинену порушенням кровообігу. Крім того, гіпоглікемія була пов'язана зі споживанням глюкози паразитами [9]. Також, науковці повідомляють, що гіпербілірубінемія, викликана гельмінтами, може бути пов'язана з гемолітичною анемією та подальшою гемолітичною жовтяницею [10–15]. Білковий профіль сироватки крові собак, інвазованих мікрофіляріями, показав збільшення вмісту загального білка та глобулінів зі зниженням вмісту альбуміну. Виявлену гіперпротеїнемію автори пояснити, з одного боку, збільшенням концентрації β -глобулінів у відповідь на паразитарні антигени, а з іншого – вивільненням гемоглобіну зі зруйнованих еритроцитів [16]. Отримана гіпоальбумінемія, ймовірно, відповідає дегенеративним змінам у печінці, про що свідчать результати й інших дослідників [17, 18].

Науковці виявили у сироватці крові собак за анкілостомозу незначне зростання вмісту С-реактивного білку, який є чутливим маркером запалення [19–21]. Водночас, у дорослих собак за субклінічного анкілостомозу не спостерігалися змін з боку активності амілази, ліпази та маркерах, пов'язаних з метаболізмом ліпідів (холестерин, ліпопротеїни високої та низької щільності, бутирілхолінстераза). На думку авторів, такі зміни вказують на те, що субклінічна форма інвазії анкілостомами не впливає на підшлункову залозу та метаболізм ліпідів [22].

Таким чином, біохімічні показники сироватки крові можна використовувати як маркери рівня впливу шлунково-кишкових паразитів на організм інвазованих тварин.

Мета дослідження

Метою досліджень було вивчити особливості впливу збудників гельмінтозів травного тракту на біохімічні показники сироватки крові собак за моно- та мікстинвазій.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2024–2025 рр. в умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків).

Було сформовано три групи собак віком від 6 міс. до 3 років, з яких одна – контрольна (клінічно здорові собаки) та три дослідні (перша – інвазовані трихурисами, друга – асоціацією трихурисів і токсокар, третя – асоціацією трихурисів, токсокар і дипілідій) по 7 голів у кожній.

Визначення біохімічних показників сироватки крові проводили за загальноприйнятими методами [23]. Вміст загального білка (г/л), альбумінів (г/л), креатиніну (мкмоль/л), загального білірубину (мкмоль/л), глюкози (ммоль/л), а також ферментів (Од/л) АЛТ (аланінамінотрансфераза), АСТ (аспартатамінотрансфераза), ГГТ (гамма-глутамілтрансфераза) та лужна фосфатаза визначали за допомогою автоматичного біохімічного аналізатора «Miura 200» (Виробник *Via delle Driadi*, Італія).

Математичний аналіз отриманих даних проводили з використанням пакета прикладних програм Microsoft «EXCEL» шляхом визначення середнього арифметичного (M), стандартного відхилення (SD) та рівня вірогідності (P) з використанням методики однофакторного дисперсійного аналізу, використовуючи критерій Фішера.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено негативний вплив гельмінтів на біохімічні показники сироватки крові інвазованих собак. Зокрема, за трихурозної моноінвазії виявлено незначне ($P < 0,05$) зростання лише активності ферментів АЛТ (у 1,4 раза, $59,67 \pm 19,86$ Од/л), АСТ (у 1,2 раза, $43,56 \pm 6,31$ Од/л), ГГТ (у 1,1 раза, $9,71 \pm 1,18$ Од/л) та лужної фосфатази (у 1,3 раза, $94,84 \pm 24,05$ Од/л) порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак (*рис. 1*).

За трихурозно-токсокарозної мікстинвазії виявлено вже більш значні зміни, які характеризувалися збільшенням вмісту креатиніну на 20,63 % ($111,52 \pm 23,26$ мкмоль/л, $P < 0,05$), загального білірубину на 15,58 % ($8,31 \pm 0,98$ мкмоль/л, $P < 0,05$), зниженням вмісту глюкози на 15,52 % ($4,30 \pm 0,59$ ммоль/л, $P < 0,05$) (*рис. 2*), а також зростанням активності ферментів АЛТ у 1,5 раза ($67,44 \pm 23,73$ Од/л, $P < 0,01$), АСТ у 1,3 раза ($47,22 \pm 6,89$ Од/л, $P < 0,01$), ГГТ у 1,3 раза ($10,69 \pm 2,31$ Од/л, $P < 0,01$) та лужної фосфатази у 1,3 раза ($95,18 \pm 19,24$ Од/л, $P < 0,01$) порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак (*рис. 1*).

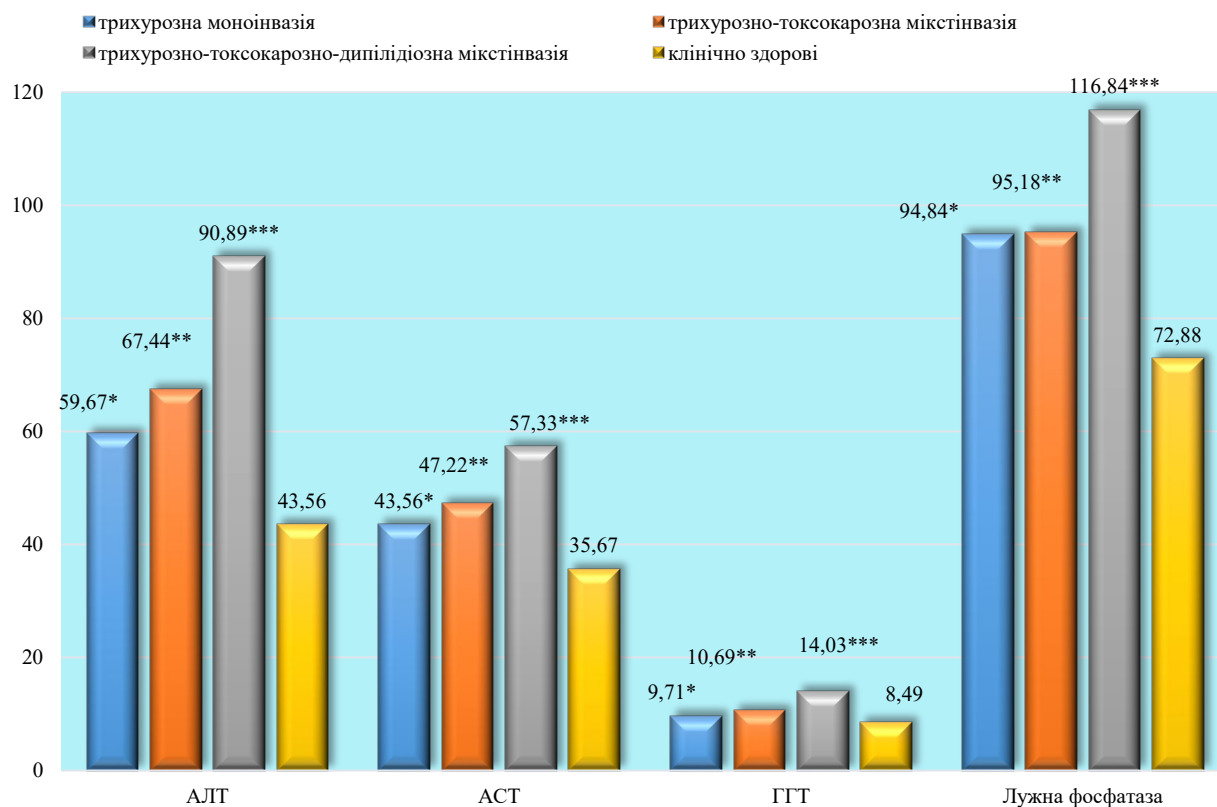


Рис. 1. Показники активності ферментів (Од/л) в сироватки крові собак за моно- та мікстинвазій (n=7)

Примітки: * P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001 – відносно показників у клінічно здорових тварин

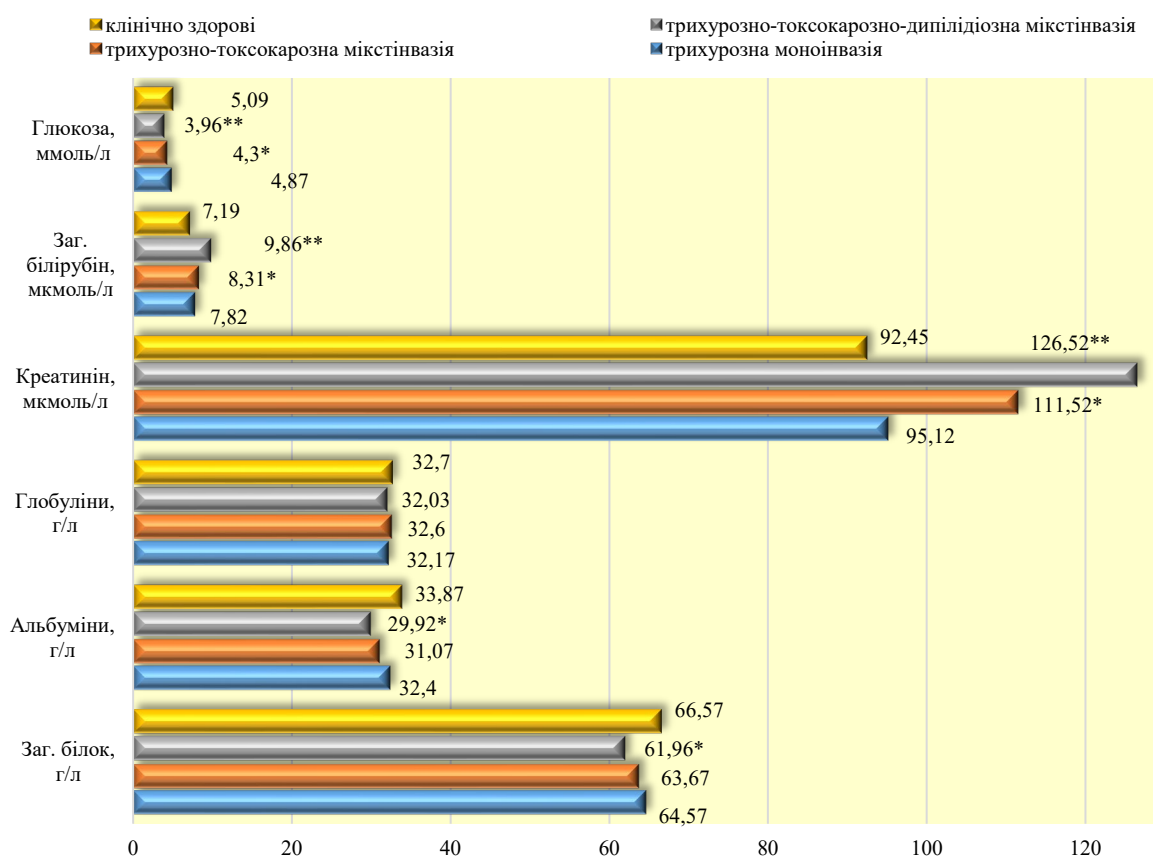


Рис. 2. Біохімічні показники сироватки крові собак за моно- та мікстинвазій (n=7)

Примітки: * P<0,05, ** P<0,01 – відносно показників у клінічно здорових тварин

За трихурозно-токсокарозно-дипілідіозної інвазії у сироватці крові інвазованих собак виявляли більші зрушення з боку біохімічних показників. Так, у інвазованих собак в сироватці крові знижувався вміст загального білка на 6,93 % ($61,96 \pm 4,30$ г/л, $P < 0,05$), альбумінів на 11,66 % ($29,92 \pm 4,20$ г/л, $P < 0,05$), глюкози на 22,20 % ($3,96 \pm 0,52$ ммоль/л, $P < 0,01$), збільшувався вміст креатиніну на 36,85 % ($126,52 \pm 34,77$ мкмоль/л, $P < 0,01$), загального білірубину на 37,13 % ($9,86 \pm 2,35$ мкмоль/л, $P < 0,01$) (рис. 2), а також зростала активність ферментів АЛТ у 2,1 раза ($90,89 \pm 20,33$ Од/л, $P < 0,001$), АСТ у 1,6 раза ($57,33 \pm 9,81$ Од/л, $P < 0,001$), ГГТ у 1,7 раза ($14,03 \pm 3,34$ Од/л, $P < 0,001$), лужної фосфатази у 1,6 раза ($116,84 \pm 28,02$ Од/л, $P < 0,001$) порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак (рис. 1).

Науковці зазначають, що встановлення гематологічних та біохімічних змін за паразитозів тварин є вкрай необхідними, так як дозволяють вивчити окремі лаки патогенезу інвазій, а також провести необхідне та ефективне лікування [1–3]. Тому, нами було проведено вивчення особливостей впливу збудників гельмінтозів травного тракту на біохімічні показники сироватки крові собак за моно- та мікстинвазій.

Проведеними дослідженнями встановлено негативний вплив гельмінтів на біохімічні показники сироватки крові інвазованих собак. Зокрема, за трихурозної моноінвазії виявлено незначне ($P < 0,05$) зростання лише активності ферментів АЛТ, АСТ, ГГТ та лужної фосфатази. За трихурозно-токсокарозної мікстинвазії виявлено вже більш значні зміни, які характеризувалися збільшенням вмісту креатиніну ($P < 0,05$), загального білірубину ($P < 0,05$), зниженням вмісту глюкози ($P < 0,05$), а також зростанням активності ферментів ($P < 0,01$) АЛТ, АСТ, ГГТ та лужної фосфатази. За трихурозно-токсокарозно-дипілідіозної інвазії у сироватці крові інвазованих собак виявляли ще більші зрушення з боку біохімічних показників, а саме: знижувався вміст загального білка ($P < 0,05$), альбумінів ($P < 0,05$), глюкози ($P < 0,01$), збільшувався вміст креатиніну ($P < 0,01$), загального білірубину ($P < 0,01$), зростала активність досліджених ферментів ($P < 0,001$).

Окремі науковці свідчать про зміни, які відбуваються у сироватці крові собак, інвазованих мікрофіліаріями, такі як: підвищується активність АЛТ та АСТ, вміст білірубину (загального та непрямого), знижується вміст глюкози. Такі зміни, на думку авторів, свідчать про дисфункцію печінки, спричинену порушенням кровообігу та токсичною дією паразитів, а також зі споживанням глюкози паразитами [9–12].

Отримані дані дозволяють враховувати зміни, які відбуваються в біохімічних показниках сироватки крові інвазованих собак за моно- та мікстинвазій, при призначенні лікування та отримання більш результативного терапевтичного ефекту.

Висновки

Виявлено, що збудники трихурозу, токсокарозу та дипілідіозу негативно впливають на біохімічні показники сироватки крові інвазованих собак.

За трихурозної моноінвазії встановлено незначне зростання активності АЛТ, АСТ, ГГТ та лужної фосфатази (у 1,1–1,3 раза, $P < 0,05$). При збільшенні співчленів у мікстинвазії виявляли більші зрушення з боку біохімічних показників сироватки крові інвазованих собак. Трихурозно-токсокарозна та трихурозно-токсокарозно-дипілідіозна мікстинвазії характеризувалися зниженням вмісту загального білка (на 6,93 %, $P < 0,05$), альбумінів (на 11,66 %, $P < 0,05$), глюкози (на $22,20$ – $15,52$ %, $P < 0,05$... $P < 0,01$), збільшенням вмісту креатиніну (на $20,63$ – $36,85$ %, $P < 0,05$... $P < 0,01$), загального білірубину (на $15,58$ – $37,13$ %, $P < 0,05$... $P < 0,01$), а також зростанням активності АЛТ (у 1,5–2,1 раза, $P < 0,01$... $P < 0,001$), АСТ (у 1,3–1,6 раза, $P < 0,01$... $P < 0,001$), ГГТ (у 1,3–1,7 раза, $P < 0,01$... $P < 0,001$), лужної фосфатази (у 1,3–1,6 раза, $P < 0,01$... $P < 0,001$).

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Etim, N. N. (2014). Haematological parameters and factors affecting their values. *Agricultural Science*, 2 (1), 37–47. <https://doi.org/10.12735/as.v2i1p37>
2. Khan, T. A., & Zafar, F. (2005). Haematological study in response to varying doses of estrogen in broiler chicken. *International Journal of Poultry Science*, 4 (10), 748–751. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.748.751>
3. Kubkomawa, I. H., Tizhe, M. A., Emenalom, O. O., & Okoli, I. C. (2015). Handling, reference value and usefulness of blood biochemical of indigenous pastoral cattle in tropical Africa: A review. *Dynamic Journal of Animal Science and Technology*, 1 (2), 18–27.
4. Epe, C. (2009). Intestinal Nematodes: Biology and Control. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39 (6), 1091–1107. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2009.07.002>
5. Riggio, F., Mannella, R., Ariti, G., & Perrucci, S. (2013). Intestinal and lung parasites in owned dogs and cats from central Italy. *Veterinary Parasitology*, 193 (1–3), 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.11.026>
6. Overgaauw, P. A. M., & Nelderland, V. (1997). Aspects of Toxocara Epidemiology: Toxocarosis in dogs and cats. *Critical Reviews in Microbiology*, 23 (3), 233–251. <https://doi.org/10.3109/10408419709115138>
7. Reinemeyer, C. R. (2016). Formulations and clinical uses of pyrimidine compounds in domestic animals. *Pyrantel Parasiticide Therapy in Humans and Domestic Animals*, 67–107. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801449-3.00015-6>
8. Payne-Johnson, M., Maitland, T. P., Sherington, J., Shanks, D. J., Clements, P. J. M., Murphy, M. G., McLoughlin, A., Jernigan, A. D., & Rowan, T. G. (2000). Efficacy of selamectin administered topically to pregnant and lactating female dogs in the treatment and prevention of adult roundworm (*Toxocara canis*) infections and flea (*Ctenocephalides felis felis*) infestations in the dams and their pups. *Veterinary Parasitology*, 91 (3–4), 347–358. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(00\)00304-6](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(00)00304-6)
9. Court, J. P., Martin-Short, M., & Lees, G. M. (1986). A comparison of the response of *Dipetalonema viteae* and *Brugia pahangi* adult worms to antifilarial agents *in vitro*. *Tropical Medicine and Parasitology*, 37 (4), 375–380.
10. Sharma, M. C., & Pachauri, S. P. (1981). Blood cellular and biochemical studies in canine dirofilariasis. *Veterinary Research Communications*, 5 (1), 295–300. <https://doi.org/10.1007/bf02214997>

11. Ziegler, C., Käufer-Weiss, I., & Zahner, H. (1991). On the Pathogenesis of Anaemia and Leukopenia in Filarial (*Litomosoides carinii*) Infection of *Mastomys natalensis*. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 38 (1–10), 123–134. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.1991.tb00855.x>
12. Niwetpathomwat, A., Kaewthamasorn, M., Tiawwirisup, S., Techangamsuwan, S., & Suvarnavibhaja, S. (2007). A retrospective study of the clinical hematology and the serum biochemistry tests made on canine dirofilariasis cases in an animal hospital population in Bangkok, Thailand. *Research in Veterinary Science*, 82 (3), 364–369. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2006.09.002>
13. Niwetpathomwat, A., Assarasakorn, S., Techangamsuwan, S., Suvarnavibhaja, S., & Kaewthamasorn, M. (2006). Canine dirofilariasis and concurrent tick-borne transmitted diseases in Bangkok, Thailand. *Comparative Clinical Pathology*, 15 (4), 249–253. <https://doi.org/10.1007/s00580-006-0637-z>
14. Shafqaat, A., Butt, A. A., Muhammad, G., Athar, M., & Khan, M. Z. (2004). Haemato-biochemical studies on the haemoparasitized camels. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6 (2), 331–334.
15. Kitagawa, H., Kitoh, K., Iwasaki, T., & Sasaki, Y. (1997). Comparison of laboratory data in dogs with heartworm caval syndrome surviving and nonsurviving after surgical treatment. *Journal of Veterinary Medical Science*, 59 (7), 609–611. <https://doi.org/10.1292/jvms.59.609>
16. Moustafa, A. M., Agag, B., Esmat, M., & Selim, A. M. (1991). Studies on filariasis in Egyptian buffaloes. III. Clinical observations and electrophoretic patterns in sera of naturally infested buffaloes with microfilaria before and after treatment with stipophon. *Zagazig Veterinary Journal*, 19, 583–595.
17. Sharma, M. C., & Joshi, C. (2002). Serum mineral and haematobiochemical profile of microfilariae infected cattle in India: Its effects on production and therapy. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15 (3), 357–365. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.357>
18. Safwat, M. S., & El-Abdin, Y. Z. (1982). Some biochemical studies on the serum of infested and non-infested camels with *Dipetalonema evansi*. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 19, 141–145.
19. Silvestrini, P., Zoia, A., Planellas, M., Roura, X., Pastor, J., Cerón, J. J., & Caldin, M. (2013). Iron status and C-reactive protein in canine leishmaniasis. *Journal of Small Animal Practice*, 55 (2), 95–101. <https://doi.org/10.1111/jsap.12172>
20. Cerón, J. J., Eckersall, P. D., & Martínez-Subiela, S. (2005). Acute phase proteins in dogs and cats: current knowledge and future perspectives. *Veterinary Clinical Pathology*, 34 (2), 85–99. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2005.tb00019.x>
21. Mukorera, V., Dvir, E., van der Merwe, L. L., & Goddard, A. (2011). Serum C-reactive protein concentration in benign and malignant canine Spirocerosis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 25 (4), 963–966. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.0733.x>
22. Schmidt, E. M. S., Tvarijonavičiute, A., Martínez-Subiela, S., Cerón, J. J., & Eckersall, P. D. (2016). Changes in biochemical analytes in female dogs with subclinical *Ancylostoma* spp. infection. *BMC Veterinary Research*, 12 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0833-2>
23. Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., & Ratych, I. B. (2012). Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine. Spolom, Lviv

ORCID

D. Kryvoruchenko 
V. Yevstafieva 

<https://orcid.org/0000-0002-2044-8019>
<https://orcid.org/0000-0003-4809-2584>



2025 Kryvoruchenko D. and Yevstafieva V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Clinical evaluation of the effectiveness of dental fillings in dogs

U. Voloboieva✉ | D. Bilyi

Article info

Correspondence Author
U. Voloboieva
E-mail:
voloboieva19@ukr.net

Dnipro State Agrarian and
Economic University,
Serhii Efremov Str., 25,
Dnipro, 49600, Ukraine

Citation: Voloboieva, U., & Bilyi, D. (2025). Clinical evaluation of the effectiveness of dental fillings in dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 224–230. doi: 10.31210/spi2025.28.02.35

The high incidence of dental disease in dogs and the lack of consistently positive outcomes in the treatment of teeth with pulp inflammation justify the need for the development and clinical implementation of modern techniques aimed at tooth preservation. The aim of this study was to investigate the prevalence of dental diseases accompanied by pulpitis and the effectiveness of treatment in such patients. Modern endodontic treatment techniques were applied using various filling materials. A thorough dental examination of 42 dogs was carried out using all the necessary modern diagnostic methods. After treatment, pain response was monitored using the Glasgow Composite Measure Pain Scale (CMPS), which showed that in 4.76 % of cases, additional analgesia was required following treatment of traumatic dental lesions. Additionally, animals with pronounced pain responses received anti-inflammatory and antimicrobial therapy to prevent complications. Based on statistical analysis, dental diseases were more common in small-breed dogs aged 6 to 10 years. The main indications for root canal filling were traumatic crown damage (40.48 %), periapical infection (26.19 %), and dental caries (19.05 %). Dental diseases accompanied by pulpitis were most frequently diagnosed in male Yorkshire Terriers (26.19 %) and mixed-breed dogs weighing up to 6 kg (21.43 %), with a peak incidence between 6 and 10 years of age. A comparative analysis of filling materials was conducted based on the following parameters: quality, cost, ease of use, and general characteristics. Composite material demonstrated the best stability and durability and can be used as a permanent filling under conditions of moderate load on the tooth. Budget cements showed a tendency toward mechanical damage, unaesthetic appearance, and the presence of harmful impurities. The research results confirm the importance of a comprehensive approach, the use of only high-quality and safe medicinal products, and communication with pet owners as integral components of successful endodontic treatment.

Keywords: dogs, dental pathology, pulp diseases, tooth filling, root canal therapy.

Клінічна оцінка ефективності пломбування зубів у собак

У. І. Волобоєва | Д. Д. Білий

Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет,
м. Дніпро, Україна

Високий рівень захворюваності собак та відсутність стабільних позитивних результатів лікування зубів із запаленням пульпи обґрунтовують необхідність розробки і клінічного впровадження сучасних технік, направлених на збереження зубів. Метою даної роботи було дослідження поширеності хвороб зубів, які супроводжуються пульпітом, та ефективності лікування таких пацієнтів. Було застосовано сучасні техніки ендодонтичного лікування з використанням різних пломбувальних матеріалів. Було проведено ретельний стоматологічний огляд 42 собак з використанням всіх необхідних методів сучасної діагностики. Після лікування контроль больової реакції проводили за допомогою шкали Глазго (CMPS), яка продемонструвала, що у 4,76 % випадків було необхідне додаткове знеболення після лікування травматичних уражень зубів. А також тваринам з вираженою больовою реакцією застосовувалась протизапальна та антимікробна терапія задля профілактики ускладнень. Виходячи з даних статистичного аналізу, стоматологічні хвороби більш поширені у тварин дрібних порід, віком від 6 до 10 років. Основним показанням до пломбування каналів виступають травматичне ураження коронки зуба (40,48 %), періапикальна інфекція (26,19 %) та карієс зубів (19,05 %). Захворювання зубів, які супроводжуються пульпітом найчастіше діагностують у самців йоркширських тер'єрів (26,19 %) та метисів масою тіла до 6 кг (21,43 %) на тлі піку захворюваності у віці від 6 до 10 років. Було проведено порівняльний аналіз пломбувальних матеріалів за такими показниками: якість, вартість, використання та загальна характеристика. Композитний матеріал має найкращу стабільність і довговічність, може використовуватись в якості постійної пломби за умови помірного навантаження на зуб. Бюджетні цементи продемонстрували схильність до механічного пошкодження, неестетичного вигляду та вмісту шкідливих домішок. Результати досліджень доводять важливість комплексного підходу, застосування тільки якісних та безпечних лікарських засобів та спілкування з власниками тварин є невід'ємною частиною успішного ендодонтичного лікування.

Ключові слова: собаки, стоматологічна патологія, хвороби пульпи, пломбування зубів, лікування кореневих каналів.

Бібліографічний опис для цитування: Волобоєва У. І., Білий Д. Д. Клінічна оцінка ефективності пломбування зубів у собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 224–230.

Вступ

У сучасному світі ветеринарна стоматологія є невід'ємною частиною ветеринарної медицини, яка забезпечує підвищення рівня загального здоров'я тварин. Проте через недостатню обізнаність власників тварин, економічну ситуацію та недостатній рівень досвіду ветеринарних фахівців ретельна діагностика та якісне лікування зубів собак стає викликом.

За останні роки для збереження стратегічно важливих зубів з захворюваннями пульпи, були розроблені загальні процедури, які адаптовані з гуманної у ветеринарну медицину з використанням методології, адаптованої до особливостей анатомії зубів дрібних тварин. Одним з таких методів є лікування кореневих каналів, який являє собою процедуру, ефективність якої в значному ступені залежить від техніки виконання, знань та досвіду фахівця [1].

Контамінація кореневого каналу патогенними мікроорганізмами є причиною виникнення запальної реакції зуба, яка характеризується прогресуванням некрозу тканин у напрямку до апікальної ділянки зуба з поширенням запалення на періапікальну частину зуба. Лікування кореневого каналу (ЛКК) – це ендодонтична процедура, яка дозволяє зберегти та/або відновити здоров'я періапікальних тканин зуба для того щоб уникнути видалення, яка складається з декількох етапів: механічна обробка кореневих каналів, хімічна дезінфекція та заповнення каналу інертним матеріалом [2]. Лікування кореневих каналів зменшує рівень запалення та дозволяє уникнути резорбції зуба [3]. Насамперед, необхідність лікування кореневих каналів, виникає за несвоєчасної діагностики карієсу, дослідження ямок і фісур зубів загостреним зондом, рентгенографії зубів під час щорічного диспансерного стоматологічного обстеження тварини та інших подразнень тканин пульпи, зумовлених, зокрема травмами зубів (переломи, пошкодження, вивихи) [4, 5]. Перед проведенням ендодонтичного лікування обов'язковим діагностичним етапом є внутрішньоротова рентгенографія для визначення глибини уражень, наявності оголення пульпи та відстані від ураження до пульпи [6].

Важливим аспектом є оцінка ротової порожнини на наявність зубного нальоту/каменю, гінгівіту, втрачених чи травмованих зубів, молочних зубів, поверхневого карієсу без анестезії, але безпека тварини та результат буде недостатньо деталізований. Щодо визначення оклюзії зубів, симетрії голови та положення зубів зазвичай анестезія не застосовується [7]. Оцінка здоров'я пародонту проводиться задля визначення об'єму нальоту, наявності та ступені тяжкості гінгівіту або пародонтиту. Для вибору правильної тактики лікування дослідження глибини пародонтальної кишені та рентгенологічне підтвердження проводиться виключно з застосуванням загальної анестезії [8].

Необхідно враховувати, що для успішного хірургічного та консервативного ендодонтичного лікування важливим є знання морфології кореневих

каналів та їх особливості у різних порід тварин. Важлива складова недопущення ятрогенних помилок – точне знання анатомічних взаємозв'язків у системі кореневих каналів і раннє розпізнавання можливих відхилень [9]. Ендодонтичну хірургію у собак можна застосовувати лише до дистального та мезіобуккального коренів четвертого премолара верхньої щелепи. За представлених наразі технік її проведення існує ризик пошкодження підочноямкової судинно-нервової ніжки, оскільки анатомічною особливістю є розташування апікального мезіобуккального кореня уздовж щічного аспекту підочноямкового каналу, а також нервово-судинних структур нижньої щелепи, розташованих близько до першого моляра [10]. Дані особливості виражені у собак дрібних порід та у тварин з брахіоцефалічною та мезатицефалічною формою черепа, що необхідно враховувати за їх лікування [11].

Таким чином, актуальність удосконалення методів лікування стоматологічної патології у собак наразі набуває особливого значення.

Мета дослідження

Метою дослідження було визначення показань до пломбування зубів (з урахуванням породних і вікових особливостей) та клінічна оцінка ефективності його проведення у собак.

Матеріали і методи

У дослідженні приймали участь собаки віком від 2 до 5 років, різної статі, ваги, віку та породи. Дослідження проводилося на базі приватної ветеринарної клініки «Персей» (м. Кропивницький) та кафедри ветеринарної хірургії і репродуктології Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Всі тварини належали власникам та були на домашньому утриманні, годівля здійснювалась комерційним сухим кормом різних торгових марок

Моніторинг – проводили ретроспективний аналіз історій хвороб собак, яким надавалась стоматологічна допомога. При цьому оцінювали ефективність лікувальних заходів у коротко- та довгостроковий період.

Діагностика. Після збору детального анамнезу, діагностика захворювань пульпи проводилась комплексно із застосуванням повного стоматологічного огляду, який включав в себе огляд ротової порожнини на наявність патологій. Огляд розпочинали з оцінки симетрії голови, прикусу на правильність співвідношення зубного ряду нижньої та верхньої щелепи, оклюзії та патологічних явищ. Наступним етапом був аналіз форми зубів, наявності зубного каменю, карієсу, новоутворень, наявності зубів та їх кількість. Особливу увагу приділяли кольору зубів та стану ясен. Запалення ясен оцінювали за системою гінгівального індексу (GI) за шкалою від G0 до G4, що дозволяло об'єктивно визначити тяжкість ураження.

Для більш детального та безболісного обстеження застосовували загальну анестезію. Використовуючи стоматологічний зонд оцінювали ознаки руйнування

емалі, стан фісур, каріозних уражень та наявність розм'якшення дентину. У випадках з пацієнтами зі зкупченістю зубів задля ретельної діагностики та з метою визначення особливостей патологічного каналу застосовували спеціальний зонд Наберса. Після чого зуби, які викликали занепокоєння обов'язково підлягали рентгенографії за допомогою прицільного знімку на портативному рентген-апараті (Woodpecker Mini Ray, Китай). Рентгенографія забезпечує деталізоване зображення внутрішньої будови зуба, дозволяючи точно визначити ступінь ураження. За необхідності проводили перкусію зубів та пальпацію ясен з метою виявлення болісності, що може бути ознакою пульпіту або періапикальних змін, а також використання інтраоральної камери задля виявлення мікротріщин емалі та вторинного карієсу.

Всі дані стоматологічних пацієнтів а саме: результати оглядів, стан ротової порожнини, стан кожного зуба та проведені маніпуляції записувались у спеціальну карту стоматологічного пацієнта. Завдяки комплексному підходу до діагностики захворювань зубів, ми отримуємо всю необхідну інформацію та підбираємо оптимальну тактику лікування.

Лікування. Перед проведенням лікування проводили ультразвукове дослідження серця, а також визначення гематологічних і біохімічних показників крові.

Враховуючи болісність за проведення маніпуляцій на зубах, використовували седацію ксилазина гідрохлоридом (внутрішньом'язово у дозі 0,1 мл/кг), індукцію загального знеболювання пропофолом (внутрішньовенно у дозі 0,5–1 мг/кг/хв.) із додатковим посиленням анальгезії мелоксикамом (підшкірно у дозі 0,2 мг/кг).

Видалення зубного нальоту та каменю здійснювалося за допомогою стоматологічного скалеру (Woodpecker UDS L, Китай). Для забезпечення асептики та захисту зуба від інфікування встановлення кофердаму для ізоляції робочого поля.

Доступ до кореневих каналів був сформований за допомогою ендодонтичного бора, після чого проходження та інструментальна обробка каналів здійснювалась із використанням «H-Files MANI» та «K-Files MANI» - спеціальних ендодонтичних ручних інструментів довжиною 60–120 мм, які призначені для формування, зондування та очищення каналів.

Таблиця 1

Статева, породна та вікова структура патології, яка супроводжувалась пульпітом

Загальна кількість собак	Стать	n	%	Порода	n	%	Вік, років	n	%
42	самці	24	57,14	йоркширський тер'єр	11	26,19	<1	2	4,76
				метиси	9	21,43	1–3	9	21,43
				англійський кокер-спанієль	7	16,67	3–6	11	26,19
	самки	18	42,86	джек-рассел тер'єр	6	14,29	6–10	12	28,58
				померанський шпіц	5	11,90	10–15	5	11,90
				лабрадор	4	9,52	>15	3	7,14

У дослідженні найпоширенішою породою з захворюванням пульпи є йоркширський тер'єр – 11 (26,19 %) та метиси – 9 (21,43 %), а також англійський кокер-спанієль – 7 (16,67 %), джек-рассел тер'єр – 6 (14,29 %), померанський шпіц – 5 (11,90 %)

Визначення довжини каналів здійснювали в деяких випадках за допомогою апекслокатора та контрольної рентгенографії.

Іригація каналів для дезінфекції проводилась за допомогою 2 % розчину гіпохлориту натрію (NaOCl). Задля пом'якшення тканин та полегшення дренажу кореневого каналу застосовується іригація за допомогою 17 % EDTA Endo-Solution. Фінальна іригація проводилась з використанням дистильованої води, у деяких випадках з використанням хлоргексидину. Також може бути використана активна іригація з використанням ультразвукової техніки очищення кореневих каналів. Після іригації проводили просушування каналу за допомогою стерильних паперових штифтів.

Обтурація кореневих каналів здійснювалась з використанням термопластичних матеріалів (гутаперча з силером) методом латеральної конденсації. Після чого обов'язково проводилась повторна рентгенографія.

Відновлення коронкової частини зуба здійснювали за допомогою встановлення композитного матеріалу. Фіксується композитний матеріал за допомогою ультрафіолетової лампи після чого шліфується за допомогою абразивних дисків та борів.

Після стоматологічних маніпуляцій може бути рекомендована комерційна м'яка дієта у вигляді консерви (Hills, Royal Canin) впродовж 1–3 днів.

Повторний огляд проводився через місяць та включав в себе огляд ротової порожнини, зуба до якого було застосовано лікування каналів та контрольну рентгенографію. Всім власникам тварин було рекомендовано домашній догляд у вигляді чистки зубів з використанням спеціальних зубних паст (Virbac Enzymatic, Dentisept, Ecuphar Orozyme) задля покращення гігієни ротової порожнини їх улюбленців.

Для оцінки ступеня запалення ясен застосовували загальноприйнятну систему гінгівального індексу (GI), основу якого складає шкала від нуля до трьох [12].

Результати та їх обговорення

У **таблиці 1** представлено дані пацієнтів, їх стать, породу та вік у кількісному та відсотковому значенні. Було досліджено 42 тварини, серед яких більшість самців – 42 (57,14 %) ніж самок – 18 (42,86 %).

та найменша кількість тварин породи лабрадор – 4 (9,52 %). Діапазон віку тварин у дослідженні варіювався від <1 року до 15 років, тому всіх тварин у дослідженні було поділено на 6 вікових груп. Вікова група від 6 до 12 років нараховувала найбільшу

кількість тварин з хворобами пульпи, а саме – 12 (28,58 %), група від 3 до 6 років нараховувала 11 тварин (26,19 %), від 1 до 3 років – 9 (21,43 %), від 10 до 15 років – 5 (11,90 %), тварини понад 15 років – 3 (7,14 %) та тварини до 1 року – 2 (4,76 %). Аналіз результатів, представлених у таблиці засвідчив кореляцію захворювань пульпи з віком та породою.

У **таблиці 2** продемонстровано кількісне та відсоткове значення випадків стоматологічних патологій за яких проводилося лікування кореневих каналів зубів у собак. Найбільша кількість випадків була зареєстрована у тварин з травматичним ураженням зубів – 17 (40,48 %), також великий відсоток зареєстрований у тварин з періапикальною інфекцією – 11 (26,19 %), тварин хворих на карієс зубів було 8 (19,05 %) та тварин хворих на резорбцію коренів зуба – 6 (14,29 %). Спираючись на дані з

таблиці 2, ми можемо зробити висновок, що найпоширенішою патологією зубів за якою проводилось лікування кореневих каналів було травматичне ураження зубів.

Таблиця 2

Показання до лікування кореневих каналів зубів у собак (n=42)

Захворювання зубів	Кількість випадків	
	n	%
Карієс	8	19,05
Травматичне ураження коронки зуба	17	40,48
Періапикальна інфекція	11	26,19
Резорбція кореня зуба	6	14,29

Методика проведення пломбування представлена на **рисунках 1–6**.



Рис. 1. Зовнішній вигляд різця до початку лікування



Рис. 2. Видалення каріозних тканин до твердих, здорових країв дентину



Рис. 3. Обтурація кореневого каналу термопластичним матеріалом (гуттаперча з силером)



Рис. 4. Механічна обробка каналів з використанням «H-Files MANI»



Рис. 5. Механічна обробка каналів з використанням «H-Files MANI»



Рис. 6. Контрольна рентгенографія після заповнення кореневих каналів та встановлення постійної пломби за допомогою композитного матеріалу

Післяопераційну оцінку больової реакції у тварин проводили з використанням шкали оцінки болю Глазго (CMPS). Дана шкала являє собою суму балів, де максимальний бал – 24, додаткове знеболення рекомендується при результаті 6/24 балів. Оцінку больової реакції після процедури проводили через 3 години після повного виходу тварини з загальної

анестезії в умовах стаціонарного лікування задля більш об'єктивного результату. У дослідній групі тварин було зафіксовано 2 випадки (4,76 % від загальної кількості тварин) в яких потрібно було додаткове знеболення після процедури. У двох випадках больова реакція після процедури була відмічена після проведення лікування травматичного ураження коронки зуба – 17,26 % (всього тварин з даною патологією 17 (40,48 %) від загальної кількості тварин з стоматологічною патологією. Собакам з вираженою больовою реакцією проводилась протизапальна терапія із застосуванням нестероїдних протизапальних засобів (мелоксикам у дозі 0,2 мг/кг) протягом 3–7 днів з подальшим виконанням контрольної рентгенографії. З метою профілактики вторинної інфекції використовували антибактеріальні засоби (енроксил 5 % підшкірно у дозі 2,5 мг енрофлоксацину на 1 кг маси тіла).

Пломбувальний матеріал. Повторний огляд стоматологічних пацієнтів здійснювався через місяць після проведення лікування а також через півроку. Особливу увагу звертали на наявність запалення ясен ротової порожнини застосовуючи систему гінгівального індексу (GI), основу якого складає шкала від нуля до трьох по ступеню запалення. Також оцінювали больову реакцію та результати рентгенографії.

У 39 тварин яким було застосовано ендодонтичне лікування з реконструкцією коронкової частини зуба із застосуванням композитних фотополімерних матеріалів (Filtek (3M), Tetric EvoCeram, Charisma) ускладнень та втрати матеріалу не було виявлено. У 3 тварин, яким використовували інші, більш бюджетні матеріали по бажанню власників, а саме склоіономерні цементи (Fuji IX, Ketac Molar) не протримались більше 6 місяців за рахунок збільшення навантаження на зуб та стирання/розтріскування матеріалу.

Практичне використання для пломбування різних матеріалів дозволила встановити певні закономірності (*табл. 3*).

Висока якість матеріалу корелювала значною варіативністю, але дозволяла використовувати його для формування постійних пломб та прогнозувати тривалий період захисту зуба. Оптимальним матеріалом для пломбування зубів у собак є композит. На нашу думку вирішальним фактором для вибору матеріалу є період, впродовж якого він буде зберігати свої властивості. Це пов'язано із необхідністю використання загального знеболювання за кожної маніпуляції, що збільшує ризики побічних ефектів системних релаксантів та анестетиків.

Таблиця 3

Клінічні характеристики пломбувальних матеріалів

Матеріал	Якість	Вартість	Використання	Основні характеристики
Композит	висока	висока	в якості постійної пломби	потребує ізоляції при накладанні
Склоіомери	середня	середня	за помірного навантаження на зуб	середня міцність
Цинк-оксид-евгенольний цемент	низька	низька	тільки як тимчасова пломба	крихкий, відносно швидко розчиняється
Амальгама	низька	низька	як постійна пломба, але майже не використовується	містить ртуть, має неестетичний вигляд, застарілий метод

Ветеринарна ендодонтія стрімко розвивається за рахунок зростання кількості домашніх тварин та бажання власників забезпечити їм добробут. З'являється все більше методик лікування та нові засоби. Однак вибір методики лікування потребує індивідуального підходу, з урахуванням етіології ураження, загального стану тварини та доступних матеріалів [13]. Деякі автори зазначають ефективність використання біокерамічних матеріалів (діоксид цирконію та гідроксиапатит) при виконанні інтенційної реплантації (IP) при котрій спочатку видаляють та контролюють інфіковані тканини, потім герметизують кореневу поверхню та повертають зуб у альвеолу з метою збереження ураженого зуба [14, 15]. Але ми не використовували даний матеріал у нашому дослідженні по причинах надвисокої вартості та обмеженими дослідженнями використання біокераміки у ветеринарії.

Також важливим етапом у відновленні функції зуба та подальшої профілактики захворювань ротової порожнини після проведення лікування є регулярний домашній догляд та ретельне пояснення правил власникам тварин [16, 17].

Як зазначено у дослідженнях Enlund et al. (2020) найкращим методом задля профілактики хвороб зубів є регулярне чищення зубів тварин, не менше 3 разів на тиждень в домашніх умовах та раз на 6 місяців в умовах ветеринарної клініки [18].

На ринку представлено велике різноманіття засобів для догляду за зубами, які не потребують безпосереднього чищення якщо є проблема взаємодії між власником та твариною, наприклад стоматологічні корми та жувальні пасти, які механічно видаляють зубний наліт, а також засоби з хімічними компонентами, які усувають зубний наліт (ласощі, гелі, спреї) [19].

Таким чином ми погоджуємося з дослідженнями інших науковців, щодо того, що завдяки використанню комплексного діагностичного підходу зокрема рентгенографії та новітніх протоколів ендодонтичного лікування, особливо в умовах зростаючої поширеності стоматологічної патології ми маємо можливість підвищити ефективність лікування та знизити ризики ускладнень до мінімуму [20–22].

Висновки

Встановлено, що стоматологічні хвороби більш поширені у собак дрібних порід віком від 6 до 10 років. Основним показанням до пломбування каналів виступають травматичне ураження коронки зуба (40,48 %), періапикальна інфекція (26,19 %) та карієс зубів (19,05 %). Захворювання зубів, які супроводжуються пульпітом найчастіше діагностують у самців йоркширських тер'єрів (26,19 %) та метисів масою тіла до 6 кг (21,43 %) на тлі піку захворюваності у віці від 6 до 10 років. Порівняння практичного застосування пломбувальних матеріалів засвідчило, що саме композитні матеріали забезпечують найкращий захист зуба, зручність у використанні та довготривале зберігання механічної цілісності. Насамперед при виборі матеріалу потрібно враховувати всі властивості задля уникнення

розвитку ускладнень. Успішне ендодонтичне лікування у ветеринарній медицині включає в себе поєднання сучасних методик, компетенцію спеціалістів та обізнаність власників тварин тому неодмінно потребує подальших досліджень.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Girard, N., Southerden, P., & Hennet, P. (2006). Root canal treatment in dogs and cats. *Journal of Veterinary Dentistry*, 23 (3), 148–160. <https://doi.org/10.1177/089875640602300304>
2. Lee, D. B., Arzi, B., Kass, P. H., & Verstraete, F. J. M. (2022). Radiographic outcome of root canal treatment in dogs: 281 teeth in 204 dogs (2001–2018). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260 (5), 535–542. <https://doi.org/10.2460/javma.21.03.0127>
3. Paula-Silva, F. W. G., Arnez, M. F. M., de Campos Chaves Lamarque, G., Petille, R., Ribeiro-Santos, F. R., de Sena, M. F., Nelson-Filho, P., & da Silva, L. A. B. (2021). Osteoclast formation, inflammation, and matrix metalloproteinase-9 are downregulated in bone repair following root canal treatment in dogs teeth. *Clinical Oral Investigations*, 25 (7), 4699–4707. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03784-0>
4. Kolsuz, M. E., Ekim, O., Irmak, Ö., Evli, C., Bakici, C., & Demirel, G. (2024). Near-infrared light transillumination for occlusal caries detection in dog teeth: A comparative study. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 71 (1), 27–30. <https://doi.org/10.33988/auvfd.1149921>
5. Menzies, R. A., Reiter, A. M., & Lewis, J. R. (2014). Assessment of apical periodontitis in dogs and humans: A review. *Journal of Veterinary Dentistry*, 31 (1), 8–21. <https://doi.org/10.1177/089875641403100101>
6. Hale F. A. (2009). Dental caries in the dog. *The Canadian Veterinary Journal*, 50 (12), 1301–1304.
7. Gorrel, C. (2013). *Veterinary Dentistry for the General Practitioner*, (72–88). Elsevier
8. Baird, M., Woon Ang, P., Clark, I., Bishop, D., Oshima, M., Cook, M. C., Hemmings, C., Takeishi, S., Worthley, D., Boussioutas, A., Wang, T. C., & Taupin, D. (2013). The unfolded protein response is activated in Helicobacter-induced gastric carcinogenesis in a non-cell autonomous manner. *Laboratory Investigation*, 93 (1), 112–122. <https://doi.org/10.1038/labinvest.2012.131>
9. Wolf, T. G., Anderegg, A. L., Yilmaz, B., & Campus, G. (2021). Root Canal morphology and configuration of the mandibular canine: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (19), 10197. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910197>
10. Hennet, P., & Girard, N. (2005). Surgical endodontics in dogs: a review. *Journal of Veterinary Dentistry*, 22 (3), 148.
11. Greene, E., Rendahl, A., & Goldschmidt, S. (2022). The anatomical relationship between the mandibular first molar roots and the mandibular canal based on breed size and skull type. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.956976>
12. Bloor, C. (2017). Dentistry treatments for gingivitis and periodontal disease. *The Veterinary Nurse*, 8 (10), 542–546. <https://doi.org/10.12968/vetn.2017.8.10.542>
13. Zacher, A., & Marretta, S. M. (2022). Diagnosis and management of furcation lesions in dogs – a review. *Journal of Veterinary Dentistry*, 39 (2), 151–172. <https://doi.org/10.1177/08987564221076908>
14. Yin, L., Yan, G., Cao, Y., & Liu, C. (2023). Bioceramics-based intentional replantation for root canal therapy in beagle dogs. *The Pakistan Veterinary Journal*, 43 (3). <https://doi.org/10.29261/pakvetj/2023.084>
15. Park, S., Paek, S.-H., Kim, B., & Lee, J.-T. (2022). Assessment of bone height changes based on the cone-beam computed tomography following intentional replantation for periodontally compromised teeth. *Medicina*, 59(1), 40. <https://doi.org/10.3390/medicina59010040>

16. Harvey, C., Serfilippi, L., & Barnvos, D. (2015). Effect of frequency of brushing teeth on plaque and calculus accumulation, and gingivitis in dogs. *Journal of Veterinary Dentistry*, 32 (1), 16–21. <https://doi.org/10.1177/089875641503200102>
17. Abood, S. K. (2007). Increasing adherence in practice: Making your clients partners in care. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 37 (1), 151–164. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2006.09.011>
18. Enlund, K. B., Brunius, C., Hanson, J., Hagman, R., Höglund, O. V., Gustås, P., & Pettersson, A. (2020). Dental home care in dogs - a questionnaire study among Swedish dog owners, veterinarians and veterinary nurses. *BMC Veterinary Research*, 16 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02281-y>
19. Gawor, J., Jank, M., Harvey, C. E., & Nicolas, C. S. (2024). Effectiveness of dental homecare protocols in unscaled dogs. *Journal of Veterinary Dentistry*, 42 (3), 176–181. <https://doi.org/10.1177/08987564241292769>
20. Thatcher, G. (2020). Performing dental procedures in dogs and cats without dental radiographs: Malpractice?. *The Canadian Veterinary Journal*, 61 (2), 197–200.
21. Whyte, A., Whyte, J., Monteagudo, L. V., García-Barrios, A., & Tejedor, M. T. (2021). Periodontal and dental status in packs of spanish dogs. *Animals*, 11 (4), 1082. <https://doi.org/10.3390/ani11041082>
22. Sauer, L., Gualberto Oliveira, N. G. S., Andrade, L. P. O., Da Silva, E. B., De Lavor, M. S. L., Wenceslau, A. A., & Alberto Carlos, R. S. (2018). Occurrence of dental disorders in dogs. *Acta Scientiae Veterinariae*, 46 (1), 6. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.88162>

ORCID

U. Voloboieva 

<https://orcid.org/0009-0002-1882-7535>

D. Bilyi 

<https://orcid.org/0000-0003-3896-0384>



2025 Voloboieva U. and Bilyi D. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Algorithm for conducting a comprehensive forensic veterinary examination with the study of potential and toxic substances for isoniazid poisoning in animals

V. Bulavina¹✉ | I. Yatsenko¹ | K. Rudnieva¹ | O. Nikiforova² | O. Mazannyi² | R. Kolobniev¹ | N. Kozakova¹ | V. Yefimov¹

Article info

Correspondence Author

V. Bulavina

E-mail:

viktoriyabulavina84@gmail.com

¹ National Scientific Center "Hon. Prof. M. S. Bokarius Forensic Science Institute", 8-a Zolochenska Str., Kharkiv, Ukraine, 61177, Ukraine

² State University of Biotechnology, Alchevsky Str., 44, Kharkiv, 61002, Ukraine

Citation: Bulavina, V., Yatsenko, I., Rudnieva, K., Nikiforova, O., Mazannyi, O., Kolobniev, R., Kozakova, N., & Yefimov, V. (2025). Algorithm for conducting a comprehensive forensic veterinary examination with the study of potential and toxic substances for isoniazid poisoning in animals. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 231–235. doi: 10.31210/spi2025.28.02.36

In recent decades, there has been a significant increase in the number of stray animals. The main reason for this is the irresponsible attitude of people, which leads to uncontrolled reproduction of animals, the appearance of unwanted offspring on the streets. The lack of sterilization of animals that do not have breed value and are not used for breeding worsens the situation. Cases of poisoning of domestic animals with isoniazid have become more frequent, when they accidentally consume poisoned food or bait containing poison. Intentional poisoning of both stray and domestic animals is recorded. Although the current legislation of Ukraine provides for liability for cruelty to animals (Article 89 of the Code of Ukraine on Administrative Offenses and Article 299 of the Criminal Code), the number of such cases remains high. This is due to the lack of clear, civilized mechanisms for solving the problem. The regulation of the number of stray dogs, which is mainly carried out by municipal enterprises through the creation of shelters and detention centers, does not give the desired results. Unfortunately, the problem remains acute, and its solution is often controlled by unauthorized methods. Among such methods, the use of poisonous baits is widespread, in particular isoniazid (tubazid) - isonicotinic acid hydrazide. This drug, which is usually used in medicine to treat tuberculosis, is included in the list of the ten most dangerous drugs for dogs, determined by the American Society for the Prevention of Cruelty to Animals. Isoniazid is especially toxic to dogs due to the absence in their body of the enzyme N-acetyltransferase, necessary for metabolic transformations. Once in the dog's body, the drug is quickly absorbed into the blood, causing irreversible disorders and serious health consequences.

Keywords: forensic veterinary examination, dogs, animal cruelty, poisoning, isoniazid.

Алгоритм проведення комплексної судової ветеринарної із дослідження сильнотоксичних та отруйних речовин експертизи за отруєння тварин ізоніазидом

В. С. Булавина¹ | І. В. Яценко¹ | К. Є. Руднєва¹ | О. В. Нікіфорова² | О. В. Мазанний² | Р. С. Колобнєв¹ | Н. О. Козакова¹ | В. В. Єфімов¹

¹ Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» м. Харків, Україна

² Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Останні десятиліття спостерігається значне зростання кількості безпритульних тварин. Основною причиною цього є безвідповідальне ставлення людей, яке призводить до неконтрольованого розмноження тварин, появи небажаного потомства на вулицях. Відсутність стерилізації тварин, які не мають породної цінності, не використовуються для розведення, погіршує ситуацію. Почастішали випадки отруєння домашніх тварин ізоніазидом, коли вони випадково споживають отруєний корм чи приманки, в яких міститься отрута. Фіксуються умисні отруєння і безпритульних, і домашніх тварин. Хоча чинне законодавство України передбачає відповідальність за жорстоке поводження з тваринами (стаття 89 Кодексу України про адміністративні правопорушення та стаття 299 Кримінального кодексу), кількість подібних випадків залишається високою. Це обумовлено відсутністю чітких, цивілізованих механізмів вирішення проблеми. Регулювання чисельності безпритульних собак, яке переважно здійснюється комунальними підприємствами через створення притулків і центрів перетримки, не дає бажаних результатів. На жаль, проблема залишається гострою, а її вирішення часто контролюється несанкціонованими методами. Серед таких методів поширено використання отруйних приманок, зокрема ізоніазиду (тубазиду) – гідразиду ізоніотинової кислоти. Цей препарат, що зазвичай застосовується у медицині для лікування туберкульозу, входить до списку десяти найбільш небезпечних препаратів для собак, визначеного Американським товариством попередження жорстокості до тварин. Ізоніазид особливо токсичний для собак через відсутність у їхньому організмі ферменту N-ацетилтрансферази, необхідної для метаболічної перетворень. Потрапляючи в організм собаки, препарат швидко всмоктується в кров, спричиняючи незворотні порушення та серйозні наслідки для здоров'я.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, собаки, жорстоке поводження, отруєння, ізоніазид.

Бібліографічний опис для цитування: Булавина В. С., Яценко І. В., Руднєва К. Є., Нікіфорова О. В., Мазанний О. В., Колобнєв Р. С., Козакова Н. О., Єфімов В. В. Алгоритм проведення комплексної судової ветеринарної із дослідження сильнотоксичних та отруйних речовин експертизи за отруєння тварин ізоніазидом. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 231–235.

Вступ

Як в усьому світі, так і в Україні надзвичайно актуальним стало питання захисту тварин від жорстокого поводження і забезпечення їх благополуччя [1, 2]. Це пояснюється тим, що жорстока поведінка з тваринами, яка стає особливо значущою за умов її очевидності, негативно впливає на моральні засади суспільства в цілому та спричиняє деформацію психічного стану окремих людей, виступає джерелом інших кримінальних правопорушень проти життя та здоров'я людини [3].

Зауважимо, що за 2021 р. зареєстровано 526 злочинів за ст. 299 КК України [4]. На жаль, в Україні випадки жорстокого поводження з тваринами залишаються поширеним явищем, а отруєння займає одне з перших місць серед таких злочинів [5, 6]. Особливу тривогу викликає те, що люди часто стають свідками публічних страждань і загибелі тварин. Нерідко очевидцями цих подій є діти. [7].

Під час досудового розслідування справ про жорстоке поводження з тваринами використання спеціальних ветеринарних знань у вигляді судово-ветеринарної експертизи відіграє важливу роль як науково обґрунтований інструмент доказування у судових процесах. Цей напрямок було впроваджено у систему експертних установ Міністерства юстиції України у 2019 році за ініціативи Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» (далі – ННЦ ICE) [8]. Треба зазначити, що згаданий різновид судової експертизи в Україні є новим, а теоретичні, методологічні розробки щодо різних об'єктів судово-ветеринарної експертизи, у т. ч. й тварин, смерть яких настала від отруєння, знаходяться на початковому етапі їх реалізації на практиці. З огляду на це слідчі часто стикаються з труднощами під час організації розслідування та призначення судово-ветеринарної експертизи у такій категорії справ.

Ізоніазид, проявляє потужну бактерицидну активність, переважно до мікобактерій туберкульозу, і широко застосовується в медичній практиці для лікування цієї хвороби. При цьому, препарат доступний у аптеках без рецепта. Висока чутливість собак до ізоніазиду пов'язана з низькою активністю ферменту N-ацетилтрансферази в їхній печінці. З'єднання похідних ізоніазиду з піридоксином призводить до значного зниження синтезу γ -аміномасляної кислоти, виникають судоми, гіпоглікемічна кома та смерть собаки [3, 9–12].

При надходженні ізоніазиду в організм собаки велика частина препарату потрапляє в кров, спричиняючи серйозні незворотні зміни в організмі тварини. За даними літератури, ізоніазид легко проходить через гематоенцефалічний бар'єр та накопичується в різних тканинах і рідинах організму. Він швидко всмоктується в тонкому кишечнику, при цьому близько 50–70 % препарату виводиться нирками у незмінному вигляді. Серед активних метаболітів ізоніазиду виділяється ізонікотиніламід. Також, цей препарат піддається гідроксилюванню та утворює гідразони з піровиноградною та α -кетоглутаровою кислотами [4, 8, 10, 13, 14].

Після отруєння ізоніазидом максимальна концентрація препарату в організмі собаки досягається менш ніж за дві години, а перші симптоми проявляються вже через 30–60 хвилин. У собак спостерігаються сонливість, порушення координації (атаксія), тремор, слабкість кінцівок, надмірне виділення слини, блювота (часто з кров'ю), судоми, а в подальшому порушення дихальної функції та діяльності серця, кома. Без відповідного лікування смерть настає протягом трьох годин практично у всіх випадках. Для собаки летальною може бути доза 50 мг ізоніазиду на 1 кг маси тіла. При цьому одна таблетка містить 300 мг активної речовини [3, 8, 10, 11, 13, 15].

Як зазначають дослідники, під час патолого-анатомічного розтину собак, що загинули від отруєння ізоніазидом, реєструються такі зміни: загальна венозна гіперемія, гостра дилатація правого шлуночка серця, застійна гіперемія і набряк легенів, гастроентерит катарального характеру, а також застійна гіперемія і дистрофічні зміни печінки, нирок і рідше – випадки панкреонекрозу. На цьому етапі для гістологічного і токсикологічного досліджень відбираються зразки органів і тканин, а також кров, сеча та вміст шлунка [10, 13, 14, 16–18].

За даними літератури, залишковий ізоніазид може тривалий час зберігатися в різних умовах після смерті тварини. Так, при відкритому доступі до трупа препарат і його продукти розпаду залишаються у шлунку, тонкому кишечнику і нирках протягом п'яти місяців, у печінці – протягом чотирьох місяців, у мозку – до трьох місяців. Проте, при захороненні трупів у землю цей період значно скорочується [10, 13, 15, 16, 19].

Мета дослідження

Мета дослідження – проаналізувати досвід використання спеціальних ветеринарних знань під час розслідування злочинів жорстокого поводження з тваринами, зокрема їх умисного отруєння, а також алгоритм судово-ветеринарного дослідження трупів тварин за їх отруєння з метою надання висновку експерта в категоричній формі.

Матеріали і методи

Матеріалом дослідження були екстракти з проб гомогенізованих внутрішніх органів, відібраних від трупів тварин, смерть яких, за клінічними ознаками, настала від отруєння. Зазначені екстракти досліджувались за допомогою газового хроматографа з мас-селективним детектуванням (Shimadzu, Японія).

Для виконання роботи використовувалися загальні методи (аналіз, синтез, індукція, дедукція, моделювання, формалізація та абстрагування), окремі методи (метод відбирання проб), спеціальний метод, функції якого виконує хроматографічний метод дослідження проб для виявлення ізоніазиду. Об'єктами дослідження були трупи собак ($n=30$), які поступили до ННЦ ICE для проведення судово-ветеринарної експертизи у зв'язку з їх ймовірним отруєнням.

Результати та їх обговорення

Встановлення факту загибелі тварин від отруєння доцільно здійснювати з урахуванням запропонованого нами алгоритму, зокрема:

- огляд трупа тварини на місці події із обов'язковим залученням спеціаліста ветеринарної медицини та укладання протоколу огляду;
- внесення правоохоронним органом інформації про правопорушення до ЄРДР і відкриття кримінального провадження;
- укладання постанови про призначення судово-ветеринарної експертизи [20]. У процесуальному документі про призначення судової експертизи (постанові слідчого чи прокурора або в ухвалі суду) у разі смерті тварини з підозрою на отруєння можуть бути поставлені питання, перелік яких запропонований І. В. Яценком [20];
- спрямування трупа тварини до експертної установи для проведення судово-ветеринарного дослідження;
- проведення судово-ветеринарного дослідження трупа тварин [21];
- формулювання підсумків та укладання висновку експерта;
- долучення висновку судового експерта до матеріалів кримінального провадження.

Доцільно виокремити ще одну проблему, що постає перед судово-ветеринарним експертом: встановити причинно-наслідковий зв'язок між смертю тварини та її отруєнням. Вважаємо, що для дотримання принципів судово-експертної діяльності, зокрема, принципу об'єктивності, обґрунтованості, правильності й правдивості судово-експертних досліджень, проведення судовим експертом лише судово-ветеринарного розтину буде не достатнім, адже виявлені патоморфологічні зміни в трупі тварини будуть не специфічними, отже, не інформативними для надання висновку експерта у категоричній формі. У разі настання смерті собак від отруєння ізоніазидом (протитуберкульозним препаратом) у тварин, що загинули, під час патологоанатомічного розтину превальювали наступні ознаки: загальна венозна гіперемія (n=15), гострий катаральний гастроентерит (n=9), крововиливи в підшлунковій залозі та панкреонекроз (n=3), гостре розширення правого шлуночка серця (n=11), гостра застійна гіперемія та набряк легень (n=14), гіперемія та дистрофія печінки (n=8). Нирки кровонаповнені, збільшені в об'ємі; поверхня органу гладка, капсула нирки знімається легко; межа між кірковою і мозковою речовиною виражена чітко; кіркова речовина коричнево-вишневого, а мозкова – червоно-рожевого кольору.

Результати наших досліджень щодо не специфічності патоморфологічних змін за отруєння собак ізоніазидом цілком узгоджуються із даними, приведеними іншими дослідниками, зокрема, С. В. Шкурдою, Д. Ю. Шинкаренком, В. В. Пасічником, К. П. Королем, О. О. Посільським [14], В. Г. Павлушко, М. М. Омелянцем, С. Є. Гаркушою, Д. М. Клименком [10] та інших.

З огляду на вищевикладене, для об'єктивного діагностування отруєння тварин необхідно додатково провести хіміко-токсикологічне дослідження вмісту шлунково-кишкового тракту трупа тварини, а також корму, який згодовували підекспертній тварині та який потенційно міг містити приховану отруту. Нині отруєння тварин, зокрема собак, часто здійснюють, використовуючи протитуберкульозні антибіотики, які використовуються в гуманній медицині (ізоніазид, рифампіцин тощо).

Слід акцентувати увагу на тому, що такі дослідження успішно проводяться в ННЦ ІСЕ, ДП «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л. І. Медведя» Міністерства охорони здоров'я України, Державному науково-дослідному інституті з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи та інших акредитованих лабораторіях та наукових установах.

Покажемо на конкретному прикладі із власної судово-експертної практики алгоритм встановлення причини смерті собаки, труп якої досліджували в ННЦ ІСЕ. Із постанови слідчого про призначення судово-ветеринарної експертизи за фактом підозри смерті собаки від отруєння відомо, що її годували шматочками ковбаси, які й надані на дослідження разом із трупом тварини в судово-експертну установу. Під час мікроскопії шматочків ковбаси будь-які частинки порошкоподібної речовини або часток пігулок не виявлено. Для подальшого дослідження частина ковбаси, а також вмісту шлунку підекспертного трупа собаки, гомогенізації зразків з наступною екстракцією ізоніазиду розчином етилового спирту.

Далі проводили дослідження об'єктів методом газової хроматографії з мас-селективним детектуванням з метою якісного визначення компонентного складу об'єктів дослідження. Для цього етанольний розчин об'єкта аналізували на хроматографі газовому «Shimadzu GS» з мас-спектрометричним детектором – GSMS-QP2020 за таких умов: капілярна колонка – CH-Rxi-5 ms, довжина – 30 м, діаметр – 0,25 мм, фаза – 0,25 мкм, газ-носіє – гелій, постійний потік 1,5 мл/хв, Split 10 : 1, температура випарника 250 °C, температура колонки: Т поч. = 60 °C, швидкість нагріву 20 °C/хв., Т кінц. = 280 °C, температура інтерфейса Т=250 °C, проба – 1 мкл.

Ідентифікація сполуки здійснювалася за мас-спектрами та індексами утримання. В результаті проведеного дослідження на хроматограмі досліджуваного об'єкта виявлений пік, що відповідає ізоніазиду, з індексом утримання 8,739 (рис. 1).

Також для встановлення у складі об'єктів ізоніазиду були проведені наступні хімічні дослідження: з 10 % розчину азотнокислого срібла (за позитивної реакції через 3–5 хв у полі зору мікроскопу спостерігали утворення призматичних кристалів або їх зростки у вигляді снопів, а також реакції з 1 % спиртовим розчином м-динітробензолу та 10 % розчином їдкого натру (до частини спиртового розчину об'єктів додавали по краплі 1 % спиртового розчину м-динітробензолу та 10 % розчин їдкого натру.

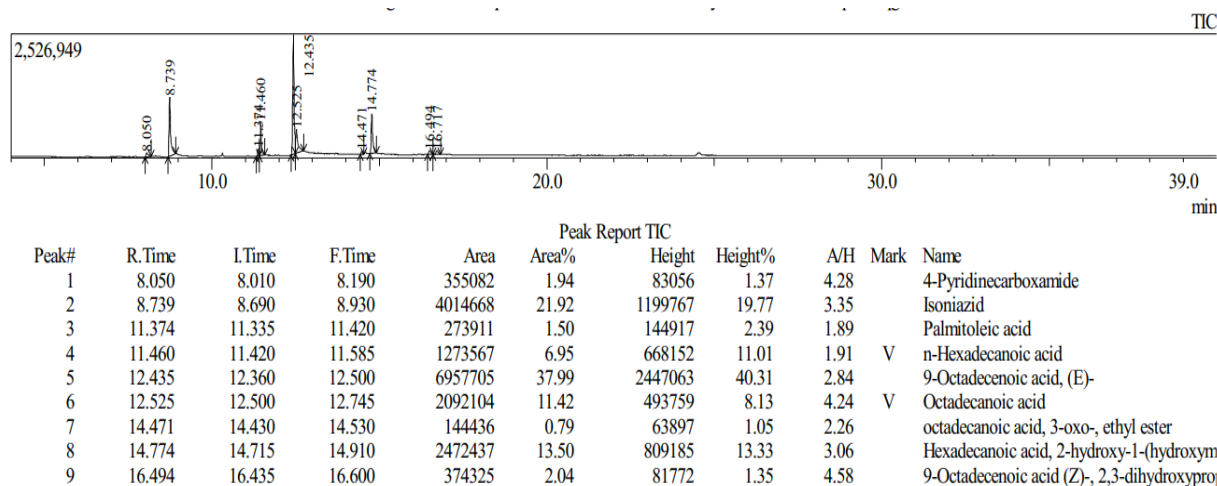


Рис. 1. Хроматограма досліджуваних об'єктів: пік, що відповідає ізоніазиду, з індексом утримання 8,739

Отриману суміш нагрівали в киплячій водянній бані. При цьому спостерігали утворення забарвлення суміші у фіолетово-червоний колір, що підтверджує наявність ізоніазиду).

Таким чином, під час проведення судово-ветеринарної експертизи 30 собак з підозрою на їх отруєння в ННЦ ICE було підтверджено отруєння тварин ізоніазидом у 16 випадках, що становить майже 54 %. Тобто, варто наголосити, що даний метод є досить об'єктивним, швидким, практичним, а отримані результати достовірними.

Висновки

Враховуючи високу чутливість, відтворюваність та достовірність методів, їх можна рекомендувати для діагностики отруєння собак ізоніазидом під час проведення судово-ветеринарної експертизи у кримінальних провадженнях, які відкривають у зв'язку із жорстоким поводженням з тваринами в результаті їх смертельного отруєння.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у характеристиці етапів призначення та стадій проведення комплексної судової експертизи за отруєння тварин.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

- Bolshov, Ye., Miroshnichenko, A., & Pyrokhova, D. (2013). Yevro mynulo – bezdomni sobaky vse shche z namy. *Dzerkalo Tyzhnia*, 12. Retrieved from: <https://zn.ua/ukr/SOCIUM/yevro-minulo-bezdomni-sobaki-vse-sche-z-nami-.html> [in Ukrainian]
- Monsalve, S., de Souza, P. V., Lopes, A. S., Leite, L. O., Polo, G., & Garcia, R. (2021). Veterinary forensics, animal welfare and animal abuse: perceptions and knowledge of Brazilian and Colombian veterinary students. *Journal of Veterinary Medical Education*, 48 (6), 640–648. <https://doi.org/10.3138/jvme-2019-0138>
- Alleyne, E., & Parfitt, C. (2017). Adult-perpetrated animal abuse: A systematic literature review. *Trauma, Violence, & Abuse*, 20 (3), 344–357. <https://doi.org/10.1177/1524838017708785>

- Vyroky 2021. Zhorstoke povodzhennia z tvarynamy. (n.d.). *Yedynyi Derzhavnyi Reiestr Sudovykh Rishen*. Retrieved from: <https://reyestr.court.gov.ua/> [in Ukrainian]
- Bulavina, V. S., Zarubina, M. V., Sych, I. V., Perekhoda, L. O., Baiurka, S. V., & Sych, I. A. (2020). Khimiko-toksykologichnyi analiz izoniazidu v sudovo-veterynarnii ekspertyzi. *Teoretychni ta praktychni aspekty doslidzhennia likarskykh roslin : materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (Kharkiv, 26–27 lystopada 2020)*. (pp. 61–62). Kharkiv: NFaU, 61–62. Retrieved from: <https://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/24034/1/61-62.pdf> [in Ukrainian]
- Mul'skyi, O. (2018). Chomu Ukraina – odna z lideriv za kilkistiu bezprytnykh tvaryn, i yak tse zminyty. *Ukrainska Pravda*. Retrieved from: <https://life.pravda.com.ua/society/2018/03/7/229362/> [in Ukrainian]
- Hensley, C., & Ketron, J. B. (2018). The predictive ability of childhood animal cruelty methods for later interpersonal crimes. *Behavioral Sciences & the Law*, 36 (6), 730–738. <https://doi.org/10.1002/bsl.2369>
- Yatsenko, I., & Derecha, L. (2019). Possibilities of forensic veterinary as a new type of forensic science. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*, 19 (1), 550–567. <https://doi.org/10.32353/khrife.1.2019.44>
- Isoniazid. (n.d.). *Kompendyum 2008 – likarski preparaty*. Retrieved from: <https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/name/isoniazid.10> [in Ukrainian]
- Pavlunko, V. G., Omelianenko, N. N., Garkusha, S. E., & Klimenko, D. M. (2018). Histological changes in dogs with acute poisoning with isoniazid. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 2, 136–139. <https://doi.org/10.31890/vtvp.2018.02.35>
- Human Medications Top the List of ASPCA Animal Poison Concerns. (2015). *American Society for the Prevention of Cruelty to Animals*. Retrieved from: <https://www.aspc.org/about-us/press-releases/human-medications-top-list-aspc-animal-poison-concerns>
- Schmid, D. R., Lee, J. A., Wismer, T. A., Diniz, P. P. V. P., & Murtaugh, R. J. (2017). Isoniazid toxicosis in dogs: 137 cases (2004–2014). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 251 (6), 689–695. <https://doi.org/10.2460/javma.251.6.689>
- Shestakova, M. O., & Shkvaria, M. M. (2016). Otruiennia sobak izoniazidom u misti Dnipropetrovsk. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Nds Biobezpeky ta Ekologichnogo Kontroliu Resursiv APK*, 2 (4), 29–34. [in Ukrainian]
- Shkurdoda, S. V., Shynkarenko, D. Yu., Pasichnyk, V. V., Korol, K. P., & Posil'skyi, O. O. (2021). Ekspertne doslidzhennia izoniazidu v miasnii produktii. *Kryminalistyka i Sudova Ekspertyza*, 66, 616–627. [in Ukrainian]
- Bayer, O. V., Bondarets, O. V., Dobrozhan, Yu. V., Liniichuk, N. V., Stupak, O. M., Dereviaga, G. I., Shevchenko, L. V., & Mykhalska, V. M. (2018). Sposib vyznachennia izoniazidu v orhanizmi sobak pry otruienni. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 498–502. https://doi.org/10.15421/2018_241 [in Ukrainian]

16. Kotsyumbas, H., Dancovych, R., & Vretsona, N. (2018). Pathomorphology and diagnosis of dogs poisoning with isoniazid. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 108–114. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8321>
17. Maurer, H. H., Pfleger, K., & Weber, A. A. (2017). *Mass Spectral and GC data of Drugs, Poisons, Pesticides, Pollutants and Their Metabolites. 5th, revised and enlarged editions*. Homburg (Saar), Germany.
18. Touroo, R., & Fitch, A. (2016). Identification, collection, and preservation of veterinary forensic evidence. *Veterinary Pathology*, 53 (5), 880–887. <https://doi.org/10.1177/0300985816641175>
19. Novozhytska, Yu. M. (2015). Laboratorna diahnozyka otruien sobak. *Visnyk Ahraryoi Nauky*, 3, 37–38. [in Ukrainian]
20. Yatsenko, I. V. (2022). Problemy ukladannia upovnovazhenoiu osoboiu postanovy pro pryznachennia sudovo-veterynarnoi ekspertyzy ta shliakhy yikh vyreshennia. *Forum Prava*, 73 (2), 6–21. <http://doi.org/10.5281/zenodo.6471059> [in Ukrainian]
21. Yatsenko, I. V., & Kazantsev, R. H. (2021). The procedure of conducting an animal's corpse forensic veterinary examination in the dissecting room of specialized expert institution. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 7, 179–191. <https://doi.org/10.31890/vtp.2021.07.28>

ORCID

- | | |
|---|---|
| V. Bulavina  | https://orcid.org/0000-0001-8746-9693 |
| I. Yatsenko  | https://orcid.org/0000-0001-8903-2129 |
| K. Rudnieva  | https://orcid.org/0000-0002-7676-749X |
| O. Nikiforova  | https://orcid.org/0000-0001-5586-5886 |
| O. Mazanniy  | https://orcid.org/0000-0002-4442-4011 |
| R. Kolobniev  | https://orcid.org/0000-0002-4343-4728 |
| N. Kozakova  | https://orcid.org/0009-0000-6617-3228 |
| V. Yefimov  | https://orcid.org/0009-0002-0485-169X |



2025 Bulavina V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

V. Bulavina¹  | I. Yatsenko¹ | K. Rudnieva¹ | O. Nikiforova² | O. Mazanniy² | R. Kolobniev¹ | N. Kozakova¹ | V. Yefimov¹

Features of seasonal dynamics of eimeriosis in chickens

V. Hodyna  | S. Mykhailiutenko

Article info

Correspondence Author

V. Hodyna

E-mail:

viktor.hodyna@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Hodyna, V., & Mykhailiutenko, S. (2025). Features of seasonal dynamics of eimeriosis in chickens. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 236–241. doi: 10.31210/spi2025.28.02.37

Protozoa of the genus *Eimeria* are pathogens that cause a dangerous disease called eimeriosis, which causes significant losses to poultry farming due to high mortality of young birds. In chickens, *Eimeria* is localized and multiplies in the epithelial cells of the intestinal mucosa, which leads to specific clinical symptoms such as enteritis, exhaustion, dehydration, mainly in chickens, and a decrease in growth rate and productivity in adult laying hens. Due to the high stability of *Eimeria* oocysts in the external environment and their ability to survive for a long time, eimeriosis is a widespread invasion in the world, especially in farms with floor-based housing technology. The aim of the work was to establish the features of the seasonal dynamics of eimeriosis in chickens in private farms of the Poltava region. The study of birds was carried out by quantitative detection of *Eimeria* sp. oocysts every month during the year, and indicators of the extensiveness and intensity of eimeriosis invasion were established. The conducted coproovoscopic studies have established that starting from the winter period, the indicators of the extensiveness and intensity of eimeriosis invasion in chickens gradually increase and are in winter – 12.78 % and 726.78 oocysts/g, in spring – 32.22 % and 859.98 oocysts/g, in summer – 47.78 % and 966.93 oocysts/g and reach maximum values in autumn – 52.22 % and 1316.06 oocysts/g, respectively. In terms of months during the year, the peak of eimeriosis invasion was established during September–October, where the indicators of extensiveness and intensity of the invasion were 60.0–63.33 % and 1388.97–1461.87 oocysts/g, respectively. The minimum indicators of extensiveness and intensity of eimeriosis invasion were established during December–February – 10.0–13.33 % and 564.11–735.13 oocysts/g, respectively. In other months, the indicators of extensiveness and intensity of eimeriosis invasion ranged from 18.33 to 56.67 % and from 775.36 to 1126.52 oocysts/g, respectively. The obtained data allow us to take into account the peculiarities of seasonal dynamics of eimeriosis in chickens when planning therapeutic, preventive and diagnostic measures in private farms of the Poltava region with floor-based housing technology.

Keywords: parasitology, chickens, eimeriosis, seasonal dynamics, invasiveness rates.

Особливості сезонної динаміки еймеріозу курей

В. П. Година | С. М. Михайлютенко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Найпростіші організми роду *Eimeria* є збудниками, які викликають небезпечне захворювання еймеріоз, що завдає ватомі збитки птахівництву внаслідок високої летальності молодянку. Еймерії у курей локалізуються та розмножуються в епітеліальних клітинах слизової оболонки кишечника, що призводить до специфічних клінічних симптомів, таких як ентерит, виснаження, зневоднення, переважно у курчат, та зниження інтенсивності росту і продуктивності у дорослих курей-несучок. Завдяки високій стійкості ооцист еймерій у зовнішньому середовищі та їх можливості виживати протягом тривалого часу, еймеріоз є значно поширеною у світі інвазією, особливо у господарствах з підлоговою технологією утримання. Метою роботи було встановити особливості сезонної динаміки еймеріозу курей в умовах приватних господарств Полтавської області. Дослідження птахів проводили способом кількісного виявлення ооцист *Eimeria* sp. кожного місяця впродовж року, встановлювали показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії. Проведеними копроовоскопічними дослідженнями встановлено, що починаючи із зимового періоду, показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії у курей поступово зростають і становлять взимку – 12,78 % та 726,78 ооцист/г, навесні – 32,22 % та 859,98 ооцист/г, влітку – 47,78 % та 966,93 ооцист/г і набувають максимальних значень восени – 52,22 % та 1316,06 ооцист/г відповідно. У розрізі місяців впродовж року пік еймеріозної інвазії встановлено впродовж вересня–жовтня, де показники екстенсивності та інтенсивності інвазії становили 60,0–63,33 % та 1388,97–1461,87 ооцист/г відповідно. Мінімальні показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії встановлено впродовж грудня–лютого – 10,0–13,33 % та 564,11–735,13 ооцист/г відповідно. В інші місяці показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії коливалися у межах від 18,33 до 56,67 % та від 775,36 до 1126,52 ооцист/г відповідно. Отримані дані дозволяють враховувати особливості сезонної динаміки еймеріозу курей при плануванні лікувально-профілактичних та діагностичних заходів в умовах приватних господарств Полтавської області з підлоговою технологією утримання.

Ключові слова: паразитологія, кури, еймеріоз, сезонна динаміка, показники інвазованості.**Бібліографічний опис для цитування:** Година В. П., Михайлютенко С. М. Особливості сезонної динаміки еймеріозу курей. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 236–241.

Вступ

Еймеріоз є однією з найважливіших причин економічних втрат у птахівництві, які в основному зумовлені порушенням конверсії корму, пригніченням росту, втратою ваги, зниженням продуктивності та якості продукції, високою смертністю, особливо серед молодняку. Крім цього, еймеріозна інвазія спричинює значні виробничі втрати, так як проведення лікувально-профілактичних заходів потребує великих витрат [1–8].

Кури заражаються найпростішими роду *Eimeria*, заковтуючи інвазійні ооцисти з підстилки, ґрунту, забрудненого корму та води. Заражені птахи виділяють ооцисти з послідом та є джерелом інвазії для інших птахів. Оскільки ооцисти еймерій можуть виживати протягом тривалого часу в організмі інвазованих птахів та навколишньому середовищі, паразит є значно розповсюдженим у птахо-господарствах більшості країн світу, де вирощують курей [9–11].

Про значне поширення еймеріозу серед курей свідчать науковці з різних регіонів Алжиру, де інвазованість курей коливається в межах від 54,28 до 55,0 % [12, 13]. Водночас, на території Ефіопії показники екстенсивності еймеріозної інвазії курей сягали 71,7 % [14], Саудівської Аравії – 80 % [15], Нігерії – від 42,7 до 87,4 % [16, 17]. Незначно нижчі показники інвазованості курей еймеріями зафіксовано у господарствах Ірану – 55,9% та Південної Африки – 41,4% [18, 19].

Вчені дослідили 13 648 птахів віком від 9 до 49 діб на 82 підприємствах у 13 штатах Бразилії та встановили, що субклінічний еймеріоз був виявлений в середньому у 34,8 % курей. Причому, показники інтенсивності еймеріозної інвазії були в межах 1 балу (1–10 ооцист/гол) – у 47,5–84,4 % випадків. Рідше виявлено показники інвазованості курей на рівні 2 балів (11–20 ооцист/гол), 3 балів (21–40 ооцист/гол) та 4 балів (понад 41 ооцист/гол) [20].

В Екваторі було обстежено загалом 155 птахо-ферм у провінціях Пічіпча та Санто-Домінго-делос-Тсачілас. Встановлено, що усі зразки дали позитивний результат на наявність *Eimeria* spp., незважаючи на те, що на фермах регулярно проводяться профілактичні заходи щодо еймеріозу і жодних клінічних випадків протозоозу не було зареєстровано. Паразитарне навантаження коливалося від 25 до 69 900 ооцист/г. Поширеність видів була такою: *Eimeria* spp. – 100 %, *E. maxima* – 80,4 %, *E. acervulina* – 70,6 %, *E. praecox* – 55,4 %, *E. tenella* – 53,6 %, *E. necatrix* – 52,2 % та *E. brunetti* – 30,8 % [21].

Таку різницю у показниках поширення еймеріозу курей серед господарств різних країн і регіонів дослідники пов'язують з такими факторами, як: період відбору копропроб, кліматичні умови, спосіб утримання, санітарно-гігієнічний стан господарств, проведення профілактичних заходів, тощо [16].

Водночас, автори повідомляють про певну залежність у показниках інвазованості птахів еймеріями залежно від їх віку та пори року. Зокрема, у Пакистані науковцями було виявлено загальну поширеність еймеріозу серед курей на рівні 37,91 %. Разом з тим, у спекотних та вологих кліматичних умовах сезону мусонів поширеність була значно вищою і впродовж серпня та вересня становила 60,16 та 62,29 % відповідно. Водночас, низький рівень інвазування спостерігали впродовж квітня – 20,17 %. Найбільш зараженими збудником еймеріозу був молодняк курей віком 3–4 тижні – 74,90 %. У дорослих птахів, а також у курчат віком до 3 тижнів екстенсивність еймеріозної інвазії була на рівні 17,94 та 7,14 % відповідно [22].

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити особливості сезонної динаміки еймеріозу курей в умовах приватних господарств Полтавської області.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2023–2025 рр. в умовах приватних господарств Полтавської області з підлоговою технологією утримання курей.

Гельмінтоооскопію проб проводили за кількісним методом, вираховували кількість ооцист у 1 г посліди [23]. Основними показниками ураження курей ооцистами були екстенсивність інвазії (EI, %) та інтенсивність інвазії (II, ооцист/г). Всього досліджено 720 копропроб від курей у різні сезони року (зима, весна, літо, осінь).

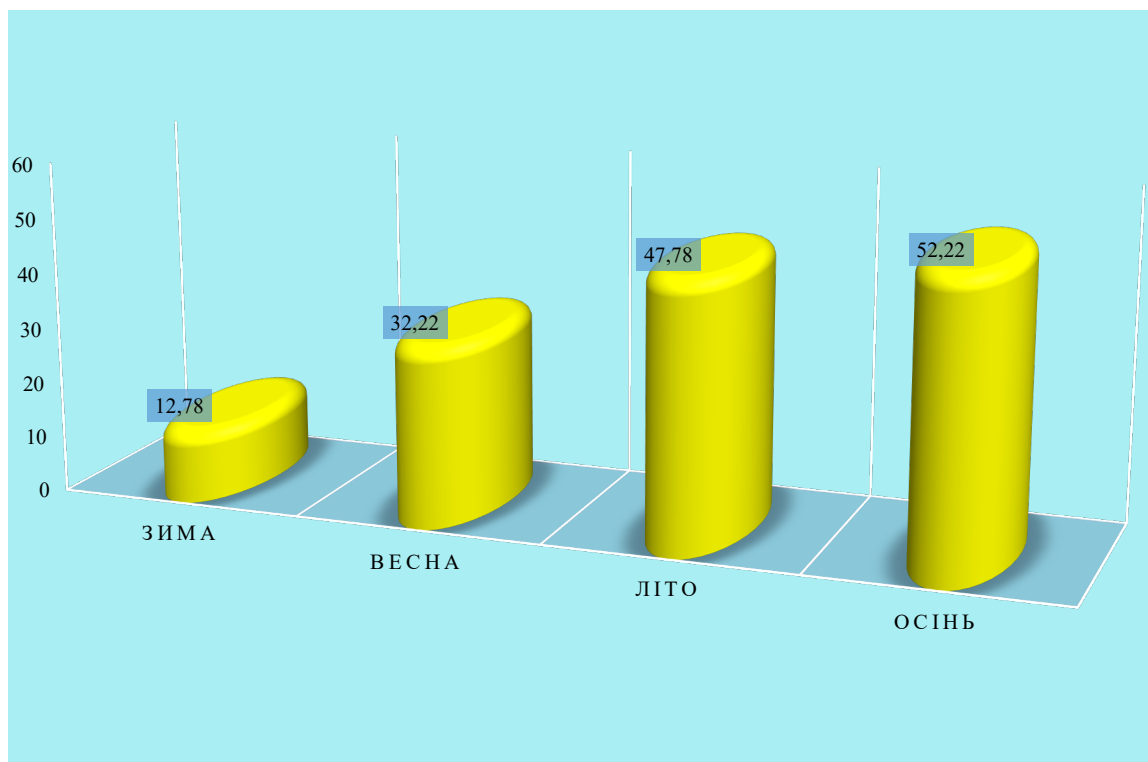
Математичний аналіз отриманих даних проводили з використанням пакета прикладних програм Microsoft «EXCEL» шляхом визначення середнього арифметичного (M), стандартної похибки (SE).

Результати та їх обговорення

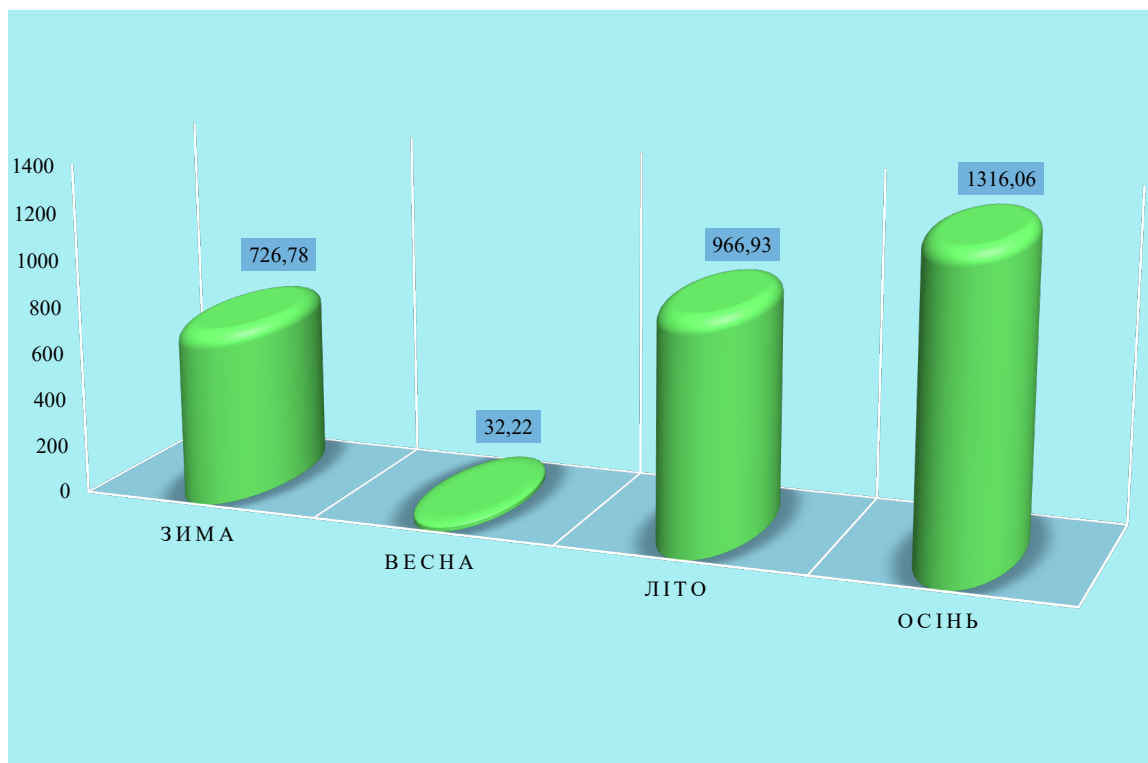
Проведеними дослідженнями встановлено, що за еймеріозу курей в умовах приватних господарств Полтавської області з підлоговою технологією утримання прослідковується певна сезонна динаміка. Зокрема, пік показників екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії встановлено у літній (EI – 47,78 %, II – 966,93±200,09 ооцист/г) та осінній (EI – 52,22 %, II – 1316,06±270,43 ооцист/г) періоди року. Мінімальні значення показників екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії встановлено взимку – 12,78 % та 726,78±73,82 ооцист/г. Навесні показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії незначно зростають і становлять 32,22 % та 859,98±272,67 ооцист/г відповідно (рис. 1 а, рис. 1 б).

У розрізі місяців у грудні, січні та лютому показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії коливалися в межах від 10,0 до

15,0 % та від $564,11 \pm 113,33$ до $899,83 \pm 229,01$ ооцист/г (рис. 2 а, рис. 2 б).

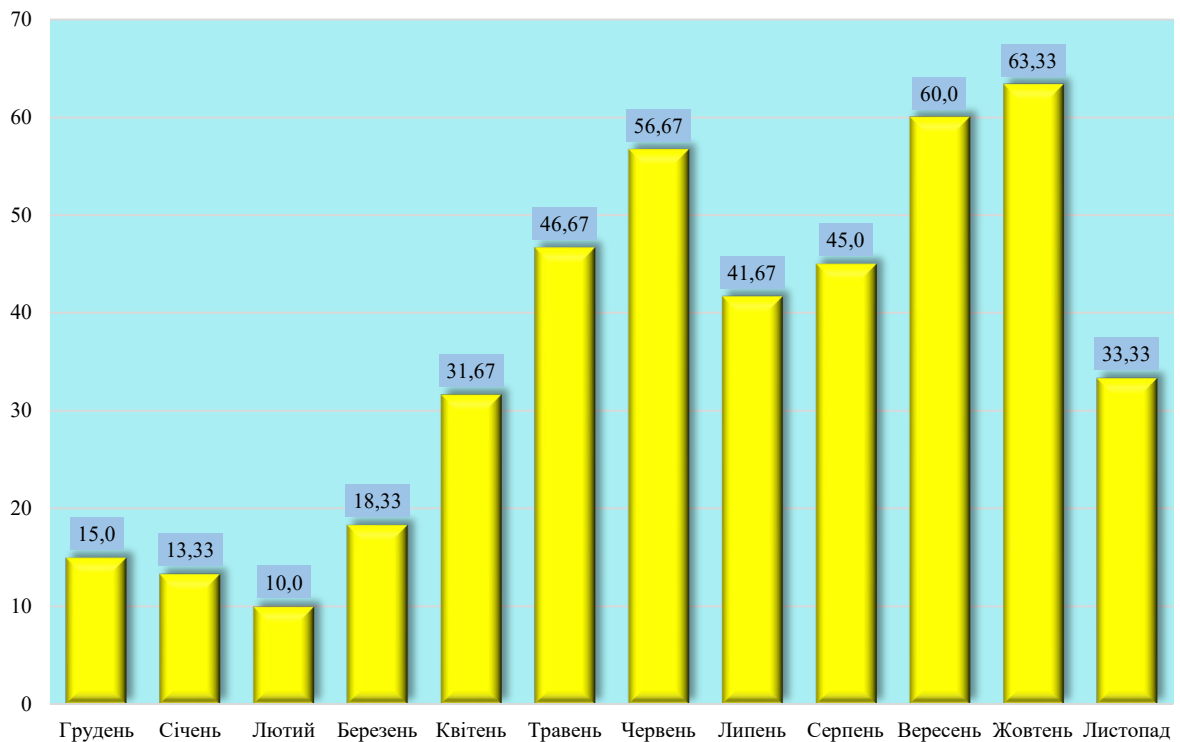


а

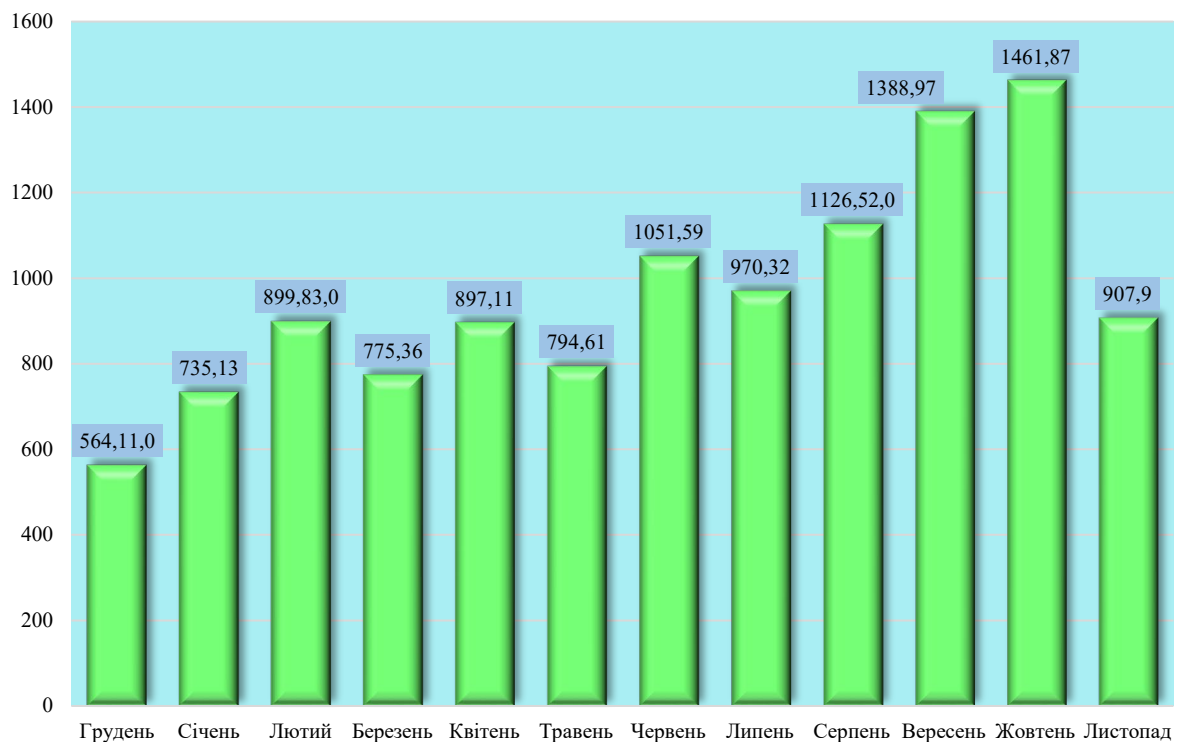


б

Рис. 1. Показники сезонної динаміки за еймеріозу курей:
а – EI (%), б – II (ооцист/г)



a



b

Рис. 2. Показники інвазованості курей збудниками еймеріозу в різні місяці року:
a – EI (%), b – II (ооцист/г)

Упродовж весняних місяців показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії поступово зростають і становлять відповідно в березні 18,33 % та $775,36 \pm 152,48$ ооцист/г, квітні – 31,67 % та $897,11 \pm 133,04$ ооцист/г, травні – 46,67 % та $794,61 \pm 283,65$ ооцист/г. У літні місяці показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії

продовжували поступово зростати і становили відповідно в червні 56,67 % та $1051,59 \pm 373,87$ ооцист/г, липні – 41,67 % та $970,32 \pm 251,75$ ооцист/г, серпні – 45,0 % та $1126,52 \pm 274,81$ ооцист/г. Впродовж осінніх місяців встановлено максимальні показники інвазованості курей еймеріями. Зокрема, у вересні показники екстенсивності та інтенсивності

еймеріозної інвазії становили 60,0 % та 1388,97±361,38 ооцист/г, жовтні – 63,33 % та 1461,87±325,92 ооцист/г відповідно. У листопаді показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії знижувалися до 33,33 % та 907,90±249,49 ооцист/г.

Наукова література повідомляє про значне поширення еймеріозу в птахівничих господарствах багатьох країн світу, де показники інвазованості курей еймеріями залежать від їх віку, технології утримання, сезону [9–11, 20, 21]. Тому, актуальним є вивчення особливостей сезонної динаміки еймеріозу курей у господарствах з підлоговою технологією утримання птахів в окремих регіонах України.

Проведеними копроовоскопічними дослідженнями встановлено, що починаючи із зимового періоду, показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії курей поступово зростають і становлять взимку – 12,78 % та 726,78±73,82 ооцист/г, навесні – 32,22 % та 859,98±272,67 ооцист/г, влітку – 47,78 % та 966,93±200,09 ооцист/г і набувають максимальних значень восени – 52,22 % та 1316,06±270,43 ооцист/г відповідно. У розрізі місяців впродовж року пік еймеріозної інвазії встановлено впродовж вересня–жовтня, де показники екстенсивності та інтенсивності інвазії становили 60,0–63,33 % та 1388,97–1461,87 ооцист/г відповідно. Мінімальні показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії встановлено впродовж грудня–лютого – 10,0–13,33 % та 564,11–735,13 ооцист/г відповідно. В інші місяці показники екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії коливалися у межах від 18,33 до 56,67 % та від 775,36±152,48 до 1126,52±274,81 ооцист/г відповідно.

Отримані нами дані узгоджуються з результатами досліджень авторів, які вивчали поширення еймеріозу залежно від сезону на території Пакистану. Вони встановили, що поширеність еймеріозу була значно вищою впродовж серпня та вересня, де показники екстенсивності інвазії становили 60,16 та 62,29 % відповідно [22].

Отримані дані дозволяють враховувати особливості сезонної динаміки еймеріозу курей при плануванні лікувально-профілактичних та діагностичних заходів в умовах приватних господарств Полтавської області з підлоговою технологією утримання.

Висновки

Виявлено, що ураженість курей збудниками еймеріозу в умовах приватних господарств Полтавської області з підлоговою технологією утримання залежить від сезону року. Показники екстенсивності та інтенсивності інвазії поступово зростають із зимового по осінній періоди року. Пік екстенсивності та інтенсивності еймеріозної інвазії припадає на вересень (60,0 % та 1388,97 ооцист/г) та жовтень (63,33 % та 1461,87 ооцист/г). Спад показників екстенсивності еймеріозної інвазії припадає на січень (13,33 %) та лютий (10,0 %), а інтенсивності еймеріозної інвазії – на грудень (564,11±113,33 ооцист/г) та січень (735,13±140,95 ооцист/г).

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Williams, R. B., Carlyle, W. W. H., Bond, D. R., & Brown, I. a. g. (1999). The efficacy and economic benefits of Paracox®, alive attenuated anticoccidial vaccine, in commercial trials with standard broiler chickens in the United Kingdom. *International Journal for Parasitology*, 29 (2), 341–355. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(98\)00212-4](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(98)00212-4)
- Amina, K., Bachene, M. S., Mustapha, O., & Hamdi, T. M. (2025). Prevalence of coccidiosis in broiler chickens in Medea, Algeria. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 118, 102323. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2025.102323>
- Bachaya, H. A., Raza, M. A., Khan, M. N., Iqbal, Z., Abbas, R. Z., Murtaza, S. & Badar, N. (2012) Predominance and detection of different *Eimeria* species causing coccidiosis in layer chicken. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22 (3), 597–600.
- Lin, H., Decuypere, E., & Buyse, J. (2006). Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 144 (1), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.01.032>
- Mujahid, A., Akiba, Y., & Toyomizu, M. (2007). Acute heat stress induces oxidative stress and decreases adaptation in young white leghorn cockerels by downregulation of avian uncoupling protein. *Poultry Science*, 86 (2), 364–371. <https://doi.org/10.1093/ps/86.2.364>
- Allen, P. C., & Fetterer, R. H. (2002). Recent advances in biology and immunobiology of *Eimeria* species and in diagnosis and control of infection with these coccidian parasites of poultry. *Clinical Microbiology Reviews*, 15 (1), 58–65. <https://doi.org/10.1128/cmr.15.1.58-65.2002>
- Shirley, M. W., Smith, A. L., & Tomley, F. M. (2005). The biology of avian *Eimeria* with an emphasis on their control by vaccination. *Advances in Parasitology*, 285–330. [https://doi.org/10.1016/s0065-308x\(05\)60005-x](https://doi.org/10.1016/s0065-308x(05)60005-x)
- Chapman, H. D. (2009). A landmark contribution to poultry science – prophylactic control of coccidiosis in poultry. *Poultry Science*, 88 (4), 813–815. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00316>
- Grema, H., Suleiman, A., Rabana, J., & Geidam, Y. (2014). A six year (2005–2010) retrospective study of avian coccidiosis diagnosed in Gombe veterinary clinic, Nigeria. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, 12 (2), 8–13. <https://doi.org/10.4314/sokjvs.v12i2.2>
- Mathis, G. F., Lumpkins, B., Cervantes, H. M., Fitz-Coy, S. H., Jenkins, M. C., Jones, M. K., Price, K. R., & Dalloul, R. A. (2025). Coccidiosis in poultry: Disease mechanisms, control strategies, and future directions. *Poultry Science*, 104 (5), 104663. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104663>
- Gazoni, F. L., Adorno, F. C., Matte, F., Malta, T., Felin, M. R., Urbano, T., Zampar, A., Hernandez, X., & Tellez, G. (2017). Study of the correlation between intestinal health and prevalence of coccidiosis in broiler chickens of Brazilian agribusinesses between the years 2015 and 2016. *International Journal of Poultry Science*, 16 (10), 381–386. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.381.386>
- Debbou-Loukane, N., Benbarek, H., & Ayad, A. (2018). Prevalence and aetiology of coccidiosis in broiler chickens in Bejaia province, Algeria. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 85 (1). <https://doi.org/10.4102/ojvr.v85i1.1590>
- Triki Yamani, R. R., & Bachir Pacha, M. (2010). Diagnosis of the broiler coccidiosis in the department Blida (Algeria). *Agricultura, Agricultural Practice and Science Journal*, 73 (1-2), 107–112.
- Dinka, A., & Tolossa, Y. H. (2012). Coccidiosis in Fayoumi chickens at Debre Zert a Agricultural Research Center poultry farm, Ethiopia. *European Journal of Applied Sciences*, 4 (5), 191–195.
- Al-Quraishy, S., Abdel-Baki, A. S., & Dkhil, M. A. (2009). *Eimeria tenella* infection among broiler chicks *Gallus domesticus* in Riyadh city, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Science*, 21 (3), 191–193. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2009.10.006>

16. Lawal, J. R., Gulani, I. A., Ali, A. M., Bello, A. M., Abadam, F. A., Mustapha, M., Dauda, J., Adamu, L., & Biu, A. A. (2016). Dry season prevalence of avian *Coccidia* infection in domesticated chickens (*Gallus domesticus*) in Jere Council, Borno State, Nigeria. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 1 (3), 67–73. <https://doi.org/10.31248/jasvm2016.018>
17. Muazu, A., Masdooq, A. A., Ngbede, J., Salihu, A. E., Haruna, G., Habu, A. K., Sati, M. N., & Jamilu, H. (2008). Prevalence and identification of species of *Eimeria* causing coccidiosis in poultry within Vom, Plateau state, Nigeria. *International Journal of Poultry Science*, 7 (9), 917–918. <https://doi.org/10.3923/ijps.2008.917.918>
18. Nematollahi, A., Moghaddam, G. H., & Farshbaf Pourabad, R. (2009). Prevalence of *Eimeria* species among broiler chicks in Tabriz (Northwest of Iran). *Munis Entomology & Zoology*, 4 (1), 53–58.
19. Mwale, M., & Masika, P. J. (2011). Point prevalence study of gastrointestinal parasites in village chickens of Centane district, South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (9), 2033–2038.
20. Gazoni, F. L., Galli, G. M., Boiago, M. M., Stefani, L. M., Zampar, A., Juárez-Estrada, M. A., Tellez-Isaias, G., & da Silva, A. S. (2024). Correlation between intestinal health and coccidiosis prevalence in broilers during different seasons of the year in Brazil from 2012 to 2018. *Food and Nutrition Sciences*, 15 (03), 179–198. <https://doi.org/10.4236/fns.2024.153011>
21. Cevallos-Gordon, A., Molina, C. A., Radman, N., Ron, L., & Gamboa, M. I. (2024). Prevalence and risk factors of *Eimeria* spp. in broiler chickens from Pichincha and Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Pathogens*, 13 (1), 48. <https://doi.org/10.3390/pathogens13010048>
22. Amin, Y., Aslam, A., Anwar, K., Pervez, A. Z. (2014). Seasonal prevalence of eimeriosis in broiler chicken. *Advancements in Life Sciences*, 1 (3), 160–164.
23. Trach, V. N. (1981). The easiest method of identifying and addressing the helminth eggs in the feces of animals. *Proceedings of the second Zakavkazskoj conference on parasitology*. (pp. 229–231). Erevan.

ORCID

V. Hodyna  <https://orcid.org/0009-0004-9280-992X>
 S. Mykhailiutenko  <https://orcid.org/0000-0001-6634-1244>



2025 Hodyna V. and Mykhailiutenko S. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

History of the development of surgical instruments: from prehistoric times to the present day

Y. Kovalchuk✉ | S. Huralska | T. Kot | H. Hryshchuk | L. Yevtukh

Article info

Correspondence Author
Y. Kovalchuk
E-mail:
ukoval1975@ukr.net

Polissia National University,
7 Stariy Bulvar Str.,
Zhytomyr, 10008,
Ukraine

Citation: Kovalchuk, Y., Huralska, S., Kot, T., Hryshchuk, H., & Yevtukh, L. (2025). History of the development of surgical instruments: from prehistoric times to the present day. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 242–248. doi: 10.31210/spi2025.28.02.38

The purpose of this work is to highlight the historical path of development of surgical instruments from their historical origins to modern high-tech solutions in medicine and veterinary medicine. Surgical instruments have been made since the dawn of prehistoric times. Crude trephines for performing circular craniotomies have been found in Neolithic sites in many places. They are believed to have been used by shamans to exorcise evil spirits and to relieve headaches and head injuries caused by war wounds. A real explosion of new instruments occurred with the hundreds of new surgical procedures developed in the 19th century and the first decades of the 20th century. New materials such as stainless steel, chromium, titanium and vanadium became available for the manufacture of these instruments. Precision instruments for microsurgery in neurosurgery, ophthalmology and otology became possible, and in the second half of the 20th century, energy-based instruments such as electrocautery, ultrasonic and electric scalpels, surgical instruments for endoscopic surgery and, finally, surgical robots were first developed. Innovations in veterinary surgical instruments, from castration and wound care to bloodletting, dentistry, and more, laid the foundation for modern surgery. The basic surgical instruments for treating animals were well developed in Roman times: excavations have revealed scalpels, hooks, wires, probes, forceps, extraction forceps, lithotomes, trephines, and the Diocletian's spoon of cyantiscus – a V-shaped instrument that could be inserted into a wound and opened to extract arrowheads – invented by Diocletian of Carystus in the fourth century BC. The 20th century saw unprecedented growth in surgical instrument technology due to significant technological breakthroughs. The introduction of minimally invasive instruments revolutionized surgery, allowing procedures to be performed through small incisions rather than large holes. At the turn of the 21st century, robotic surgery emerged, ushering in a new era in surgical instrument technology. Robotic systems, such as the Da Vinci Surgical System, provide surgeons with enhanced dexterity and precision that surpass human capabilities. These systems are designed to perform complex surgeries with minimal invasiveness through precise control of micro-instruments. This innovation has significantly improved patient safety by reducing the likelihood of human error, reducing infection rates, and providing more consistent surgical outcomes. Ongoing innovations in surgical instruments not only empower medical and veterinary professionals, but also underscore our shared goal of prioritizing patient safety and well-being.

Keywords: animals, incision, surgery, invasive systems, endoscopy.

Історія розвитку хірургічних інструментів: з доісторичних часів до сьогодення

Ю. В. Ковальчук | С. В. Гуральська | Т. Ф. Кот | Г. П. Гришук | Л. Г. Євтух

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Метою даної роботи є висвітлення історичного шляху розвитку хірургічних інструментів від їх історичних витоків до сучасних високотехнологічних рішень у медицині та ветеринарії. Хірургічні інструменти виготовлялися із зорі доісторичних часів. Грубі трепани для проведення круглих краніотомій були знайдені на неолітичних пам'ятках у багатьох місцях. Вважається, що їх використовували шамани для вигнання злих духів та полегшення головного болю та травм голови, спричинених військовими ранами. Справжній вибух нових інструментів відбувся із сотнями нових хірургічних процедур, розроблених у 19 столітті та перших десятиліттях 20 століття. Для виготовлення цих інструментів стали доступні нові матеріали, такі як нержавіюча сталь, хром, титан та ванадій. Стали можливими прецизійні інструменти для мікрохірургії в нейрохірургії, офтальмології та отології, а у другій половині 20 століття були вперше розроблені інструменти на основі енергії, такі як електрокаутери, ультразвукові та електричні скальпелі, хірургічні інструменти для ендоскопічної хірургії та, нарешті, хірургічні роботи. Інновації у ветеринарних хірургічних інструментах, від кастрації та догляду за ранами до кровопускання, стоматології тощо, створили основу для сучасної хірургії. Основні хірургічні інструменти для лікування тварин були добре розвинені в римські часи: розкопки виявили скальпелі, гачки, драти, зонди, щипці, щипці для видалення, літотомі, трепани та ложку Діокла з ціантіску – V-подібний інструмент, який можна було вставити в рану та відкрити для вилучення наконечників стріл – винайдений Діоклом Карістським у четвертому столітті до нашої ери. У 20 столітті технологія хірургічного обладнання пережила безпрецедентний ріст завдяки значним технологічним проривам. Впровадження малоінвазивних інструментів зробило революцію в хірургії, дозволивши проводити процедури через невеликі розрізи, а не через великі отвори. На рубежі 21 століття з'явилася роботизована хірургія, яка започаткувала нову еру технології хірургічного обладнання. Робототехнічні системи, такі як хірургічна система Da Vinci, забезпечують хірургам підвищену спритність та точність, що перевершують людські можливості. Ці системи розроблені для виконання складних операцій з мінімальною інвазивністю завдяки точному контролю мікроінструментів. Ця інновація значно покращила безпеку пацієнтів, знизивши ймовірність людської помилки, зменшивши рівень інфекцій та забезпечивши більш стабільні хірургічні результати. Постійні інновації в хірургічних інструментах не лише розширюють можливості медичних та ветеринарних працівників, але й підкреслюють нашу спільну мету – пріоритизувати безпеку та благополуччя пацієнтів.

Ключові слова тварини, розріз, операція, інвазивні системи, ендоскопія.

Бібліографічний опис для цитування: Ковальчук Ю. В., Гуральська С. В., Кот Т. Ф., Гришук Г. П., Євтух Л. Г. Історія розвитку хірургічних інструментів: з доісторичних часів до сьогодення. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 242–248.

Хірургічний інструмент – це спеціально розроблений інструмент або пристрій для виконання певних дій, спрямованих на досягнення бажаних ефектів під час хірургічного втручання або операції, таких як модифікація біологічної тканини або забезпечення доступу до неї чи її перегляд [5, 20, 22].

З часом було винайдено багато різних видів хірургічних інструментів. Деякі із них призначені для загального використання у всіх видах операцій, тоді як інші призначені лише для певних спеціальностей або специфічних процедур.

Класифікація хірургічних інструментів допомагає хірургам зрозуміти функції та призначення інструментів. З метою оптимізації хірургічних результатів та виконання складніших операцій, у сучасну епоху продовжується винахід все більше інструментів [4, 8, 10].

Важливою відносною відмінністю хірургічних інструментів є ступінь пошкодження тіла або травми тканин, яку може завдати пацієнту їх використання. Терміни, що стосуються цього питання, – це «атравматичний» та малоінвазивний. Мінімально інвазивні системи є важливим нещодавнім розвитком у хірургії. У майбутньому пристрої включатимуть багато мікроскопічних автономних та спрямованих пристроїв [14, 23, 30].

Хірургічні інструменти виготовлялися із зорі доісторичних часів. Грубі трепани для проведення круглих краніотомій були знайдені на неолітичних пам'ятках у багатьох місцях. Вважається, що їх використовували шамани для вигнання злих духів та полегшення головного болю та травм голови, спричинених військовими ранами [5–6].

В античності хірурги та лікарі у Греції та Римі розробили багато геніальних інструментів, виготовлених з бронзи, заліза та срібла, таких як скальпелі, ланцети, кюретки, пінцети, дзеркала, трепани, щипці, зонди, розширювачі, трубки, хірургічні ножі тощо. Вони досі дуже добре збереглися в кількох медичних музеях світу. Більшість цих інструментів продовжували використовуватися в середньовіччі, хоча й з покращеною технікою виготовлення [9].

Однак лише з відкриттям анестезії та хірургічної асептики були винайдені нові хірургічні інструменти, що дозволяли проникнення у внутрішнє середовище, або раніше заборонені порожнини тіла, а саме череп, грудну клітку та черевну порожнину. Справжній вибух нових інструментів відбувся із сотнями нових хірургічних процедур, розроблених у 19 столітті та перших десятиліттях 20 століття. Для виготовлення цих інструментів стали доступні нові матеріали, такі як нержавіюча сталь, хром, титан та ванадій. Стали можливими прецизійні інструменти для мікрохірургії в нейрохірургії, офтальмології та отології, а у другій половині 20 століття були вперше розроблені інструменти на основі енергії, такі як електрокаутери, ультразвукові та електричні скальпелі, хірургічні інструменти для ендоскопічної хірургії та, нарешті, хірургічні роботи [10, 24].

Історично розвиток хірургічного інструменту відбувається таким чином. Хірург використовує поширений інструмент та адаптує його для використання в операції. Деякими давніми джерелами таких

інструментів є зброя, інструменти м'ясника, тесляра, інструменти шкіряників та металургів. Цей процес триває й досі, інструменти з'являються в автомобільних майстернях, аерокосмічних робочих місцях, кухнях тощо [6, 14].

Існує період перенесення та поступового вдосконалення, зазвичай зосереджений на матеріалах, які повинні бути нетоксичними та довговічними. Кров сприяє корозії, а багаторазове очищення та стерилізація інструментів призводить до швидкого зношування багатьох матеріалів [4, 9].

Історію хірургічних інструментів можна простежити до давньоєгипетської цивілізації, де були задокументовані деякі з найдавніших відомих хірургічних практик. Єгиптяни використовували різноманітні інструменти, виготовлені з таких матеріалів, як бронза, завдяки її доступності та довговічності. Серед цих інструментів виділялися скальпелі, щипці та зонди, багато з яких були знайдені в гробниці відомого лікаря Імхотепа [6].

Написи та ієрогліфи на стінах храмів дають уявлення про те, як ці інструменти використовувалися для таких процедур, як трепанація, техніка, під час якої в черепі свердлили отвори для лікування проблем зі здоров'ям, які, як вважається, були спричинені злими духами. Еволюція хірургічних інструментів почалася тут, оскільки ці примітивні пристрої демонстрували ранні спроби полегшити людські страждання за допомогою медичного втручання. Конструкція та функції цих інструментів заклали фундаментальні знання, які вплинули на пізніші інновації в хірургічних техніках [9, 20].

Греція, особливо за часів Гіппократа, зазнала подальшого розвитку в історії хірургічних інструментів. Вчені Гіппократа зробили значний внесок, документуючи хірургічні практики та типи використовуваних інструментів. Такі інструменти, як дзеркало, яке дозволяло лікарям уважніше розглядати внутрішні порожнини, а також різні типи щипців та скальпелів, ставали все більш удосконаленими. Хірургічні процедури в цей період ставали все більш просунутими, чому сприяли детальні записи, залишені практикуючими лікарями. Сама клятва Гіппократа відображала відданість етичній практиці хірургії, впливаючи на те, як інструменти використовувалися відповідально. Цей період знаменує собою значний крок в еволюції хірургічних інструментів, оскільки він підкреслював не лише інновації, але й критичну важливість етики в медицині [10, 12].

Римська імперія ще більше розширила досягнення, досягнуті греками та єгиптянами. Римські лікарі, такі як Гален, провели численні дослідження анатомії людини, що, у свою чергу, удосконалило хірургічні інструменти та їх використання. Римлянам приписують адаптацію різних хірургічних інструментів, включаючи більш досконалі версії скальпелів, кісткових свердел та катетерів. Вони також використовували спеціалізований інструмент під назвою «ложка Діокла» для видалення наконечників стріл з тіла, що демонструє ранні зусилля щодо лікування травм на полі бою [6, 28].

Римляни приділяли велику увагу практичному застосуванню медичних знань, що сприяло вдоско-

наленню як у проектуванні, так і у виробництві хірургічних інструментів. Протягом століть випробувань та адаптації ці рудиментарні інструменти та методи заклали основу для точних та передових приладів, які ми використовуємо сьогодні. Історія хірургічних інструментів зробила значний стрибок в епоху Відродження, час, який сприяв інтелектуальній допитливості та науковим дослідженням [9, 12, 25].

Однією з визначних постатей цього часу є Амбруаз Паре, якого часто називають батьком сучасної хірургії. Роботи Паре в середині 16 століття призвели до значного прогресу в хірургічних інструментах та техніках. Він запровадив практику перев'язування артерій шовковою ниткою замість припікання ран розпеченим залізом. Цей метод не тільки зменшив біль, але й знизив ризик інфекції, демонструючи важливу віху в історії хірургічних інструментів [12, 27].

Хірургічні інструменти Паре, такі як вдосконалені версії гемостата та інструментів для ампутації, відображали його зосередженість як на функціональності, так і на безпеці пацієнтів. Його інновації є гарним прикладом того, як глибоке знання анатомії та хірургічних потреб може призвести до створення краще розроблених інструментів та технік. У XVII та XVIII століттях розвиток хірургічних інструментів прискорився завдяки появі більш досконалих методів виробництва та матеріалів. Такі новатори, як Йоганн Скультетус та Вільям Чесельден, зробили значний внесок в еволюцію хірургічних інструментів [4, 9].

Скультетус, німецький хірург, відомий своїм видатним хірургічним підручником, який містив описи та ілюстрації різних хірургічних інструментів свого часу. Ця робота забезпечила передачу важливих знань майбутнім поколінням хірургів. Чесельден, англійський хірург, удосконалив практику літотомії за допомогою точних інструментів, спеціально розроблених для видалення каменів у сечовому міхурі, досягнувши вражаючих показників успіху. Можна простежити, як ці вдосконалення хірургічних інструментів не лише розширили можливості хірургів, але й безпосередньо вплинули на результати лікування пацієнтів. З розвитком технології матеріалів, впровадження стали дозволили створювати гостріші та міцніші інструменти, прокладаючи шлях для точніших хірургічних процедур та розробки спеціалізованих інструментів для різних видів хірургічних втручань [10, 29].

З початком XIX століття галузь хірургії трансформувалася завдяки розвитку анестезіологічних та антисептичних методів, що підкреслило зв'язок між досягненнями в хірургічних інструментах та ширшою медичною галуззю. Такі постаті, як Джозеф Лістер та Джон Сноу, зробили величезний внесок у ці аспекти. Пропаганда Лістером антисептиків, натхнення теорією мікробів Луї Пастера, революціонізувала роль чистоти в хірургічній практиці. Його використання карболової кислоти для стерилізації хірургічних інструментів та середовищ різко зменшило післяопераційні інфекції, демонструючи взаємодію між мікробною теорією та хірургічною технологією [4, 18].

Тим часом, новаторська робота Сноу з анестезії дозволила проводити довші та складніші процедури,

що вимагало подальшого вдосконалення хірургічних інструментів для досягнення точності та контролю. У цей період також відбувся розквіт промислової революції, яка призвела до масового виробництва хірургічних інструментів, зробивши їх доступнішими для хірургів у всьому світі [6, 26].

Прагнення до кращих результатів призвело до постійних інновацій, що проявилось в розробці спеціалізованих інструментів для дедалі різноманітніших та складніших хірургічних втручань [5, 20].

Якщо врахувати вражаючу траєкторію розвитку від базових інструментів до складних пристроїв, стає зрозуміло, що кожен прогрес у хірургічних інструментах був зумовлений подвійною потребою в ефективності та безпеці пацієнтів [9, 22]. Інновації у ветеринарних хірургічних інструментах, від кастрації та догляду за ранами до кровопускання, стоматології тощо, створили основу для сучасної хірургії [5, 10].

Важливий крок в еволюції людства було зроблено, коли мисливці-збирачі захопили та розвели тварин, які були їхньою здобиччю. Вони стали скотарями та мусили навчитися випасати, поводитися та доглядати за тваринами, почалося одомашнення. Це вимагало обладнання та хірургічних інструментів, які дозволяли стримувати їх, коли було необхідно обробити, лікувати рани або спробувати провести операцію на своїй худобі [12, 24].

Однією з головних цілей одомашнення є отримання контролю над розведенням, щоб забезпечити постачання нового поголів'я та відібрати бажані характеристики. Фермери визнали статеві відмінності та їх використання в управлінні худобою. Стерилізація самців виявилася бажаною для контролю поведінки та стимулювання відгодівлі; з цього розвинулася кастрація, перша ветеринарна хірургічна процедура. Стерилізація застосовувалася до самців усіх видів одомашнених тварин, а також до самок великої рогатої худоби та свиней.

Хірургія почалася з лікування ран та абсцесів, незмінно тими ж методами, що й на людях. Розвинулося спеціалізоване обладнання для обробки тварин, але воно набуло справжньої цінності лише після відкриття металів. Про це мало інформації, поки описи не почали з'являтися в ранній грецькій та римській літературі. Окрім кастрації, хірургічне втручання було обмеженим, оскільки знання анатомії були слабкими. Лікування переломів було винятком, з раннім розвитком методів шинування, які в деяких випадках використовувалися на тваринах [10, 25].

Основні хірургічні інструменти були добре розвинені в римські часи: розкопки виявили скальпелі, гачки, дрти, зонди, щипці, щипці для видалення, літотомі, трепани та ложку Діокла з ціантіску – V-подібний інструмент, який можна було вставити в рану та відкрити для вилучення наконечників стріл – винайдений Діоклом Карістським у четвертому столітті до нашої ери. Це був безцінний та безпечний спосіб вилучення наконечників стріл та сторонніх тіл з людей та тварин. Інновації призвели до появи інструментів, здебільшого виготовлених з міді та трохи латуні, тоді як коване залізо використовувалося для різання та припікання [9].

Ветеринарна практика коней була визнана в грецькому та римському суспільствах, але в грецькому світі фахівців називали гіппіатрами.

На кількох їхніх надгробках зображені ножі та кайдани для меринів. Арістотель у своєму трактаті (близько 350 р. до н. е.) гадує кастрацію великої рогатої худоби та овариотомію свиней, верблюдів та півнів. Інша література вказує на те, що кастрація, кровотеча, припікання та трепанація (круглий отвір у черепі) були визнаними ветеринарними процедурами [25].

Скіфи в Центральній Азії та Східній Європі були вправними вершниками і, можливо, першими кастрували коней близько 450 р. до н. е. Найважливішою твариною був кінь, а найважливішою хірургічною процедурою була кастрація як засіб контролю поведінки коней. У римлян було хірургічне правило «*Cito, tuto et jacunde*» (швидко, безпечно, приємно), і тварин завжди потрібно було добре закріпити. Для кастрації широко використовувалися дерев'яні затискачі, які іноді залишали, щоб викликати атрофію, але частіше затискач розміщували для розчавлювання всієї верхньої частини мошонки та розрізу нижче [5].

До середини 1800-х років технологія інструментів значно просунулася, і ветеринарний хірург міг вибирати між ескалятором із зубчастим дротом, кількома типами ескаляторів або дерев'яними затискачами, що залишалися на 24 години. Використовувалися спеціально розроблені щипці-кігті, а також термокаутер – «вдосконалений» мерин. Ця операція була центральною рисою кінної практики аж до початку 1900-х років. Кожен ветеринарний хірург мав набір кульбаб для гіпсування коня або використовував положення стоячи – для останнього хірурги мали бути швидкими та ефективними [9, 24].

Технології повільно розвивалися з кінцем Римської імперії до 15-го та 16-го століть, коли відбувся значний прогрес у догляді за кіньми та іншою худобою.

Мартін Беме (1550–1636) розробив та виготовив 30 хірургічних інструментів, працюючи в Аугсбурзі, Баварії, яка тоді була центром металообробки. Очевидною необхідністю був метод фіксації тварини під час проведення процедури, оскільки анестезія була відсутня [6].

Кінські закрутки було розроблено для використання на губі, а іноді й на язиці. Для операцій на конях було винайдено різноманітні хамбаки для використання на нижній частині ніг; хамбаки стягували разом, щоб покласти тварину, бажано на підстилку з соломи або сіна. Багато з них мали метод швидкого звільнення [24].

Для великої рогатої худоби на ніс корови встановлювали бульдожий затискач з мотузкою, а для фіксації биків використовували носовий пробив, щоб вирізати диск носового хряща та закріпити шарнірне мідне кільце, затягнуте гвинтом. Завдяки прикріпленій жердині для бика досягався хороший контроль. Для більш агресивних биків на лобі кріпили металеву або шкіряну штору, але її було важко використовувати. Свиней було важко фіксувати, окрім як за

допомогою мотузкової петлі навколо верхньої щелепи [24–25].

Щоб тварини не гризли або не облизували рани чи місця операцій, для коней було розроблено дерев'яну шийну колиску, а для овець – металевий дротяний нашийник. Єлизаветинські нашийники були запроваджені для котів та собак, спочатку виготовлені зі шкіри з отворами для кріплення шнурків, а для намордників собак на ніс накидали пов'язку або тканину за допомогою простого гвоздикової застіжки. Були розроблені більш ефективні кляпи для рота худоби з дерева, а потім з металу, щоб тримати щелепи розставленими для подачі рідких напоїв. Був розроблений пробанг, гнучкий трубчастий інструмент для очищення стравохідних обструкцій, разом з металевим кляпом з центральною поперечною планкою та кільцем для пробанга. Наприкінці 19 століття були розроблені різні кінцеві елементи, щоб або вштовхнути обструкцію в рубець, або захопити та видалити її перорально; шкіряні ремінці кріпилися навколо рогів, щоб утримувати кляп пробанга на місці [25].

З самого початку було відомо, що швидке полегшення від здуття живота у великої рогатої худоби та овець можна отримати, встромивши ніж у рубець та випустивши газ. Його замінили троакар і канюля, троакар із шиповидним кінцем вставляли, а потім видаляли, залишаючи канюлю на місці, щоб забезпечити ефективне розсіювання газів.

Давньою практикою у хірургії тварин було створення отвору в черепі для видалення гідатід з мозку або некротизованої кістки з паух. Трепан був розроблений для точного вирізання круглого шматка черепної кістки [6].

У грецьких та римських ветеринарних текстах вважалося, що знекровлення тварин для збалансування чотирьох «гуморів» (кров, мокротиння, чорна жовч, жовта жовч) лікує майже всі хвороби. Спочатку для проколювання вени використовували ланцети, але їх замінили блошині палички та кров'яна паличка. Блошина паличка нагадувала кишеньковий ніж з двома або трьома лезами, кожне з яких мало загострений трикутний кінець у формі бритви лише з одного боку. Вену, зазвичай яремну, піднімали пальцем або петлею з шнура чи тканини навколо ший. Блошину клали на підняту вену та вдарили кров'яною паличкою з твердого, часто обтяженого дерева. Збирали кров, а рану зашивали шпилькою та волосяною стрічкою. Знекровлення, як правило, використовувалося як лікування до кінця 18 століття, перш ніж втратило популярність із розширенням знань [12, 24].

Купування хвостів у коней та овець (тепер заборонене) стало поширеним. Інструментами були або ручна гільйотина, схожа на ножиці, або нагріта припікальна паличка для купірування хвостів, по якій били обважненим молотком. Для овець використовували нагріті палички з блоком та тиском на паличку для розрізання та припікання. У цей час широко використовувалися припікальні палички, а «випалювання» коней зазвичай застосовувалося для лікування запальних уражень [22].

Коваль у цей час (18 століття) став основним постачальником ветеринарних послуг і розробив ряд інструментів, таких як щітки для копит, шукачі та ножі для чищення копит, для підковування та лікування захворювань копит.

Почали з'являтися багато інструментів та пристроїв, які мали або нову ідею, або вдосконалення попередніх моделей, такі як клізми-помпчки для легкого введення клізм (головним чином для коней); «інструмент для пологів», який мав ряд насадок для використання з головною милицею, щоб дозволити вилучення плода; інноваційна гнучка трахеотомічна трубка та троакар; та спеціальні стоматологічні інструменти [5, 25].

До 1800-х років було запроваджено різноманітні пристрої або інструменти. Вершники зазвичай носили з собою кирку для копит, яка спочатку була вигнутим коротким залізним стрижнем з дерев'яною ручкою, а потім перетворилася на шарнірний інструмент з киркою на одному кінці та невеликим молотком на іншому, щоб вибивати цвяхи для взуття [24].

Пастухи носили коротку пилку, щоб обрізати вигнуті роги, щоб запобігти їхньому вrostанню в очі або череп. Вони також завжди носили з собою коробочку з мазю, прикріплену до пояса або руки, щоб легко лікувати будь-які рани або ураження овець паршею – мазь була складною саморобною сумішшю [24].

Для мисливських собак для обрізання вушних клаптиків використовувався жорсткий «інструмент», щоб зменшити ймовірність пошкодження колючим підліском під час погоні. Це досягалося за допомогою «залізного леза» з напівкруглим лезом; коли вухо собаки було закріплене на колодці, залізом по вуху сильно ударили. Ця жорстока процедура також використовувалася для бійцівських собак, тоді як бійцівським півням підстригали сережки та гребені ножицями [9, 22].

У найбільш бідних районах власники худоби застосовували голку сетон для введення стрічки в ділянку підгрудка з метою запобігання появі пухирів – як профілактичний захід. Пізніше цю практику замінили на використання дротяної петлі, яку також вставляли в підгрудок. По суті, така процедура була своєрідною, хоча й ненадійною формою профілактики – своєрідною «вакцинацією» – проти кластерної інфекції [6, 23].

До кінця 1800-х років були введені перші анестетики. З того часу хірургія швидко розвивалася, і раптово різноманітність інструментів різко зросла. Багато основних інструментів – скальпелі, шприци, щипці та голки – використовувалися в хірургії людини, але асортимент ветеринарних інструментів значно розширився [5, 12].

Каталог ветеринарних інструментів Arnold and Sons 1893 року – це книга у твердій палітурці на 216 сторінках зі списком 896 інструментів та обладнання (різних розмірів). У списках інструментів багато з них починаються з імені новатора або конструктора. Одне ім'я мало 17 різних інструментів – Т. В. Говінг, MRCVS. Він практикував у Камден-Тауні [25].

У 20 столітті технологія хірургічного обладнання пережила безпрецедентний ріст завдяки значним

технологічним проривам. Впровадження мало-інвазивних інструментів зробило революцію в хірургії, дозволивши проводити процедури через невеликі розрізи, а не через великі отвори [1, 7, 20].

Наприклад, лапароскопічна хірургія використовує лапароскоп, оснащений камерою, для допомоги хірургам, що призводить до скорочення часу відновлення та зниження ризику інфекції. Сучасні хірургічні інструменти, такі як ці, забезпечують підвищену точність, що призводить до меншої кількості ускладнень та швидшої реабілітації пацієнтів.

Розробка ендоскопів, які можуть бути жорсткими або гнучкими, проклала шлях для ендоскопічної хірургії, яка дозволяє проводити внутрішній огляд та оперативні процедури всередині тіла, мінімізуючи травми для пацієнтів. Досягнення в хірургічних інструментах у цей період відіграли вирішальну роль у тому, щоб зробити операції менш інвазивними та ефективнішими [14, 19].

На рубежі 21 століття з'явилася роботизована хірургія, яка започаткувала нову еру технології хірургічного обладнання [3, 15, 21].

Робототехнічні системи, такі як хірургічна система Da Vinci, забезпечують хірургам підвищену спритність та точність, що перевершують людські можливості. Ці системи розроблені для виконання складних операцій з мінімальною інвазивністю завдяки точному контролю мікроінструментів. Ця інновація значно покращила безпеку пацієнтів, знизивши ймовірність людської помилки, зменшивши рівень інфекцій та забезпечивши більш стабільні хірургічні результати [3, 13].

Використання цих передових роботизованих систем також розширює спектр процедур, які можна виконувати за допомогою малоінвазивних методів, що ще більше скорочує час операції та відновлення. Поєднання робототехніки та хірургічних інструментів відіграло важливу роль у розширенні меж хірургічних можливостей, пропонуючи суттєве покращення догляду за пацієнтами [3, 13, 15].

Ще одним визначним проривом у сучасних хірургічних інструментах є впровадження лазерної технології.

Лазери забезпечують надзвичайну точність та контроль під час розрізання або абляції тканин, що важливо в делікатних операціях, таких як офтальмологічні процедури або дерматологічні методи лікування. Здатність впливати на тканини з високою точністю зменшує побічні пошкодження, покращуючи одужання пацієнтів та забезпечуючи безпечніші хірургічні варіанти [1, 8, 16].

Крім того, лазери знайшли застосування в різних галузях, від онкології до серцево-судинної хірургії, що ілюструє їхню універсальність та ефективність. Удосконалення технологій візуалізації та інтеграція з хірургічними інструментами ще більше посилили ці переваги, забезпечуючи керівні принципи в режимі реального часу та зменшуючи внутрішньоопераційну невизначеність [9, 20].

Впровадження цих технологічних досягнень докорінно змінило світ хірургічного обладнання, гарантуючи кращі результати та менший післяопераційний дискомфорт. Постійні інновації в

хірургічних інструментах не лише розширюють можливості медичних працівників, але й підкреслюють нашу спільну мету – пріоритетувати безпеку та благополуччя пацієнтів [1, 16, 30].

Заглядаючи вперед, майбутнє хірургічного обладнання має надзвичайні перспективи завдяки новаторським технологіям, таким як штучний інтелект (ШІ). ШІ має потенціал революціонізувати хірургічну практику, допомагаючи хірургам приймати рішення в режимі реального часу.

Уявіть собі систему на базі ШІ, яка може аналізувати величезні обсяги даних пацієнтів, щоб прогнозувати ускладнення або рекомендувати оптимальні хірургічні підходи, адаптовані до окремих випадків. Це може значно мінімізувати ризики та покращити результати [1, 7].

ШІ можна використовувати для виконання складних завдань, таких як накладання швів, з надзвичайною точністю, що перевершує навіть найстійкіші людські руки. Інтеграція алгоритмів машинного навчання дозволяє постійно вдосконалювати ці системи, гарантуючи, що технологія хірургічного обладнання розвивається відповідно до постійно мінливих медичних потреб.

Не менш захопливим фронтом в еволюції хірургічного обладнання є нанотехнології. Ця галузь відкриває можливість проведення операцій на молекулярному рівні. Наприклад, наноботи можуть бути запрограмовані на вплив на певні клітини, що робить їх ідеальними для лікування таких захворювань, як рак, з мінімальними побічними ефектами. Ці мікроскопічні машини потенційно можуть переміщатися по людському тілу, доставляти ліки точно туди, куди потрібно, або навіть виконувати мікро-хірургічні процедури без необхідності використання традиційних інвазивних методів [3, 20].

Застосування безмежне, пропонуючи безпрецедентну точність та значно скорочуючи час післяопераційного відновлення. Впровадження нанотехнологій у хірургічну практику може означати менше ускладнень, швидше загоєння та кращий загальний догляд за пацієнтами. Це особливо актуально для тих, чия практика пов'язана з лікуванням складних або чутливих станів, де традиційні методи не спрацюють [1, 28].

3D-друк – це ще одна перспективна технологія, яка формує майбутнє хірургічного обладнання. Ця технологія дозволяє створювати високоспеціалізовані хірургічні інструменти та імпланти, адаптовані до унікальної анатомії кожного пацієнта.

Наприклад, протези та імпланти, надруковані за допомогою 3D-друку, можуть бути розроблені таким чином, щоб ідеально підходити, зменшуючи ймовірність відторгнення та покращуючи функціональні результати. Хірурги також можуть друкувати моделі, специфічні для пацієнта, для відпрацювання складних процедур, тим самим підвищуючи точність та впевненість під час реальних операцій [7].

Ці досягнення в технології хірургічного обладнання не тільки підвищують ефективність процедур, але й покращують якість життя ваших пацієнтів, роблячи їх безцінним доповненням до сучасної хірургічної практики [1, 20].

Висновки

Метою даної роботи є висвітлення історичного шляху розвитку хірургічних інструментів від їх історичних витоків до сучасних високотехнологічних рішень у медицині та ветеринарії. Хірургічні інструменти виготовлялися із зорі доісторичних часів. В античності хірурги та лікарі у Греції та Римі розробили багато геніальних інструментів, виготовлених з бронзи, заліза та срібла, таких як скальпелі, ланцети, кюретки, пінцети, дзеркала, трепани, щипці, зонди, розширювачі, трубки, хірургічні ножі тощо. Справжній вибух нових інструментів відбувся із сотнями нових хірургічних процедур, розроблених у 19 столітті та перших десятиліттях 20 століття. Для виготовлення цих інструментів стали доступні нові матеріали, такі як нержавіюча сталь, хром, титан та ванадій. Постійні інновації в хірургічних інструментах не лише розширюють можливості медичних та ветеринарних працівників, але й підкреслюють нашу спільну мету – пріоритетувати безпеку та благополуччя пацієнтів.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому глибше вивченні хірургічних інструментів у ветеринарії різних історичних періодів, зокрема в контексті практик у Давньому Китаї, Індії, арабському світі та в традиційній медицині корінних народів.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Barkun, J. S., Aronson, J. K., Feldman, L. S., Maddern, G. J., & Strasberg, S. M. (2009). Evaluation and stages of surgical innovations. *The Lancet*, 374 (9695), 1089–1096. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(09\)61083-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(09)61083-7)
2. Catanzarite, T., Tan-Kim, J., Whitcomb, E. L., & Menefee, S. (2018). ergonomics in surgery: A review. *Female Pelvic Medicine & Reconstructive Surgery*, 24 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1097/spv.0000000000000456>
3. D'Etterre, C., Mariani, A., Stilli, A., Rodriguez y Baena, F., Valdastris, P., Deguet, A., Kazanzides, P., Taylor, R. H., Fischer, G. S., DiMaio, S. P., Menciassi, A., & Stoyanov, D. (2021). Accelerating surgical robotics research: A review of 10 years with the da vinci research kit. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 28 (4), 56–78. <https://doi.org/10.1109/mra.2021.3101646>
4. Edmonson, J. M. (1991). Asepsis and the transformation of surgical instruments. *Transactions & studies of the College of Physicians of Philadelphia*, 13 (1), 75–91.
5. Edmonson, J. M. (1993). Learning from the artifact: surgical instruments as resources in the history of medicine and medical technology. *Caduceus*, 9 (2), 87–98.
6. El-Sedfy, A., & Chamberlain, R. S. (2014). Surgeons and their tools: A history of surgical instruments and their innovators—part I: Place the scissors on the mayo stand. *The American Surgeon™*, 80 (11), 1089–1092. <https://doi.org/10.1177/000313481408001123>
7. Harvey, E. (2017). Surgical innovation is harder than it looks. *Canadian Journal of Surgery*, 60 (3), 148–148. <https://doi.org/10.1503/cjs.006217>
8. Hossain, M., Nishio, S., Hiranaka, T., & Kobashi, S. (2018). Real-time surgical tools recognition in total knee arthroplasty using deep neural networks. 2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) and 2018 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (IcIVPR), 470–474. <https://doi.org/10.1109/iciev.2018.8641074>

9. Kirkup J. (1995). The history and evolution of surgical instruments. VI. The surgical blade: from finger nail to ultrasound. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 77 (5), 380–388.
10. Kirkup, J. (2006). *The Evolution of Surgical Instruments: An Illustrated History from Ancient Times to the Twentieth Century*. California: Norman Publishing.
11. Booth, L. E., Lo, F. (Jorden), Davis, M. A., Spalluto, L. B., Yee, J., Yong-Hing, C. J., Murray, N., Alwazzan, A. B., & Khosa, F. (2022). Gender disparity in surgical device patents: A five-year trend from Canada and the United States. *Journal of Surgical Research*, 280, 248–257. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.07.016>
12. Meals, C. G., & Meals, R. A. (2007). A History of surgery in the instrument tray: Eponymous tools used in hand surgery. *The Journal of Hand Surgery*, 32 (7), 942–953. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2007.05.007>
13. Pandya, A. (2023). ChatGPT-Enabled da vinci surgical robot prototype: Advancements and limitations. *Robotics*, 12 (4), 97. <https://doi.org/10.3390/robotics12040097>
14. Qayumi, K. (2012). Surgical techniques: Past, present and future. *Surgical Techniques Development*, 2 (1), e9. <https://doi.org/10.4081/std.2012.e9>
15. Ran, B., Huang, B., Liang, S., & Hou, Y. (2023). Surgical instrument detection algorithm based on improved YOLOv7x. *Sensors*, 23 (11), 5037. <https://doi.org/10.3390/s23115037>
16. Roberts, J. (2024). Technology Valorisation in open innovation systems: A two-phase empirical study of the scottish medical technology sector. *European Perspectives on Innovation Management*, 131–168. https://doi.org/10.1007/978-3-031-41796-2_6
17. Saman, M., Helman, S. N., Kadakia, S., & Naymagon, L. (2015). Instruments in rhinoplasty: Who is behind the name? *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 68(1), 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2014.10.018>
18. Selin, H. (2008). *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*. Springer Science & Business Media.
19. Slatnick, B. L., Truche, P., Wu, K. C., Crum, R., Yang, A., Durgin, J., Kim, H. B., & Demehri, F. R. (2021). Trends in surgical patents held by surgeons from 1993 to 2018. *Annals of Surgery*, 276 (6), e1107–e1113. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000005032>
20. Ghulam Rasool Tariq, Rehman, S. U., & Uzma Rasool. (2024). Modification of surgical instruments: A need of the hour. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*, 74 (6), 1619–1623. <https://doi.org/10.51253/pafmj.v74i6.10899>
21. Thai, M. T., Phan, P. T., Hoang, T. T., Wong, S., Lovell, N. H., & Do, T. N. (2020). Advanced intelligent systems for surgical robotics. *Advanced Intelligent Systems*, 2 (8). <https://doi.org/10.1002/aisy.201900138>
22. Thompson, C. J. S. (1937). The evolution and development of surgical instruments. *Journal of British Surgery*, 25 (98), 388–394. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800259818>
23. Weston-Davies, W. H. (1989). The surgical instrument maker: An historical perspective. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 82 (1), 40–43. <https://doi.org/10.1177/014107688908200117>
24. Petrenko, O. F., Kulynych, S. M., Petrenko, O. O., Panasova, T. H., & Zvenihorodska, T. V. (2021). *Veterynarno-medychna khirurhiia: navchalno-praktychnyi posibnyk: 3-te vydannia, pereroblene i dopovnene*. Poltava: PP «Astraia» [in Ukrainian]
25. Sabadyshyn, R. O., Ryzhkovskiy, V. O., Markovych, O. V., Chyzhyshyn, B. Z., & Korobko, L. R. (2018). *Zahalna khirurhiia z osnovnymy vydamy khirurhichnoi patolohii. Likuvannia khvoroho v khirurhichnomu statsionari*. Vinnytsia: Nova knyha [in Ukrainian]
26. Lytvynenko, M. O., Lytvynenko, I. O., & Lytvynenko, L. M. (2019). *Khirurhiia veterynarnoi medytsyny: navchalnyi posibnyk*. Kyiv: NMTs «Ahroosvita» [in Ukrainian]
27. Mazur, O. P. (2021). History of the development of surgical science (based on publications from the fund of rare books and manuscripts. *Reports of Vinnytsia National Medical University*, 25 (4), 672–679. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2021-25\(4\)-29](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2021-25(4)-29)
28. Samoiliuk, V. V. (2022). *Operatyvna khirurhiia z osnovamy topografichnoi anatomii: praktykum*. Dnipro: DDAEU [in Ukrainian]
29. Bereznytskyi, Ya. S. (Red.). (2020). *Khirurhiia : pidruchnyk*. Vinnytsia: Nova Knyha [in Ukrainian]
30. Boiko, S. O., Boldizhar, O. O., Boldizhar, P. O., Horlenko, F. V., Huberhrits, N. B., Dronov, O. I., Zharikov, S. O., Kondratenko, P. H., Konkova, M. V., Kopolovets, I. I., Korsak, V. V., Nesterenko, O. M., Pichkar, Y. I., Popovych, Ya. M., Rumiantsev, K. Ye., Rusyn, V. V., Rusyn, V. I., Samoilenko, H. Ye., Snizhko, S. S., Soboliev, V. V., Stukalo, O. A., Filip, S. S., Chobei, S. M., Shevchuk, I. M., Shidlovskiy, V. O., & Elin, A. F. (2019). *Khirurhiia: u 2-kh tomakh. T. 1: pidruchnyk*. Vinnytsia: Nova knyha [in Ukrainian]

ORCID

- Y. Kovalchuk  <https://orcid.org/0000-0003-3677-3411>
 S. Hural'ska  <https://orcid.org/0000-0001-7383-1989>
 T. Kot  <https://orcid.org/0000-0003-0448-2097>
 H. Hryshchuk  <https://orcid.org/0000-0001-7092-2412>
 L. Yevtukh  <https://orcid.org/0000-0003-3116-3980>



2025 Kovalchuk Y. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Features of coproovoscopic laboratory diagnostics of toxocarosis in cats

A. Perviy ✉

Article info

Correspondence Author

A. Perviy

E-mail:

andrii.perviy@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Perviy, A. (2025). Features of coproovoscopic laboratory diagnostics of toxocarosis in cats. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 249–254. doi: 10.31210/spi2025.28.02.39

The causative agents of nematodes of domestic carnivores are able to parasitize in the larval stage in humans and cause a disease called the "larva migrans" syndrome, and have long attracted the attention of medical and veterinary specialists. *Larva migrans* is a large group of zoonotic diseases, characterized by such features as: humans are an unusual host; pathogens in the human body do not reach the sexually mature stage; the symptom complex is caused by the migration of larvae or immature helminths in the internal organs, human skin, and the influence of their metabolites. Such dangerous invasive diseases include the causative agent of toxocarosis in cats. Therefore, the use of effective methods of coproovoscopic diagnostics of this invasion will make it possible to establish a diagnosis in a timely manner, identify infested animals and prevent human infection. The aim of the work was to establish the effectiveness of well-known and modern methods of coproovoscopic detection of *Toxocara cati* eggs. The research was carried out in the Laboratory of Parasitology of Poltava State Agrarian University. To compare the effectiveness of methods for diagnosing toxocarosis in cats, the Kotelnikov-Khrenov's method (with ammonium nitrate solution), Mallory's (with sugar solution), intravital diagnostics of ascariasis, trichuriasis, esophagostomosis and metastrongylosis in pigs (with bischofite) and coproovoscopic diagnostics of strongyloidosis in sheep (with a solution of a mixture of calcium and ammonium nitrate – 1 : 1.5) were used. It was established that using all the studied methods, *Toxocara* eggs were detected. However, the sensitivity of the methods was different and was 53.3–100.0 % for the Kotelnikov-Khrenov's method, 46.7–100.0 % for Mallory's, 60.0–100.0 % for post-mortem diagnostics of ascariasis, trichuriasis, esophagostomosis, and metastrongylosis of pigs, 73.3–100.0 % for coproovoscopic diagnostics of strongyloidosis of sheep. The highest values of the intensity of toxocarosis invasion were detected when exposing stool samples for 15 min using the method of a mixture of calcium and ammonium nitrate solutions (55.2 eggs/g), where its effectiveness exceeded the method with ammonium nitrate solution by 18.8 %, the method with sugar solution by 26.9 %, and the method with bischofite by 12.1 %. The obtained data allow us to recommend a method of coproovoscopic diagnosis of strongyloidosis in sheep for effective and rapid intravital coproovoscopic diagnosis of toxocarosis in cats.

Keywords: parasitology, cats, toxocarosis, nematode eggs, coproovoscopy, efficiency indicators.

Особливості копроовоскопічної лабораторної діагностики токсокарозу котів

А. О. Первий

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Збудники нематодозів домашніх м'ясоїдних тварин здатні паразитувати у ларвальній стадії у людини і викликати захворювання, що отримало назву синдрому «*larva migrans*» і здавна привертають увагу медичних та ветеринарних фахівців. *Larva migrans* – велика група зоонозних хвороб, що характеризується такими особливостями, як: людина є невластивим їм господарем; збудники в організмі людини не досягають статевої зрілості; симптомокомплекс обумовлений міграцією личинок або незрілих гельмінтів у внутрішніх органах, шкірі людини, впливом їх метаболітів. До таких небезпечних інвазійних хвороб відноситься збудник токсокарозу котів. Тому застосування ефективних методів копроовоскопічної діагностики цієї інвазії дасть можливість своєчасно встановлювати діагноз, виявляти інвазованих тварин і попереджати зараження людини. Метою роботи було встановити ефективність загальновідомих і сучасних методів копроовоскопічного виявлення яєць *Toxocara cati*. Дослідження виконували у лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету. Для порівняння ефективності методів діагностики токсокарозу котів використовували спосіб Котельникова-Хренова (із розчином аміачної селітри), Маллорі (із розчином цукру), життєвої діагностики аскарозу, трихуриду, езофагостомозу та метастронгілозу свиней (із бішофітом) та копроовоскопічної діагностики стронгілодозу овець (із розчином суміші кальцієвої та аміачної селітри – 1 : 1,5). Встановлено, що за використання всіх досліджуваних способів було виявлено яйця токсокар. Однак, чутливість методів виявилася різною і становила за використання методу Котельникова-Хренова – 53,3–100,0 %, Маллорі – 46,7–100,0 %, життєвої діагностики аскарозу, трихуриду, езофагостомозу та метастронгілозу свиней – 60,0–100,0 %, копроовоскопічної діагностики стронгілодозу овець – 73,3–100,0 %. Найвищі значення інтенсивності токсокарозої інвазії виявлено при експозиції копропроб упродовж 15 хв за використання методу із суміші розчинів кальцієвої та аміачної селітри (55,2 яєць/г), де його результативність перевищувала метод із розчином аміачної селітри – на 18,8 %, методу із розчином цукру – на 26,9 %, методу із бішофітом – на 12,1 %. Отримані дані дозволяють рекомендувати спосіб копроовоскопічної діагностики стронгілодозу овець для ефективної і швидкої життєвої копроовоскопічної діагностики токсокарозу котів.

Ключові слова: паразитологія, коти, токсокароз, яйця нематод, копроовоскопія, показники ефективності.**Бібліографічний опис для цитування:** Первий А. О. Особливості копроовоскопічної лабораторної діагностики токсокарозу котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 249–254.

Вступ

Гельмінти *Toxocara* spp. поширені у всьому світі та викликають захворювання у різних диких та домашніх тварин як остаточних, так і паратенічних господарів через різні шляхи передачі. Статевозрілі токсокари виділяють у довкілля разом з фекаліями тварин яйця, які можуть витримувати несприятливі умови навколишнього середовища [1–5].

Toxocara cati – це нематода, яка часто діагностується у домашніх котів у всьому світі, з різною поширеністю залежно від географічних районів, лабораторних методів досліджень, що використовуються для діагностики, способів утримання тварин, тощо. Причому, розповсюдження *T. cati* серед котів у різних частинах світу, за даними проведених досліджень, коливається від 0,8 до 59,3 % [6–9].

Коти можуть заражатися пероральним шляхом при заковтуванні інвазійних яєць *T. cati*, які знаходяться у довкіллі, лактогенним шляхом через передачу личинок від самок до кошенят, також при споживанні паратенічних господарів, в тілі яких знаходяться личинки [10–12]. Крім того, інвазія у котів може викликати низку симптомів, включаючи блювоту, діарею, схуднення і відставання у рості й розвитку, особливо у кошенят. У важких випадках це може призвести до кишкової непрохідності або розриву [13].

Окрім ветеринарного значення, нематоди *T. cati* становлять загрозу для здоров'я населення, оскільки вони здатні викликати токсокароз людини. Зокрема, нещодавні епідеміологічні дослідження показали значне зараження людей токсокарами у всьому світі [14–18].

Дослідниками описано різні методи виявлення яєць токсокар у ґрунті та з фекалій хворих тварин, але проведені дослідження стосуються лише показників виявлення яєць *T. canis* або *Toxocara* spp., тоді як питання виділення яєць *T. cati* з використанням найбільш ефективної методики досі залишаються актуальними. Тому, дослідниками було проведено оцінювання флотаційних властивостей розчину хлориду натрію для виявлення яєць *T. canis* і *T. cati*. Істотної різниці у діагностичній ефективності щодо виявлення токсокар не спостерігалось, де середні показники екстенсивності інвазії *T. cati* коливалися в межах від 15,9 до 68,9 %, а яєць *T. canis* – від 28,3 до 83,9 % [19].

Тому, для проведення моніторингових досліджень щодо поширення токсокарозу серед котів з метою виявлення ризиків для здоров'я тварин та населення необхідно застосовувати чутливі та ефективні методи лабораторної діагностики [20].

Мета дослідження

Метою дослідження було встановити ефективність загальновідомих і сучасних методів копроовоскопічного виявлення яєць *Toxocara cati*.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2024–2025 рр. в умовах лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету.

При порівнянні способів копроовоскопії при дослідженні фекалій, відібраних від котів інвазованих збудником токсокарозу, використовували наступні: Котельникова-Хренова (із застосуванням розчину аміачної селітри); Маллорі (із застосуванням розчину цукру); зажиттєвої діагностики аскарозу, трихуризу, езофагостомозу та метастронгілозу свиней (спосіб Дахна, із застосуванням бішофіту); копроовоскопічної діагностики стронгілоїдозу овець (спосіб Сорокової, із застосуванням суміші розчинів кальцієвої та аміачної селітри – 1 : 1,5) [21–25].

Кожним флотаційним розчином було досліджено 15 зразків фекалій (всього 180 копропроб). Відстоювання зразків у кожному з флотаційних розчинів проводили впродовж 5 хв, 10 хв, 15 хв. Враховували відсоток позитивних проб та показники інтенсивності токсокарозової інвазії (І, яєць/г) [26].

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили визначенням середнього арифметичного (М), стандартного відхилення (SD) та рівня вірогідності (P) з використанням методики однофакторного дисперсійного аналізу, використовуючи критерій Фішера.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що за використання всіх випробуваних способів у хворих котів виявляли яйця *T. cati* (рис. 1 а та рис. 1 б).

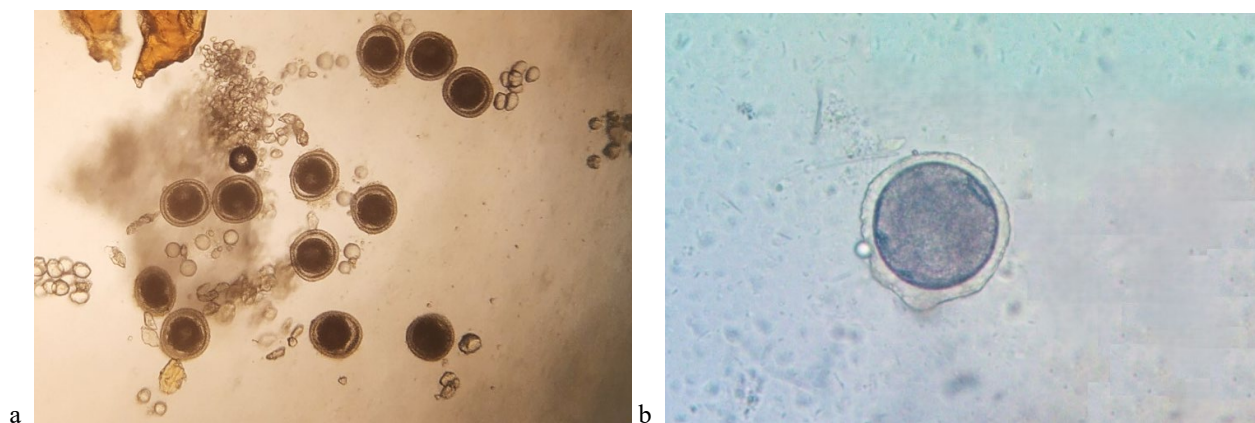


Рис. 1. Яйця *Toxocara cati*, виділені з фекалій котів при використанні випробуваних способів:

а – $\times 150$, б – $\times 400$

Водночас, чутливість способів виявилася різною і залежно від експозиції копропроб становила за використання Котельникова-Хренова – 53,3–100,0 %, Маллорі – 46,7–100,0 %, зажиттєвої діагностики

аскарозу, трихуризу, езофагостомозу та метастронгілозу свиней – 60,0–100,0 %, копроовоскопічної діагностики стронгілодозу овець – 73,3–100,0 % (рис. 2).

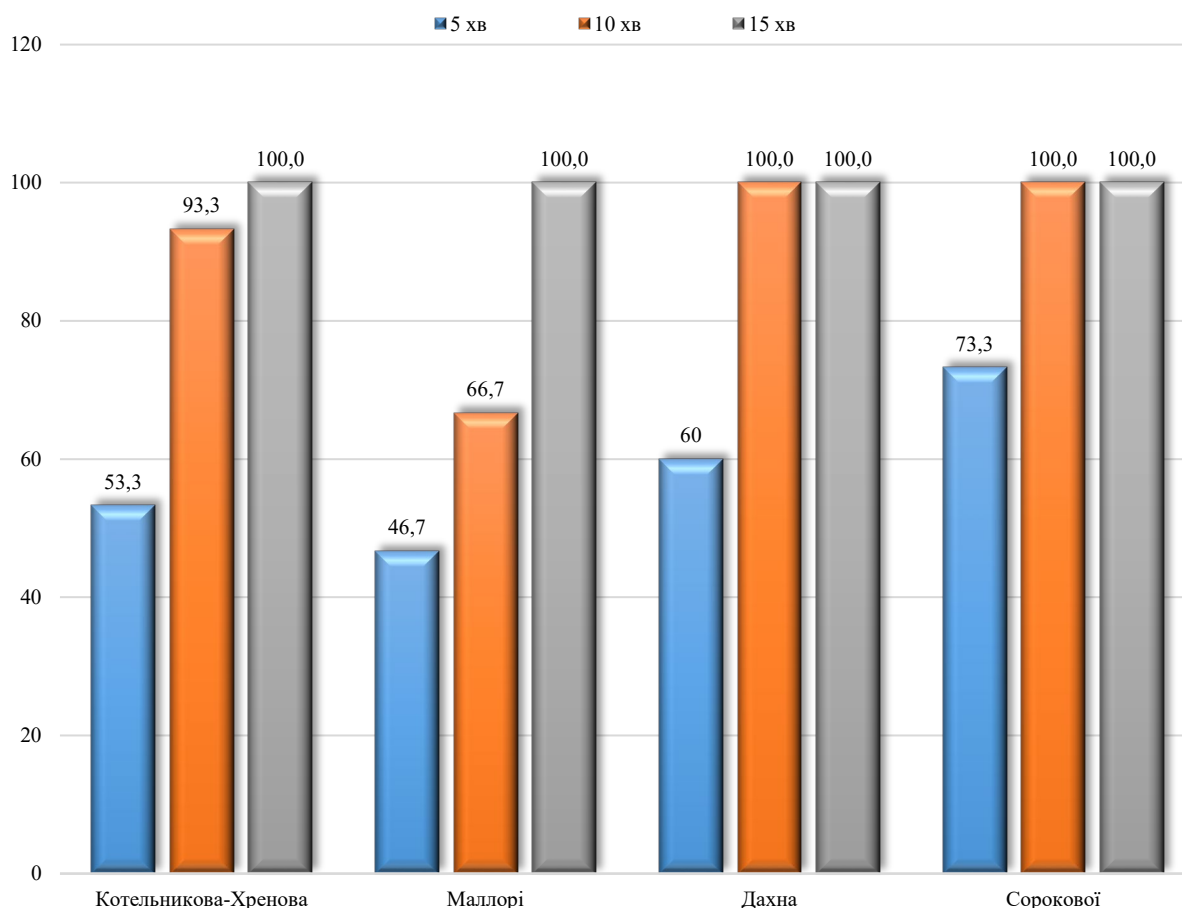


Рис. 2. Показники чутливості способів копроовоскопії за токсокарозу котів (%)

З боку показників інтенсивності токсокарознаї інвазії можна зазначити, що всі випробувані методи показали найвищі значення при експозиції копропроб упродовж 15 хв (рис. 3 а). Зокрема, за використання методу Котельникова-Хренова за експозиції 15 хв виявлено $44,8 \pm 12,3$ яєць/г, що більше на 25,4 %, ніж за експозиції 10 хв (рис. 3 б) та на 40,8 % ($P < 0,001$) – ніж за експозиції 5 хв (рис. 3 с).

За використання способу Маллорі за експозиції 15 хв виявлено $40,3 \pm 8,5$ яєць/г, що більше на 23,6 %, ніж за експозиції 10 хв (рис. 3 б) та на 41,9 % ($P < 0,001$) – ніж за експозиції 5 хв (рис. 3 с).

За використання способу зажиттєвої діагностики аскарозу, трихуризу, езофагостомозу та метастронгілозу свиней (спосіб Дахна) за експозиції 15 хв виявлено $48,5 \pm 14,2$ яєць/г, що більше на 18,6 %, ніж за експозиції 10 хв (рис. 3 б) та на 41,4 % ($P < 0,001$) – ніж за експозиції 5 хв (рис. 3 с).

За використання способу копроовоскопічної діагностики стронгілодозу овець (спосіб Сорокової) за експозиції 15 хв виявлено $55,2 \pm 14,7$ яєць/г, що більше на 18,8 % ($P < 0,05$), ніж за експозиції 10 хв

(рис. 3 б) та на 37,5 % ($P < 0,001$) – ніж за експозиції 5 хв (рис. 3 с).

Також, виявлено, що порівняно до методу Котельникова-Хренова, як загальновідомого методу копроовоскопічної діагностики за кишкових паразитозів тварин, найвищі значення показників інтенсивності токсокарознаї інвазії виявлено при застосуванні способу копроовоскопічної діагностики стронгілодозу овець (спосіб Сорокової), де його результативність перевищувала за експозиції копропроб 5 хв – на 23,2 % ($P < 0,05$), за експозиції 10 хв – на 25,4 % ($P < 0,05$), за експозиції 15 хв – на 18,8 % ($P < 0,05$).

Науковці всього світу зазначають про зоонозний потенціал нематод *T. cati*, які становлять загрозу для здоров'я населення, оскільки вони здатні викликати токсокароз людини [14–18]. Тому, актуальним і на сьогодні є випробування чутливості та ефективності методів лабораторної діагностики токсокарозу котів, що спонукало нас до проведення експериментальних досліджень.

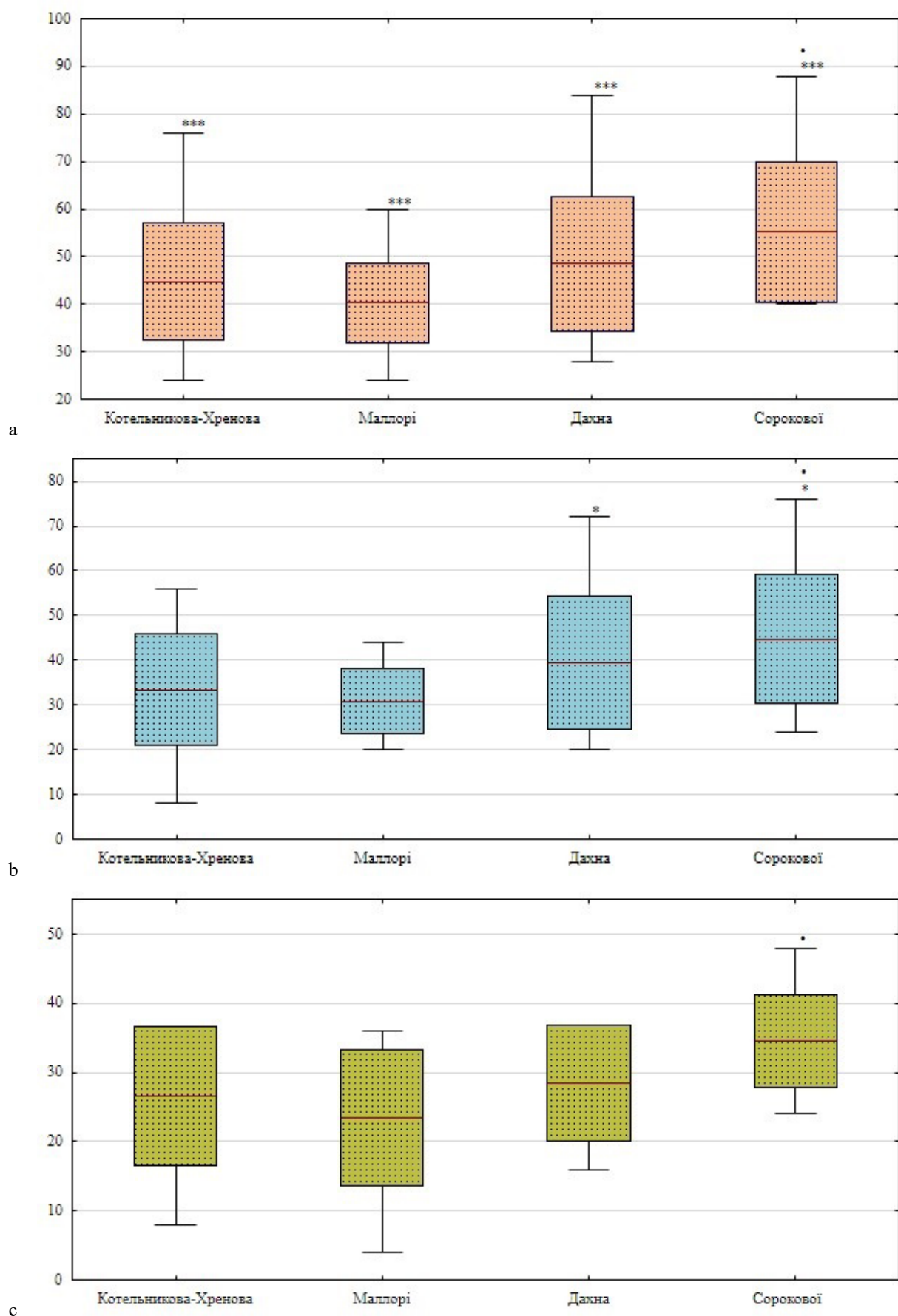


Рис. 3. Показники інтенсивності токсокарозної інвазії у котів за використання різних способів копроовоскопії залежно від експозиції копропроб:

а – 15 хв, б – 10 хв, в – 5 хв; * – $p < 0,05$; *** – $P < 0,001$ – порівняно з показниками за експозиції 5 хв;

• – $P < 0,05$ – порівняно з показниками способу Котельникова-Хренова за аналогічної експозиції

Встановлено, що за використання всіх досліджуваних способів було виявлено яйця токсокар. Однак, чутливість методів виявилася різною і становила за використання Котельникова-Хренова – 53,3–100,0 %, Маллорі – 46,7–100,0 %, зажиттєвої діагностики аскарозу, трихуризу, езофагостомозу та метастронгілозу свиней – 60,0–100,0 %, копроовоскопічної діагностики стронгілоїдозу овець – 73,3–100,0 %. Найвищі значення інтенсивності токсокарозної інвазії виявлено при експозиції копропроб впродовж 15 хв за використання методу із сумішню розчинів кальцієвої та аміачної селітри – 55,2±14,7 яєць/г. Його результативність перевищувала метод Котельникова-Хренова – на 18,8 %, Маллорі – на 26,9 %, методу Дахна – на 12,1 %.

Про високу діагностичну ефективність способу за Сорокової свідчать результати, отримані авторами, де при діагностиці стронгілоїдозу овець метод із використанням в якості флотанту суміші розчинів кальцієвої та аміачної селітри виявився високо-ефективним і перевищував результативність способів Котельникова-Хренова – на 42,27 % і Дахна – на 31,66 % [24, 25].

Отримані дані дозволяють рекомендувати спосіб копроовоскопічної діагностики стронгілоїдозу овець для ефективної і швидкої зажиттєвої копроовоскопічної діагностики токсокарозу котів.

Висновки

Виявлено, що при зажиттєвій лабораторній копроовоскопічній діагностиці токсокарозу в котів чутливість способу Котельникова-Хренова становила 53,3–100,0 %, Маллорі – 46,7–100,0 %, Дахна – 60,0–100,0 %, Сорокової – 73,3–100,0 %. Найбільшу кількість яєць виявлено при використанні досліджуваних способів при експозиції копропроб упродовж 15 хв. Найефективнішим способом відносно показників інтенсивності токсокарозної інвазії виявився спосіб Сорокової, де за експозиції 15 хв виявлено 55,2 яєць/г, що на 18,8–25,4 % вище, ніж при застосуванні способу Котельникова-Хренова.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

- Holland, C. V. (2023). A walk on the wild side: A review of the epidemiology of *Toxocara canis* and *Toxocara cati* in wild hosts. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 22, 216–228. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2023.10.008>
- Okulewicz, A., Percec-Matysiak, A., Buńkowska, K., & Hildebrand, J. (2012). *Toxocara canis*, *Toxocara cati* and *Toxascaris leonina* in wild and domestic carnivores. *Helminthologia*, 49 (1), 3–10. <https://doi.org/10.2478/s11687-012-0001-6>
- Sharif, M., Nasrolahei, M., Ziapour, S. P., Gholami, S., Ziaei, H., Daryani, A., & Khalilian, A. (2007). *Toxocara cati* infections in stray cats in northern Iran. *Journal of Helminthology*, 81 (1), 63–66. <https://doi.org/10.1017/s0022149x07214117>
- Chan, J. M., Chan, H., & Flores, M. J. (2023). Domesticated cats as a source of environmental contamination with *Toxocara cati* and other soil-transmitted helminth eggs in urban area, Manila-Philippines. *Insights in Public Health Journal*, 4 (1). <https://doi.org/10.20884/1.iphj.2023.4.1.9288>
- Hade, B. F., Zainab, A. M., Ibrahim, I., & Saadedin, S. M. (2018). Histopathological study of different VLM stages of *Toxocara canis* infection in liver of rabbits. *Iraqi Journal of Biotechnology*, 17 (2), 47–56. Retrieved from: <https://jige.uobaghdad.edu.iq/index.php/IJB/article/view/53>
- Nijse, R., Ploeger, H. W., Wagenaar, J. A., & Mughini-Gras, L. (2016). Prevalence and risk factors for patent *Toxocara* infections in cats and cat owners' attitude towards deworming. *Parasitology Research*, 115 (12), 4519–4525. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5242-8>
- Yamamoto, N., Kon, M., Saito, T., Maeno, N., Koyama, M., Sunaoshi, K., Yamaguchi, M., Morishima, Y., & Kawanaka, M. (2009). Prevalence of intestinal canine and feline parasites in Saitama Prefecture, Japan. *Kansenshogaku Zasshi*, 83 (3), 223–228. <https://doi.org/10.11150/kansenshogakuzasshi.83.223>
- Alshawi, A. F., & Alhayani, O. J. (2024). Molecular detection and prevalence of the *Toxocara cati* parasite in household cats breeds in the Al-Anbar province - Iraq. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 55 (6), 1627–1636. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2024.263951.1791>
- Ursache, A. L., Györke, A., Mircean, V., Dumitrache, M. O., Codea, A. R., & Cozma, V. (2021). *Toxocara cati* and other parasitic enteropathogens: More commonly found in owned cats with gastrointestinal signs than in clinically healthy ones. *Pathogens*, 10 (2), 198. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020198>
- Bowman, D. D. (2021). Helminths. *Georgis' Parasitology for Veterinarians*, 135–260. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-54396-5.00013-1>
- Bourgoin, G., Callait-Cardinal, M.-P., Bouhsira, E., Polack, B., Bourdeau, P., Roussel Ariza, C., Carassou, L., Lienard, E., & Drake, J. (2022). Prevalence of major digestive and respiratory helminths in dogs and cats in France: results of a multicenter study. *Parasites & Vectors*, 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05368-7>
- Remesar, S., García-Dios, D., Calabuig, N., Prieto, A., Díaz-Cao, J. M., López-Lorenzo, G., López, C., Fernández, G., Morondo, P., Panadero, R., & Díaz, P. (2022). Cardiorespiratory nematodes and co-infections with gastrointestinal parasites in new arrivals at dog and cat shelters in north-western Spain. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69 (5). <https://doi.org/10.1111/tbed.14670>
- Lucio-Forster, A., Mizhquiri Barbecho, J. S., Mohammed, H. O., Kornreich, B. G., & Bowman, D. D. (2016). Comparison of the prevalence of *Toxocara* egg shedding by pet cats and dogs in the U.S.A., 2011–2014. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 5, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2016.08.002>
- Overgaauw, P. A. M., & Nederland, V. (1997). Aspects of *Toxocara* Epidemiology: Toxocarosis in dogs and cats. *Critical Reviews in Microbiology*, 23 (3), 233–251. <https://doi.org/10.3109/10408419709115138>
- Glickman, L. T., & Schantz, P. M. (1981). Epidemiology and pathogenesis of zoonotic toxocarosis. *Epidemiologic Reviews*, 3 (1), 230–250. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.epirev.a036235>
- Macpherson, C. N. L. (2013). The epidemiology and public health importance of toxocarosis: A zoonosis of global importance. *International Journal for Parasitology*, 43 (12–13), 999–1008. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.07.004>
- Fisher, M. (2003). *Toxocara cati*: an underestimated zoonotic agent. *Trends in Parasitology*, 19 (4), 167–170. [https://doi.org/10.1016/s1471-4922\(03\)00027-8](https://doi.org/10.1016/s1471-4922(03)00027-8)
- Chooibneh, M., Mikaeili, F., Sadjjadi, S. M., Ebrahimi, S., & Iranmanesh, S. (2018). Molecular characterization of *Toxocara* spp. eggs isolated from public parks and playgrounds in Shiraz, Iran. *Journal of Helminthology*, 93 (3), 306–312. <https://doi.org/10.1017/s0022149x18000354>
- Kleine, A., Janecsek, E., Waindok, P., & Strube, C. (2016). Flotation and adherence characteristics of *Toxocara canis* and *T. cati* and a reliable method for recovering *Toxocara* eggs from soil. *Veterinary Parasitology*, 227, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.07.023>

20. Nunes, C. M., Sinhorini, I. L., & Ogassawara, S. (1994). Influence of soil texture in the recovery of *Toxocara canis* eggs by a flotation method. *Veterinary Parasitology*, 53 (3–4), 269–274. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90190-2](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90190-2)
21. Ponomar, S. I., Honcharenko, V. P., & Soloviova, L. M. (2010). *Dovidnyk z dyferentsiuvannya zbudnykiv invaziinykh khvorob tvaryn*. Kyiv: Ahrarna osvita. [in Ukrainian]
22. Manoilo, Yu. B., Yevstafieva, V. O., & Melnychuk, V. V. (2016). *Metodychni rekomendatsii shchodo diahnostryky ta zasobiv likuvannya za ezofahostomozu svynei*. Poltava, TOV NVP "Ukrpromtorhservis" [in Ukrainian]
23. Dakhno, I. S. (2003). Patent № 62888 UA. *Sposib zazhyttievoi diahno-stryky askariozu, trykhuoriozu, ezofahostomozu ta metastronhilozu svynei*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/372750/> [in Ukrainian]
24. Sorokova, S. S. (2019). Comparative effectiveness of the methods of coproovoscopic diagnosing sheep strongyloidosis. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 146–151. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.19>
25. Sorokova, S. S., Yevstafieva, V. O., & Melnychuk, V. V. (2020). Patent № 141225 UA. *Sposib koproovoskopichnoi diahnostryky stronhiloidozu ovets*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1421370/> [in Ukrainian]
26. Trach, V. N. (1981). The easiest method of identifying and addressing the helminth eggs in the feces of animals. *Proceedings of the second Zakavkazskoj conference on parasitology*. (pp. 229–231). Erevan.

ORCID

A. Perviy 

<https://orcid.org/0009-0002-4047-9450>



2025 Perviy A. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Prevalence of pyoderma in dogs in the city of Poltava

I. Klymas

Article info

Correspondence Author

I. Klymas

E-mail:

kaf.chir@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Klymas, I. (2025). Prevalence of pyoderma in dogs in the city of Poltava. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 255–260. doi: 10.31210/spi2025.28.02.40

In this work, a retrospective analysis of cases of skin diseases, in particular pyoderma in dogs, was carried out in 2022–2024. The research focuses on the prevalence, clinical characteristics, and seasonal dynamics of skin disorders, with particular attention to pyoderma, which was identified as the most common dermatological condition among the examined patients. A total of 1670 dogs were evaluated, and 417 cases of skin diseases (approximately 25 %) were diagnosed. A yearly increase in both the absolute number and proportion of dermatological cases was observed, indicating either a rising prevalence or improved diagnostic accuracy. Pyoderma accounted for the largest share of skin conditions (41,2 %), with the acute (60,5 %), superficial (84,3 %), and localized (75 %) forms being most common. The dominant clinical forms included superficial folliculitis (56,5 %), papulovesicular dermatitis (20 %), and interdigital pyoderma (16,5 %). Deep pyoderma was less frequent and was primarily represented by traumatic pyodermatitis, pododermatitis, and acne. Lesions were most commonly localized to the head, sacral region, and ventral abdomen. A marked seasonal pattern was established, with peak incidence in autumn (September to November), likely due to climatic changes, increased humidity, and decreased skin immune defense in that period. Age-related analysis revealed the highest incidence in dogs aged 8 months to 2 years, with a gradual decline thereafter. Breed analysis showed that skin diseases affected dogs of various breeds regardless of coat type, although a slight predominance was noted in long-haired breeds such as German Shepherds, Yorkshire Terriers, and Shih Tzus. These findings have practical significance for improving clinical awareness, developing more accurate diagnostic algorithms, and designing targeted prevention and treatment protocols that consider seasonal, age-related, and breed-specific risk factors.

Keywords: skin diseases, dogs, pyoderma, dermatomycosis, atopic dermatitis, akarosis, skin neoplasms.

Поширення піодермій у собак у місті Полтава

I. I. Климась

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У даній роботі проведено ретроспективний аналіз випадків захворювань шкіри, зокрема піодермій у собак, у 2022–2024 роках. Метою дослідження є вивчення частоти, клінічних форм, нозологічного профілю, локалізації уражень, глибини патологічного процесу, сезонних змін захворюваності, а також породних і вікових характеристик хворих тварин. Проведений аналіз базується на використанні сучасних методів клінічної діагностики, лабораторного обстеження та систематизації результатів спостережень, що відповідає рекомендаціям провідних світових фахівців у галузі ветеринарної дерматології. Отримані результати мають як наукову, так і практичну цінність, оскільки дозволяють удосконалити підходи до діагностики, профілактики та лікування дерматологічних захворювань у собак з урахуванням локальних особливостей, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню якості ветеринарної допомоги та зниженню ризику хронізації патологічного процесу. У даному дослідженні представлено комплексний аналіз захворюваності на шкірні хвороби у собак. Основна увага приділена дерматологічній патології, зокрема піодермії, яка виявилася найпоширенішим видом шкірних захворювань серед досліджених пацієнтів. Проведено аналіз динаміки захворюваності в розрізі років, сезонів, вікових груп, порід, клінічних форм та локалізації ураження. Загалом обстежено 1670 собак, з яких у 417 (25 %) діагностовано хвороби шкіри. Спостерігалася щорічне зростання частоти випадків шкірної патології, що може бути наслідком як погіршення епідеміологічної ситуації, так і покращення діагностичних підходів у клініці. Найбільшу частку випадків становила піодермія – 172 випадки (41,2 %), серед яких переважали гострі (60,5 %), поверхневі (84,3 %) та локальні (75 %) форми. Основними клінічними проявами були поверхневий фолікуліт (56,5 %), папульозно-везикулярний дерматит (20 %) та міжпальцева піодермія (16,5 %). Глибока форма діагностувалася рідше, переважно у вигляді травматичного піодерматиту, пододерматиту та акне. Найчастіше ураження локалізувались у ділянці голови, крижів та живота. Встановлено виражену сезонну залежність – найбільша кількість випадків припадала на осінні місяці (вересень–листопад), що, ймовірно, зумовлено змінами кліматичних умов, підвищеною вологістю та зниженням імунної реактивності у цей період. Щодо вікових особливостей, найвищий рівень захворюваності на піодермію виявлено у собак віком 8 місяців – 2 роки, з подальшим зниженням у старшому віці. Породний аналіз показав, що захворювання діагностувалося у собак різних порід незалежно від типу шерстного покриву, хоча деяка перевага спостерігалася серед тварин із довгою шерстю (німецькі вівчарки, йоркширські тер'єри, шит-пу).

Ключові слова: хвороби шкіри, собаки, піодермія, дерматомікози, atopічні дерматити, акарози, новоутворення шкіри.

Бібліографічний опис для цитування: Климась І. І. Поширення піодермій у собак у місті Полтава. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 255–260.

Вступ

Шкірні захворювання собак займають вагоме місце у структурі звернень до ветеринарних клінік, що обумовлено як частотою їх виникнення, так і складністю діагностики та лікування. За даними низки досліджень, дерматологічні патології є однією з найпоширеніших причин консультацій у ветеринарній практиці дрібних тварин [1–8]. Особливу небезпеку становлять бактеріальні інфекції шкіри, серед яких провідну роль відіграє піодермія – запальне ураження шкіри, викликане умовно-патогенними мікроорганізмами, найчастіше представниками роду *Staphylococcus* [13, 16–18].

Сучасні наукові дані свідчать про зростання антибіотикорезистентності збудників піодермії [5, 15, 21], що значно ускладнює лікування, особливо у випадках хронічного або рецидивуючого перебігу хвороби. Крім того, клінічна картина піодермії може бути поліморфною, що вимагає диференційованого підходу до діагностики з урахуванням глибини ураження шкіри, локалізації процесу, форми захворювання та можливих супутніх алергічних чи паразитарних патологій [7, 8, 19, 20].

Важливим аспектом є також вивчення епізоотологічних факторів, зокрема сезонних коливань [9], породної схильності [11] та вікових особливостей тварин [12]. Наприклад, дослідження показують, що молоді тварини частіше схильні до розвитку піодермії [22], а певні породи – до її хронічного або важкого перебігу [3, 5, 14]. Знання таких закономірностей дозволяє ветеринарному лікарю своєчасно формувати діагноз, оптимізувати схеми лікування та підвищити ефективність профілактичних заходів [10, 15].

Незважаючи на значну кількість публікацій, присвячених діагностиці та лікуванню шкірних захворювань собак, наявна інформація часто є загальною або базується на зарубіжних даних, які не завжди враховують локальні особливості клінічної практики. У зв'язку з цим важливим є

проведення регіональних досліджень, які б відображали специфіку поширення дерматологічних патологій, зокрема піодермії, у певному географічному ареалі та в умовах конкретної ветеринарної установи.

Мета дослідження

Метою дослідження є аналіз поширення піодермії залежно від породи, віку та сезонності у м. Полтава, Україна.

Матеріали і методи

У дослідження включено дані амбулаторних прийомів навчально-науково-виробничої клініки ветеринарної медицини ПДАУ та Полтавського міського відділу Полтавської обласної державної лікарні ветеринарної медицини (2022–2024 рр.). Предметом дослідження була первинна документація – журнали амбулаторного прийому, власні спостереження і записи, історії хвороб тварин. Здійснено аналіз розподілу захворюваності за породами, віком тварин та сезонами року. Діагностика базувалася на клінічному огляді, анамнезі, лабораторних дослідженнях. Отриманий матеріал узагальнювали, обробляли статистично та аналізували.

Результати та їх обговорення

У період з 2022 по 2024 роки захворювання шкіри виявляли у близько чверті собак, що потрапляли до навчально-науково-виробничої клініки ПДАУ та Полтавського міського відділу Полтавської обласної державної лікарні ветеринарної медицини (**табл. 1**). У 2022 році відзначалося зниження частоти таких випадків, однак у 2024 році частка хвороб шкіри різко зросла до понад третини всіх звернень. Це може свідчити про зміну епідеміологічної ситуації, зовнішніх умов або підвищену увагу до діагностики дерматологічних захворювань.

Таблиця 1

Частота випадків захворювань шкіри у собак

Показники	Кількість випадків по рокам			Всього випадків
	2022	2023	2024	
Всього хворих собак, гол.	579	616	475	1670
Собак з хворобами шкіри, гол.	112	141	164	417

За даними **табл. 1** у 2022–2024 роках було обстежено 1670 собак, з яких 579 – у 2022 році, 616 – у 2023 році та 475 – у 2024 році. З них хвороби шкіри виявлено у 112 собак у 2022 році (19,3 %), 141 собаки у 2023 році (22,9 %) та 164 собак у 2024 році (34,5 %), що загалом становить 417 випадків. Спостерігається чітке зростання як абсолютної кількості собак з дерматологічними проблемами (з 112 до 164), так і їх відсоткової частки (з 19,3 % до 34,5 %), незважаючи на загальне зменшення кількості пацієнтів у 2024 році, що свідчить про зростання поширеності або покращення діагностики шкірних захворювань.

За даними навчально-науково-виробничої клініки ветеринарної медицини ПДАУ та Полтавського міського відділу Полтавської обласної державної лікарні ветеринарної медицини (**табл. 2**) у 2022–2024 роках серед 417 випадків хвороб шкіри у собак найбільшу частку становила піодермія – 172 випадки (41,2 %), далі йшли дерматомікози – 94 випадки (22,5 %), атопічні дерматити – 52 випадки (12,5 %), акарози – 48 випадків (11,5 %), папіломатоз та інші новоутворення шкіри – 32 випадки (7,7 %) та блошиний дерматит – 19 випадків (4,6 %).

Таблиця 2

Нозологічний профіль хвороб шкіри собак

Діагноз	Кількість випадків	%
Піодермія	172	41,2
Дерматомікози	94	22,5
Атопічні дерматити	52	12,5
Акарози	48	11,5
Папіломатоз та інші новоутворення шкіри	32	7,7
Блошиний дерматит	19	4,6
Всього	417	100

Таким чином, найпоширенішим захворюванням є піодермія, яка становить понад 40 % від усіх

Таблиця 3

Клінічні форми піодермій собак

Показник	Клінічні форми піодермій				
	гостра	рецидивуюча	хронічна	локальна	дифузна
Кількість випадків	104	47	21	129	43
%	60,5	27,3	12,2	75	25
Всього	172			172	

Дифузна форма піодермії становить 25 % з 43 випадками. Загальна кількість зареєстрованих випадків за обома класифікаційними критеріями (клінічним перебігом і локалізацією) становить 172, що відповідає 100 %. Ці дані свідчать про переважання гострої та локальної форм піодермії серед собак.

Згідно з даними таблиці щодо локалізації піодермій на тілі собак (*табл. 4*), найчастіше ураження фіксувалося в ділянці голови – 48 випадків, що становить 28 % від загальної кількості.

Таблиця 4

Локалізація піодермій на тілі собак

Локалізація піодермій	Кількість випадків	%
Голова	48	28
Шия	11	6,4
Грудні кінцівки	16	9,3
Тазові кінцівки	15	8,7
Вентральна частина живота	30	17,4
Бокова стінка грудної та черевної порожнини	19	11
Крижі	31	18
Калитка	2	1,2
Всього	172	100

Друге місце посідає зона крижів з 31 випадком, або 18 %, а на третьому – вентральна частина живота, де виявлено 30 випадків, що становить 17,4 %. У 19 собак (11 %) ураження локалізувалося на боковій стінці грудної та черевної порожнини. Грудні кінцівки були уражені у 16 випадках (9,3 %), тазові кінцівки – у 15 випадках (8,7 %), а шия – в 11 випадках (6,4 %). Найменше уражень зафіксовано в ділянці калитки – лише 2 випадки, що становить 1,2 %. Загальна статистика свідчить про те, що піодермія у собак найчастіше проявляється у зонах з підвищеним рівнем травматизації, вологості або контакту із зовнішнім середовищем.

Згідно з даними щодо реєстрації піодермій за глибиною ураження шкіри у собак (*табл. 5*), які

діагностованих випадків, тоді як решта патологій реєструвалася значно рідше.

Згідно з даними таблиці, яка відображає клінічні форми піодермій у собак (*табл. 3*) за період з 2022 по 2024 роки, найбільшу кількість собак зафіксовано з гострою формою захворювання – 104 випадки, що становить 60,5 % від загальної кількості. На другому місці за поширеністю є локальна форма піодермії з 129 випадками, яка охоплює 75 % від усіх зафіксованих випадків за локалізаційною ознакою. Рецидивуюча форма зустрічалася у 47 собак, що складає 27,3 %, а хронічна – у 21 випадку, тобто 12,2 %.

проходили лікування в навчально-науково-виробничій клініці ПДАУ та Полтавського міського відділу Полтавської обласної державної лікарні ветеринарної медицини у 2022–2024 роках, переважна більшість випадків становить поверхнева та неглибока форма піодермії – 145 випадків, що відповідає 84,3 % від загальної кількості. Натомість глибока форма діагностувалася значно рідше – лише у 27 випадках, або 15,7 %. Загальна ж статистика вказує, що найчастіше у собак спостерігаються легші форми піодермії, які не проникають у глибокі шари шкіри.

Таблиця 5

Клінічний прояв піодермій за глибиною ураження шкіри

Показник	Кількість випадків	%
Поверхнева піодермія	145	84,3
Глибока піодермія	27	15,7
Всього	172	100

Згідно з *таблиці 6*, яка відображає нозологічний профіль поверхневої та неглибокої піодермії у собак, найбільш поширеним захворюванням є поверхневий фолікуліт – його діагностовано у 82 випадках, що становить 56,5 % від усіх випадків цієї категорії. Друге місце за поширеністю займає папульозно-везикулярний дерматит з 29 випадками або 20 %.

Таблиця 6

Нозологічний профіль поверхневої піодермії собак

Нозологічна одиниця	Кількість випадків	%
Поверхневий фолікуліт	82	56,5
Папульозно-везикулярний дерматит	29	20
Міжпальцева піодермія	24	16,5
Піодермія шкірної складки	4	2,8
Імпетіго	3	2,1
Піодермія шкірно-слизової зони	3	2,1
Всього	145	100

Міжпальцева піодермія виявлена у 24 собак, що відповідає 16,5 %. Менш поширеними є піодермія шкірної складки – чотири випадки (2,8 %), імпетиго та піодермія шкірно-слизової зони – по три випадки кожна, що становить по 2,1 %. Загальна статистика вказує переважання фолікулітних форм у структурі даної патології у собак.

Згідно з нозологічним профілем глибокої піодермії собак (табл. 7), найпоширенішим є травматичний піодерматит, який становить 40,7 % від усіх випадків глибокої піодермії, тобто 11 із 27 зареєстрованих клінічних проявів.

Таблиця 7

Нозологічний профіль глибокої піодермії собак

Нозологічна одиниця	Кількість випадків	%
Травматичний піодерматит	11	40,7
Пододерматит	9	33,3
Акне	7	26
Всього	27	100

Пододерматит виявлено у дев'яти собак, що відповідає 33,3 %, а акне зустрічалося дещо рідше – у

семи випадках або 26 %. Таким чином, усі зареєстровані випадки глибокої піодермії рівномірно розподілені між трьома основними формами, серед яких переважає форма, пов'язана з механічним ушкодженням шкіри.

Згідно з аналізом даних навчально-науково-виробничої клініки ПДАУ та Полтавського міського відділу Полтавської обласної державної лікарні ветеринарної медицини за 2022–2024 роки, встановлено чітку сезонну динаміку захворюваності на піодермію у собак (табл. 8, рис. 1). Найменша кількість випадків реєструвалася у зимові місяці: січні, лютому та березні, де частка захворюваності не перевищувала 2,9 %. Весняні місяці, зокрема квітень і травень, характеризувалися незначним підвищенням частоти захворювань, із піком у травні (5,2 %). У літній період спостерігається поступове зростання захворюваності: в червні – 7,5 %, у липні – 10,5 %, в серпні – 11 %. Найвищі показники захворюваності зафіксовано восени: у вересні – 13,4 %, жовтні – 15,1 % і листопаді – 15,1 %, що свідчить про виражений осінній пік піодермій. У грудні рівень захворюваності дещо знижується, хоча все ще залишається відносно високим – 9,9 %.

Таблиця 8

Сезонність випадків піодермії

Місяці	Роки			Всього за 3 роки	
	2022	2023	2024	кількість випадків	%
Січень	2	2	1	5	2,9
Лютий	1	-	2	3	1,7
Березень	1	2	2	5	2,9
Квітень	2	3	3	8	4,6
Травень	3	2	4	9	5,2
Червень	4	5	4	13	7,5
Липень	5	8	5	18	10,5
Серпень	7	5	7	19	11
Вересень	3	11	9	23	13,4
Жовтень	4	10	12	26	15,1
Листопад	2	9	15	26	15,1
Грудень	3	3	11	17	9,9
Всього	37	60	75	172	100

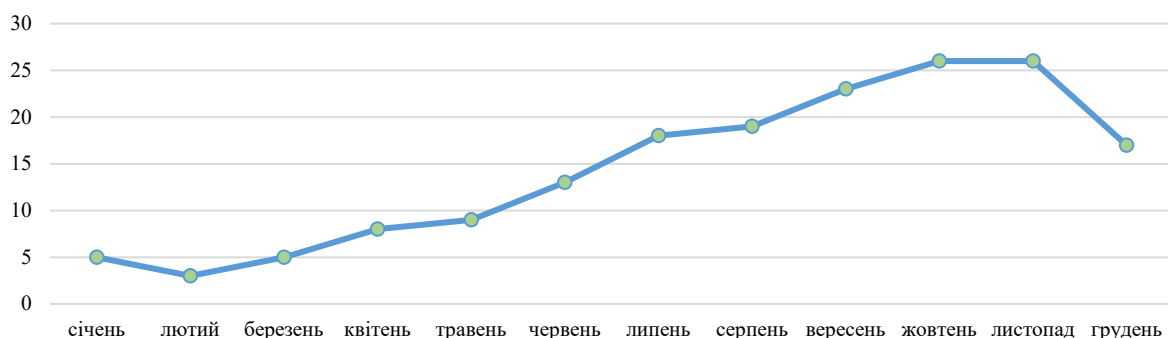


Рис. 1. Діаграма сезонних коливань випадків піодермії за 2022–2024 роки

Таким чином, найбільша кількість випадків припадає на період з вересня по листопад, що може бути зумовлено кліматичними умовами цього періоду та зміною факторів зовнішнього середовища, які впливають на стан шкіри тварин.

Такій розподіл свідчить про наявність сезонної залежності, що може бути пов'язано зі змінами температури, вологості та умов утримання тварин у різні пори року.

Піодермію діагностували у собак таких порід: німецька, кавказька та середньоазійська вівчарка, англійський та американський спаніель, йоркширський тер'єр, чау-чау, скотч-тер'єр, стаффордширський тер'єр, ердельтер'єр, боксер, ротвейлер, бернський зенненхунд, французький бульдог, шит-цу, мопс, пекінес, шарпей, курцхар, пітбултер'єр.

Серед собак із середньою та довгою шерстю частіше фіксувались випадки захворювання

у німецьких та середньоазійських вівчарок, йоркширських тер'єрів та шит-цу. У групі короткошерстих порід найчастіше хворіли стаффордширські тер'єри та мопси.

У віковому аспекті розподіл захворюваності наведений на **рисунку 2**.

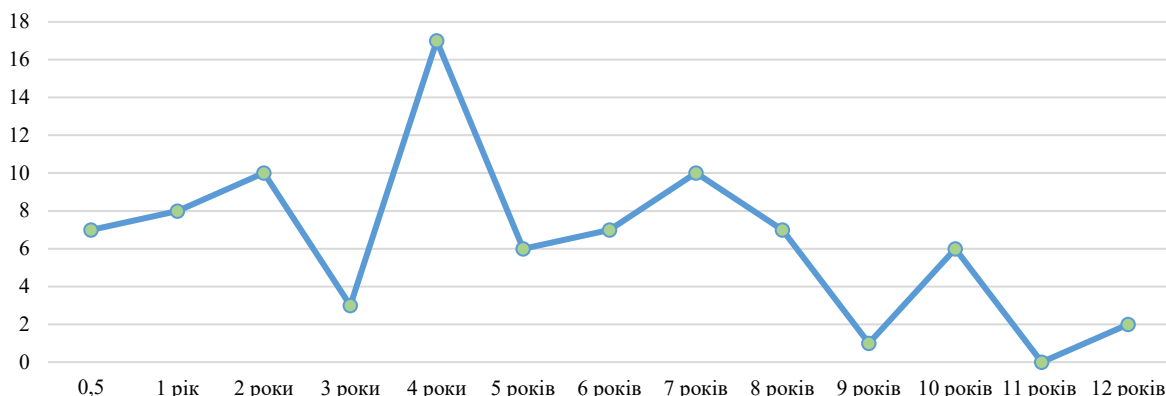


Рис. 2. Діаграма співвідношення сумарної кількості випадків хвороб шкіри від віку собак за 2022–2024 роки

Згідно з отриманими даними, пік захворюваності на піддермію спостерігається у собак віком від 8 місяців до 2 років. Надалі рівень захворюваності поступово знижується, досягаючи мінімальних значень у віці 3–4 років. Другий, менш виражений, пік реєструється у віці близько 5 років, після чого захворюваність залишається стабільно низькою.

Висновки

1. Встановлено, що найпоширенішою дерматологічною патологією у собак є піддермія, яка становить майже половину всіх зареєстрованих випадків.

2. Захворювання діагностували у собак різних порід, як довгошерстих, так і короткошерстих, що свідчить про широкий спектр ураження, незалежно від екстер'єрних особливостей тварин.

3. Найвищий рівень захворюваності спостерігався серед собак віком від восьми місяців до двох років, а також відзначався сезонний пік – восени, що, ймовірно, пов'язано з особливостями імунної реактивності організму в ці періоди та умовами утримання.

4. Отримані дані можуть бути використані для покращення алгоритмів діагностики, планування профілактичних заходів та розробки ефективних схем лікування з урахуванням вікових, сезонних і породних характеристик тварин.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Hillier, A., Lloyd, D. H., Weese, J. S., Blondeau, J. M., Boothe, D., Breitschwerdt, E., Guardabassi, L., Papich, M. G., Rankin, S., Turnidge, J. D., & Sykes, J. E. (2014). Guidelines for the diagnosis and antimicrobial therapy of canine superficial bacterial folliculitis. *Veterinary Dermatology*, 25 (3), 163. <https://doi.org/10.1111/vde.12118>

2. Griffin, C. E., & Hillier, A. (2001). The ACVD task force on canine atopic dermatitis (XXIV): allergen-specific immunotherapy. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 8 1(3–4), 363–383. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(01\)00348-8](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(01)00348-8)
3. Mueller, R. S., Bergvall, K., Bensignor, E., & Bond, R. (2012). A review of topical therapy for skin infections with bacteria and yeast. *Veterinary Dermatology*, 23 (4), 330. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2012.01057.x>
4. Penna, B., Varges, R., Medeiros, L., Martins, G. M., Martins, R. R., & Lilenbaum, W. (2009). *In vitro* antimicrobial susceptibility of staphylococci isolated from canine pyoderma in Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40 (3), 490–494. <https://doi.org/10.1590/s1517-83822009000300011>
5. Hensel, P., Santoro, D., Favrot, C., Hill, P., & Griffin, C. (2015). Canine atopic dermatitis: detailed guidelines for diagnosis and allergen identification. *BMC Veterinary Research*, 11 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0515-5>
6. Beco, L., Guaguère, E., Méndez, C. L., Noli, C., Nuttall, T., & Vroom, M. (2013). Suggested guidelines for using systemic antimicrobials in bacterial skin infections: part 1-diagnosis based on clinical presentation, cytology and culture. *Veterinary Record*, 172 (3), 72–72. <https://doi.org/10.1136/vr.101069>
7. Miller, W. H., Griffin, C. E., & Campbell, K. L. (2012). *Small Animal Dermatology*. 7th ed. St. Louis: Saunders Elsevier.
8. Olivry, T., DeBoer, D. J., Favrot, C., Jackson, H. A., Mueller, R. S., Nuttall, T., & Prélaud, P. (2015). Treatment of canine atopic dermatitis: 2015 updated guidelines from the International committee on allergic diseases of animals (ICADA). *BMC Veterinary Research*, 11 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0514-6>
9. Loeffler, A., Cobb, M. A., & Bond, R. (2011). Comparison of a chlorhexidine and a benzoyl peroxide shampoo as sole treatment in canine superficial pyoderma. *Veterinary Record*, 169 (10), 249–249. <https://doi.org/10.1136/vr.d4400>
10. DeBoer, D. J., & Moriello, K. A. (1994). Development of an experimental model of *Microsporum canis* infection in cats. *Veterinary Microbiology*, 42 (4), 289–295. [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(94\)90060-4](https://doi.org/10.1016/0378-1135(94)90060-4)
11. Santoro, D., Marsella, R., & Hernandez, J. (2007). Investigation on the association between atopic dermatitis and the development of mycosis fungoides in dogs: a retrospective case-control study. *Veterinary Dermatology*, 18 (2), 101–106. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2007.00582.x>
12. Bemis, D. A., Jones, R. D., Hiatt, L. E., Ofori, E. D., Rohrbach, B. W., Frank, L. A., & Kania, S. A. (2006). Comparison of tests to detect oxacillin resistance in *Staphylococcus intermedius*, *Staphylococcus schleiferi*, and *Staphylococcus aureus* isolates from canine hosts. *Journal of Clinical Microbiology*, 44 (9), 3374–3376. <https://doi.org/10.1128/jcm.01336-06>

13. Cain, C. L. (2013). Antimicrobial resistance in Staphylococci in small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 43 (1), 19–40. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2012.09.003>
14. Cole, L. K., Kwochka, K. W., Kowalski, J. J., & Hillier, A. (1998). Microbial flora and antimicrobial susceptibility patterns of isolated pathogens from the horizontal ear canal and middle ear in dogs with otitis media. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 212 (4), 534–538. <https://doi.org/10.2460/javma.1998.212.04.534>
15. Abraham, J. L., Morris, D. O., Griffith, G. C., Shofer, F. S., & Rankin, S. C. (2007). Surveillance of healthy cats and cats with inflammatory skin disease for colonization of the skin by methicillin-resistant coagulase-positive staphylococci and *Staphylococcus schleiferi* ssp. *schleiferi*. *Veterinary Dermatology*, 18 (4), 252–259. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2007.00604.x>
16. Medleau, L., & Hnilica, K. A. (2010). *Small Animal Dermatology: A Color Atlas and Therapeutic Guide*. 3rd ed. St. Louis: Saunders Elsevier.
17. Loeffler, A., Boag, A. K., Sung, J., Lindsay, J. A., Guardabassi, L., Dalsgaard, A., Smith, H., Stevens, K. B., & Lloyd, D. H. (2005). Prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among staff and pets in a small animal referral hospital in the UK. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 56 (4), 692–697. <https://doi.org/10.1093/jac/dki312>
18. Loeffler, A., & Lloyd, D. H. (2018). What has changed in canine pyoderma? A narrative review. *The Veterinary Journal*, 235, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.04.002>
19. Stull, J. W., & Weese, J. S. (2015). Hospital-Associated Infections in Small Animal Practice. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45 (2), 217–233. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.11.009>
20. Beco, L., Guaguère, E., Méndez, C. L., Noli, C., Nuttall, T., & Vroom, M. (2013). Suggested guidelines for using systemic antimicrobials in bacterial skin infections: part 2— antimicrobial choice, treatment regimens and compliance. *Veterinary Record*, 172 (6), 156–160. <https://doi.org/10.1136/vr.101070>
21. Morris, D. O., Rook, K. A., Shofer, F. S., & Rankin, S. C. (2006). Screening of *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius*, and *Staphylococcus schleiferi* isolates obtained from small companion animals for antimicrobial resistance: a retrospective review of 749 isolates (2003–04). *Veterinary Dermatology*, 17 (5), 332–337. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2006.00536.x>
22. Ihrke, P. J. (1987). An overview of bacterial skin disease in the dog. *British Veterinary Journal*, 143 (2), 112–118. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(87\)90002-9](https://doi.org/10.1016/0007-1935(87)90002-9)

ORCID

I. Klymas 

<https://orcid.org/0009-0008-5346-7276>



2025 Klymas I. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Prevalence of eye pathologies in Siberian Husky dogs and characteristics of individual blood vessel parameters in the presence of neoplasms in the visual analyzer area

L. Polyakh¹ | A. Zamazyi² | M. Kambur¹ | V. Melnychuk²

Article info

Correspondence Author
M. Kambur
E-mail:
mdkambur@gmail.com

¹ Sumy National Agrarian
University,
Herasyma Kondratieva Str.,
160, Sumy, 40021, Ukraine

² Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Polyakh, L., Zamazyi, A., Kambur, M., & Melnychuk, V. (2025). Prevalence of eye pathologies in Siberian Husky dogs and characteristics of individual blood vessel parameters in the presence of neoplasms in the visual analyzer area. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 261–265. doi: 10.31210/spi2025.28.02.41

It is known that cancer is considered the most dangerous pathology for the lives of both humans and animals. Cancer is increasingly diagnosed among pets today and, unfortunately, they have a tendency to "get younger", that is, they are now increasingly diagnosed in young animals, including dogs. It should be noted that the disease is quite often diagnosed in certain breeds of dogs, so the purpose of the study was to determine the prevalence and changes in certain indicators of the bloodstream in Siberian Husky dogs in the presence of neoplasms in the visual analyzer area. The work was carried out in the conditions of the Veterinary Clinic "Diavet", Kyiv. All studies were carried out on Siberian Husky dogs of different ages and sexes. The conducted studies have shown that 41.35 % of the total number of dogs studied had inflammation of the conjunctiva of the visual analyzer (conjunctivitis). The share of dogs with cataracts and glaucoma was 14.42 % and 9.62 % of the total number of animals with pathologies of the visual analyzer, respectively. Keratitis was also diagnosed in dogs, which accounted for 12.50 %. Benign neoplasms (iris melanoma and heterochromia) were detected in 23 dogs (22.12 %). As a result of the conducted studies of blood serum parameters in dogs of different age groups with neoplasms in the visual analyzer area, significant differences were found. In particular, in young animals under three years of age, in which heterochromia was detected, the studied blood vessel parameters practically did not differ from similar indicators in clinically healthy animals. In animals older than 6 years with iris melanoma, a significant increase in the content of total protein in the blood serum was recorded by 1.08 times ($p < 0.05$), globulins – by 1.20 times ($p < 0.05$), creatinine – by 1.24 times ($p < 0.05$), urea – by 1.20 times ($p < 0.05$), circulating immune complexes – by 1.12 times ($p < 0.05$) and a decrease in the content of albumins by 1.21 times ($p < 0.05$). Changes in the blood serum of animals aged 3 to 5 years with iris melanoma were less pronounced. In particular, a significant increase in the content of globulins in the blood serum was recorded by 1.20 times ($p < 0.05$) and urea – by 1.08 times ($p < 0.05$) compared to the indicators in clinically healthy dogs. The conducted studies are relevant and supplement the existing scientific data on individual links of pathogenesis and will be useful for scientists and practicing veterinary doctors.

Keywords: dog, visual analyzer, blood vessel indicators, iris melanoma, heterochromia.

Поширення патологій ока у собак породи сибірський хаскі та характеристика окремих показників кровоносного русла за наявності новоутворень в ділянці зорового аналізатора

Л. В. Полях¹ | А. А. Замазій² | М. Д. Камбур¹ | В. В. Мельничук²

¹ Сумський національний
аграрний університет,
м. Суми, Україна

² Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Відомо, що онкологічні захворювання вважаються найбільш небезпечними патологіями для життя як людей, так і тварин. Онкологічні хвороби на сьогодні все частіше діагностують серед домашніх улюбленців і, на жаль, вони мають тенденцію до «молодшання», тобто наразі їх все частіше діагностують у молодих тварин, у тому числі й собак. Слід зазначити, що досить часто захворювання діагностують у певних порід собак, тому метою проведеного дослідження було з'ясувати рівень поширеності та змін окремих показників кровоносного русла в собак породи сибірський хаскі за наявності новоутворень в ділянці зорового аналізатора. Роботу виконували в умовах ветеринарної клініки «Діавет», м. Київ. Усі дослідження здійснювалися на собаках породи сибірський хаскі різного віку та статі. Проведеними дослідженнями встановлено, що у 41,35 % собак від загальної кількості досліджених тварин виявлено запалення сполучної оболонки зорового аналізатору (кон'юнктивіт). На частку собак з катарактою та глаукомою припадало 14,42 та 9,62 % від загальної кількості тварин з патологіями зорового аналізатору відповідно. Також у собак діагностовано кератит, на частку якого припадало 12,50 %. Доброякісні новоутворення (меланома райдужної оболонки та гетерохромія) виявлені у 23 собак (22,12 %). Внаслідок проведених досліджень показників сироватки крові у собак різних вікових груп з новоутвореннями в ділянці зорового аналізатора встановлено значні відмінності. Зокрема, у молодих тварин віком до трьох років, у яких була виявлена гетерохромія, досліджувані показники кровоносного русла практично не відрізнялися від аналогічних показників у клінічно здорових тварин. У тварин віком старших за 6 років з меланомою райдужної оболонки ока в сироватці крові зафіксовано вірогідне підвищення вмісту загального білка у 1,08 раза ($p < 0.05$), глобулінів – у 1,20 раза ($p < 0.05$), креатиніну – у 1,24 раза ($p < 0.05$), сечовини – у 1,20 раза ($p < 0.05$), циркулюючих імунних комплексів – у 1,12 раза ($p < 0.05$) та зниження вмісту альбумінів у 1,21 раза ($p < 0.05$). Менш вираженими були зміни в сироватці крові тварин віком від 3 до 5 років з меланомою райдужної оболонки ока. Зокрема, в сироватці крові зафіксовано вірогідне підвищення вмісту глобулінів у 1,20 раза ($p < 0.05$) та сечовини – у 1,08 раза ($p < 0.05$) порівняно з показниками у клінічно здорових собак. Проведені дослідження є актуальними й доповнюють вже існуючі наукові дані щодо окремих ланок патогенезу та будуть корисними для науковців та практикуючих лікарів ветеринарної медицини.

Ключові слова: собака, зоровий аналізатор, показники кровоносного русла, меланома райдужної оболонки ока, гетерохромія.

Бібліографічний опис для цитування: Полях Л. В., Замазій А. А., Камбур М. Д., Мельничук В. В. Поширення патологій ока у собак породи сибірський хаскі та характеристика окремих показників кровоносного русла за наявності новоутворень в ділянці зорового аналізатора. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 261–265.

Вступ

Фізіологічний гомеостаз є основою здоров'я тварин. Онкологічні захворювання у дрібних тварин є актуальною проблемою ветеринарної медицини, що потребує детального вивчення для розуміння окремих чинників, що провокують появу новоутворень та ланок патогенезу. Відомо, що перебіг онкологічних захворювань значно варіює у клінічних ознаках та тривалості хвороби. Наприклад, меланома ротової порожнини у собак [1, 2] характеризується агресивним перебігом і метастазами в легенях у 70 % випадків на відміну від повільнішого розвитку меланоми ока [3, 4]. Проте, обидва типи пухлин мають спільні генетичні маркери, що вказує на універсальність онкогенних механізмів [5, 6]. Пухлини повік, також, пов'язані з ультрафіолетовим випромінюванням і генетичними факторами, підкреслюючи роль зовнішніх і внутрішніх тригерів у генезі пухлин [7, 8].

Новоутворення очей розрізняються по зовнішньому вигляду, за кольором і за походженням [9, 10]. Визначають багато факторів, які здатні викликати новоутворення. У тварин це можуть бути виразки, які довго не загоюються, хронічні блефарити, пігментні плями або довготривала дія сонячних променів на відкриті ділянки тіла тощо. Згідно статистичним даним, більшість новоутворень очей є доброякісним [11, 12]. Однак науковці вказують, що з віком тварин даний показник суттєво знижується. Новоутворення розвиваються з клітинних структур шкірних покривів. Це можуть бути епідерміс, підшкірна жирова клітковина, дерма. Однак, дослідники вказують, що в основі розвитку новоутворень очей у людини і тварин важливе місце відіграють віруси папіломи людини, наявність невосів, тобто пігментних новоутворень на очах. Джерелом розвитку новоутворень, як правило, є меланоцити [13, 14].

У птахів (*Agapornis roseicollis*) недиференційована саркома крила виникає внаслідок травм, де хронічне запалення та активація ростових факторів сприяють пухлинному росту [15]. У котів запальні міофібробластичні пухлини серця характеризуються інфільтративним ростом і запальним інфільтратом, що нагадує імунні реакції при меланомі. У морських левів (*Eumetopias jubatus*) хронічна зубна патологія порушує системний гомеостаз, підвищуючи ризик онкологічних змін через імунний дисбаланс. У курей травматичні ушкодження грудної кістки слугують моделлю хронічного запалення з потенційним пухлинним ризиком [16–20].

Слід зауважити, що в літературі також є і суперечливі дані щодо ймовірних причин виникнення новоутворень. Зокрема, Collins et al., 1993 вказують про відсутність будь-якого зв'язку між виникненням злоякісних пухлин очей та гетерохромією, пігментацією чи депігментацією кон'юнктиви [21]. У своїй праці науковці Collinson & Peiffer, 1993 вказують на те, що дія сонячного проміння не відіграє вирішального значення у появі новоутворень, однак все ж певний вплив інсоляція має в розвитку пухлин [22].

Патогенез за пухлинного процесу захворювання залежить від безлічі показників, до яких відносять походження та диференціювання клітин пухлини, її розміри, наявність метастазів та інфільтрації в оточуючі тканини, локалізацію тощо [12]. В сукупності за перерахованими показниками фахівці можуть робити висновок щодо прогнозу захворювання. У зв'язку з цим, на сьогодні важливим завданням є розширення даних щодо окремих ланок патогенезу пухлинного процесу з метою здійснення ранньої діагностики, а також науково-обґрунтованих заходів направлених на лікування тварин з даною патологією та корекцію наслідків захворювання.

Мета дослідження

Метою проведеного дослідження було з'ясувати рівень поширеності та змін окремих показників кровоносного русла в собак породи сибірський хаскі за наявності новоутворень в ділянці зорового аналізатора.

Матеріали і методи

Роботу виконували в умовах ветеринарної клініки «Діавет», м. Київ. Поширення хвороб зорового аналізатору вивчали на собаках породи сибірський хаскі, власники яких зверталися за наданням консультацій чи лікувальної допомоги.

Діагноз на захворювання в ділянці зорового аналізатору встановлювали комплексно, враховували дані анамнезу, клінічні ознаки та за потреби дані лабораторних досліджень. Тварин, у яких виявляли новоутворення / аномалії в ділянці зорового аналізатора відносили в окрему групу і проводили їх дослідження. Діагноз на меланому підтверджували офтальмоскопією (встановлювали потовщення райдужки, наявність пігментованих вузлів), гістологічними дослідженнями (біопсія, патоморфологічні та цитологічні аналізи тканин з новоутворень). У тварин з новоутвореннями виключали наявність супутніх інфекційних захворювань (вірусу чуми та парвовірусного ентериту собак) за допомогою використання імунохроматографічного експрес-тесту Ag Combined Test (CDV+CAV-II Ag), Quicking Biotech Co, Ltd., Китай.

Для проведення досліджень щодо визначення окремих показників кровоносного русла в собак за наявності новоутворень в ділянці зорового аналізатора були сформовані чотири групи собак (1 контрольна та 3 дослідних).

Перша – контрольна група – тварини без пігментних аномалій та наявності новоутворень у віці від 3-х до 6-ти років (n=10);

Друга дослідна група – собаки з ознаками гетерохромії у віці до 3 років (n=10);

Третя дослідна група – собаки з меланою райдужної оболонки у віці від 3-х до 5-ти років (n=7);

Четверта дослідна група – собаки з меланою райдужної оболонки у віці старше 5 років (n=6).

У сироватці крові тварин дослідних та контрольної груп визначали: вміст загального білку, альбумінів, глобулінів, Ig A, Ig J, Ig M, циркулюючих

імунних комплексів, (ЦІК), загального азоту, білкового азоту, сечовини та креатиніну.

Під час проведення експериментальних досліджень дотримувалися міжнародних вимог «Європейської конвенції захисту хребетних тварин, що використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» (Страсбург, 1986 р.) та відповідного Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» № 3447–IV від 21.06.2006 р.

Отриманий цифровий матеріал оброблений статистично за допомогою комп'ютерної програми з

визначенням середньої арифметичної (М), статистичної помилки середньої арифметичної (m) та рівня вірогідності різниці (р). Різницю між двома величинами вважали вірогідною за $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що захворювання зорового аналізатору в собак породи сибірський хаскі достатньо часто діагностуються в умовах ветеринарної клініки «Діавет», м. Київ (рис. 1).

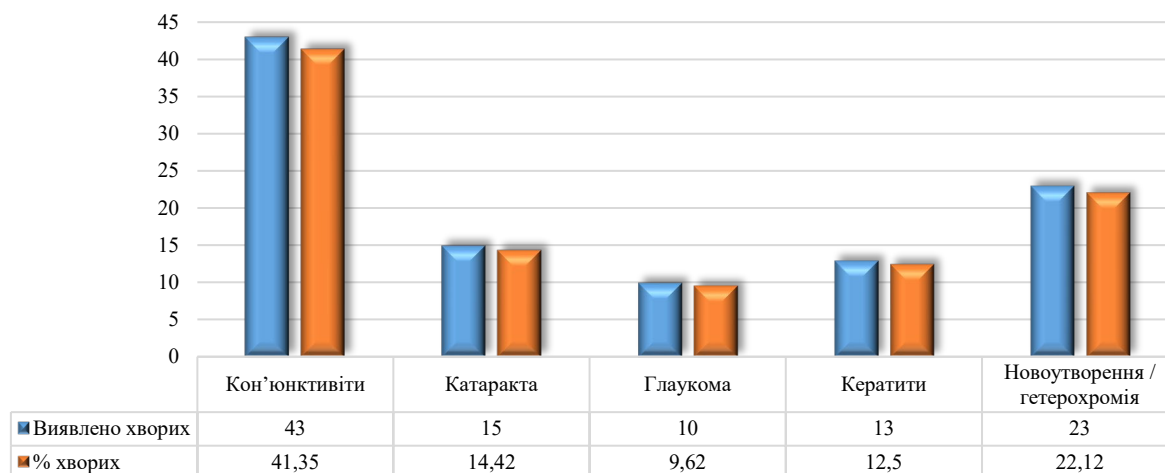


Рис. 1. Нозологічна структура патологій зорового аналізатору в собак породи сибірський хаскі

У нозологічній структурі патології зорового аналізатора собак породи сибірський хаскі переважають кон'юнктивіти, на частку яких припадало 41,35 % від загальної кількості тварин з патологією очей. У собак діагностували катаральні, серозні і гнійні запалення сполучної оболонки зорового аналізатора. Дещо рідше – у 14,5 % від загальної кількості тварин з патологією очей діагностували катаракту. Зазначимо, що вказану патологію частіше виявляли у тварин старшого віку.

Запалення рогівки (кератити) було діагностовано у 12,5 % собак від загальної кількості тварин з патологією очей. Вони проявлялися ознаками почервоніння очей, слезотечею та світлобоязню. В окремих випадках за кератитів у собак виявляли

помутніння рогівки ока. У 9,62 % собак була виявлена глаукома, яка проявлялася почервонінням очного яблука, больовою реакцією, розширенням зіниць і світлобоязню.

Варто наголосити, що окрім вищеперерахованих патологій зорового аналізатору, в собак породи сибірський хаскі досить часто (22,12 % від загальної кількості тварин з патологією очей) діагностували меланому райдужної оболонки та гетерохромію.

Слід зауважити, що прояв захворювання залежав від віку тварин. Так, усі випадки з гетерохромією (43,48 % від тварин, у яких виявлені зміни в зоровому аналізаторі) було зафіксовано у собак віком до 3-х років (рис. 2).

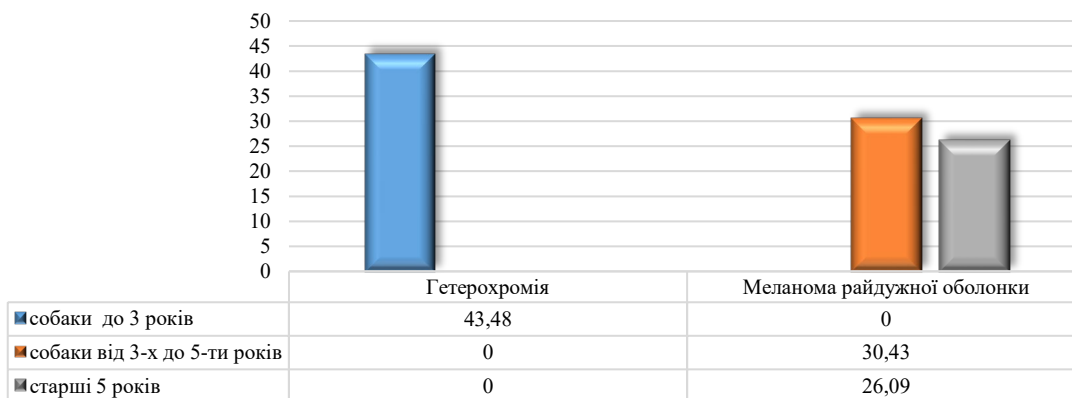


Рис. 2. Виявлені новоутворення та зміни в зоровому аналізаторі собак породи сибірський хаскі залежно від віку, %

Поряд з тим, меланому райдужної оболонки діагностували у тварин старше 3-х річного віку, де патологія була зафіксована у 56,52 % собак від загальної кількості тварин зі змінами в зоровому аналізаторі. Так у собак від 3-х до 5-ти річного віку меланому райдужної оболонки діагностували у 30,43 % випадках. Натомість, у тварин старших за 5 років цей показник знизився та склав 26,09 %.

Таким чином, новоутворення та зміни в зоровому аналізаторі, що можуть передувати розвитку пухлин,

є достатньо частими патологіями в собак у місті Київ, на частку яких припадає 22,12 % від загальної кількості тварин з патологією очей. Також, визначено, що гетерохромія частіше реєструється у собак до 3-х річного віку, натомість до появи меланоми райдужної оболонки ока схильні тварини у віці старше 3-х років.

Наступним кроком було визначити зміни в показниках кровоносного русла собак породи сибірський хаскі з ознаками гетерохромії та за меланоми райдужної оболонки ока (*табл. 1*).

Таблиця 1

Показники гомеостазу в організмі собак залежно від їх віку (M±m)

Показники	Групи собак			
	I – тварини контрольної групи (n=10)	гетерохромія II – тварини віком до 3 років (n=10)	меланома райдужної оболонки ока III – тварини віком від 3-х до 5-ти років (n=7)	IV – тварини у віці старше 5 років (n=6)
Загальний білок, г/л	62,64±1,43	64,44±1,63	66,68±1,18	67,48±1,02*
Альбуміни, г/л	30,48±0,65	28,54±0,26	26,84±0,54	25,23±0,84*
Глобуліни, г/л	32,84±0,46	34,86±0,27	38,48±0,56*	39,25±0,84*
Ig A, г/л	1,32±0,17	1,34±0,09	1,42±0,22	1,51±0,31
Ig J, г/л	10,68±0,12	11,04±0,23	11,85±0,24	12,08±0,63
Ig M, мкг/л	71,81±3,32	73,41±2,89	74,45±0,64	75,21±0,54
ЦІК, од. опт. пл.	37,63±2,64	39,84±1,63	40,43±1,24	42,21±1,26*
Загальний азот, мг %	124,21±5,14	127,43±3,68	129,61±4,21	131,82±4,636
Білковий азот, мг %	95,16±2,34	97,61±3,69	96,74±4,81	98,27±2,64
Сечовина, ммоль/л	97,24±3,92	101,41±320	106,26±3,45*	105,21±4,02*
Креатинін, мкмоль/л	76,04±1,06	80,69 ±2,04	80,96±3,32	92,24±3,65*

Примітка: * – $p < 0,05$ – у порівнянні з показниками у тварин контрольної групи.

Дослідження зразків крові показало, що у молодих тварин віком до 3-х років з ознаками гетерохромії показники кровоносного русла практично не відрізняються від показників у клінічно здорових тварин.

За меланоми райдужної оболонки ока у собак віком від 3-х до 5-ти років зафіксовано вірогідне підвищення вмісту глобулінів у 1,20 раза ($p < 0,05$) та сечовини – у 1,08 раза ($p < 0,05$) порівняно з показниками у клінічно здорових собак.

Більш вираженими були зміни у показниках сироватки крові від тварин віком старших за 6 років. Так, було зафіксовано вірогідне підвищення в сироватці крові вмісту загального білка – у 1,08 раза ($p < 0,05$) та глобулінів – у 1,20 раза ($p < 0,05$), на фоні яких відбулося вірогідне зниження вмісту альбумінів у 1,21 раза ($p < 0,05$) порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак. Також було зафіксоване вірогідне підвищення у сироватці крові рівня циркулюючих імунних комплексів у 1,12 раза ($p < 0,05$), вмісту креатиніну – у 1,24 раза ($p < 0,05$) та сечовини – у 1,08 раза ($p < 0,05$) порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак.

Таким чином, встановлено, що у собак породи сибірський хаскі за наявності гетерохромії відсутні вірогідні зміни з боку показників сироватки крові. Поряд тим, за меланоми райдужної оболонки ока зафіксовано 6 показників сироватки крові, які мали достовірну різницю порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак, що може бути використане як додатковий показник при встановленні діагнозу.

Хвороби зорового аналізатору є достатньо поширеними патологіями не лише у собак, а й у котів. Зокрема, за даними дослідника з міста Одеса, вста-

новлено, що серед собак та котів найчастіше (19,22 %) діагностують саме хвороби кон'юнктиви [23]. Результати наших досліджень не суперечать вже існуючим даними й доводять, що на частку кон'юнктивітів припадало понад 41 % від загальної кількості тварин з патологією очей.

Слід зазначити, що кількість випадків з виявленням новоутворень та змін в ділянці зорового аналізатору собак з кожним роком має тенденцію до збільшення. Так, станом на 2025 рік нами виявлено, що у собак породи сибірський хаскі на частку новоутворень та змін в ділянці зорового аналізатора (меланома райдужної оболонки та гетерохромія) припадає 22,12 % від загальної кількості тварин з патологією очей. Поряд з тим, за даними Mykhailenko & Voitsekhoverych, кількість тварин з новоутвореннями в ділянці зорового аналізатора станом на 2017 рік не перевищувала 3,3 % [24].

Зазвичай, у випадках виявлення новоутворень у тварин здійснюють дослідження безпосередньо тканин, де зафіксовано ріст пухлин, і лише в окремих випадках встановлюють наслідки росту пухлин на показники гомеостазу тварин, тому проведені дослідження є актуальними й доповнюють вже існуючі наукові дані щодо окремих ланок патогенезу.

Висновки

Дослідженнями встановлено, що новоутворення та зміни в зоровому аналізаторі, що можуть передувати розвитку пухлин є достатньо частими патологіями в собак породи сибірський хаскі у місті Київ, на частку яких припадає 22,12 % від загальної кількості тварин з патологією очей.

Визначено, що гетерохромія частіше реєструється у собак до 3-х річного віку (43,48 % від тварин, у яких виявлені зміни в зоровому аналізаторі), натомість до появи меланоми райдужної оболонки ока схильні тварини у віці старше 3-х років (56,52 % від тварин, у яких виявлені зміни в зоровому аналізаторі). Встановлено, що вірогідних змін з боку показників сироватки крові за гетерохромії у собак породи сибірський хаскі віком до 3-х років не відбувається. За меланоми райдужної оболонки ока у собак віком від 3-х до 5-ти років зафіксовано вірогідне підвищення вмісту глобулінів ($p < 0,05$) та сечовини ($p < 0,05$) порівняно з показниками у клінічно здорових собак. Натомість у собак віком старших за 6 років зафіксовано вірогідне підвищення в сироватці крові вмісту загального білка, ($p < 0,05$), глобулінів ($p < 0,05$), на фоні яких відбулося вірогідне зниження вмісту альбумінів ($p < 0,05$) та підвищення рівня циркулюючих імунних комплексів ($p < 0,05$), вмісту креатиніну ($p < 0,05$), сечовини ($p < 0,05$) порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Abdelmegeed, S., & Mohammed, S. (2018). Canine mammary tumors as a model for human disease (Review). *Oncology Letters*, 15(6), 8195–8205. <https://doi.org/10.3892/ol.2018.8411>
- Lipengolts, A. A., Arnopolskaya, A. M., & Kulakov, V. N. (2025). BNCT of Oral Cavity Melanoma in Dogs. *Neutron Capture Therapy*, 541–550. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82591-0_32
- Ernst, H., Rittinghausen, S., & Mohr, U. (1991). Melanoma of the Eye, Mouse. *Eye and Ear*, 44–47. https://doi.org/10.1007/978-3-642-76640-4_8
- Dithmar, S., Albert, D. M., & Grossniklaus, H. E. (2000). Animal models of uveal melanoma. *Melanoma research*, 10 (3), 195–211.
- Schwartz, C. E. (1987). 22. Genetic markers. *Tumor Biology*, 8 (2–3), 170–176. <https://doi.org/10.1159/000217518>
- Bergman P. J. (2007). Canine oral melanoma. *Clinical Techniques In Small Animal Practice*, 22 (2), 55–60. <https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2007.03.0047>.
- Loth, C., Miller, C. V., Haritoglou, C., & Messmer, E. S. B. M. (2021). Hordeolum und Chalazion. *Der Ophthalmologe*, 119 (1), 97–108. <https://doi.org/10.1007/s00347-021-01436-y>
- Wang, Y. C., Li, J., Guo, Y. T., Li, J., Li, J., & Lin, J. Y. (2024). Sebaceous gland carcinoma of the eyelid co-occurred with other tumors: a report of four cases. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 60 (11), 921–926.
- Intraocular Hematolymphoid Neoplasms. (2021). *Tumors of the Eye and Ocular Adnexa*, 247–260. <https://doi.org/10.55418/9781933477923-ch11>
- Shields, C. L., Kels, J. G., & Shields, J. A. (2015). Melanoma of the eye: Revealing hidden secrets, one at a time. *Clinics in Dermatology*, 33 (2), 183–196. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2014.10.010>
- Dees, D. D., Schobert, C. S., Dubielzig, R. R., & Stein, T. J. (2015). Third eyelid gland neoplasms of dogs and cats: a retrospective histopathologic study of 145 cases. *Veterinary Ophthalmology*, 19 (2), 138–143. <https://doi.org/10.1111/vop.12273>
- Dubielzig, R. R. (2002). Tumors of the Eye. Tumors in Domestic Animals, 739–754. <https://doi.org/10.1002/9780470376928.ch15>
- Shain, A. H., & Bastian, B. C. (2016). From melanocytes to melanomas. *Nature Reviews Cancer*, 16 (6), 345–358. <https://doi.org/10.1038/nrc.2016.37>
- Brombin, A., & Patton, E. E. (2024). Melanocyte lineage dynamics in development, growth and disease. *Development*, 151 (15). <https://doi.org/10.1242/dev.201266>
- Ruano-Feo, I., Martí-García, B., Jornet-Rius, O., Martorell, J., & Ramis, A. (2022). Undifferentiated Wing Sarcoma in a Peach-Faced Lovebird (*Agapornis roseicollis*). *Journal of Comparative Pathology*, 199, 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2022.09.006>
- Fuentealba, C. (1992). Dental pathologies and systemic disease. *Journal of Veterinary Dentistry*, 9 (3), 8–11.
- Madsen, T., Arnal, A., Vittecoq, M., Bernex, F., Abadie, J., Labrut, S., Garcia, D., Faugère, D., Lemberger, K., Beckmann, C., Roche, B., Thomas, F., & Ujvari, B. (2017). Cancer prevalence and etiology in wild and captive animals. *Ecology and Evolution of Cancer*, 11–46. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804310-3.00002-8>
- Owada, K., Nicholls, E., Soares Magalhães, R. J., & Palmieri, C. (2025). Environmental exposure and cancer occurrence in dogs: a critical appraisal of evidence. *Research in Veterinary Science*, 184, 105517. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105517>
- Backer, L. C., Coss, A. M., Wolkin, A. F., Flanders, W. D., & Reif, J. S. (2008). Evaluation of associations between lifetime exposure to drinking water disinfection by-products and bladder cancer in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 232 (11), 1663–1668. <https://doi.org/10.2460/javma.232.11.1663>
- Bettini, G., Morini, M., Marconato, L., Marcato, P. S., & Zini, E. (2010). Association between environmental dust exposure and lung cancer in dogs. *The Veterinary Journal*, 186 (3), 364–369. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.09.004>
- Collins, B. K., Collier, L. L., Miller, M. A., & Linton, L. L. (1993). Biologic behavior and histologic characteristics of canine conjunctival melanoma. *Progress in Veterinary & Comparative Ophthalmology*, 3, 135–140.
- Collinson, P. N., & Peiffer, R. L. (1993). Clinical presentation, morphology, and behavior of primary choroidal melanomas in eight dogs. *Progress in Veterinary & Comparative Ophthalmology*, 3, 158–164.
- Morozov, M. H. (2014). Rozpovsiudzhennia ta struktura zakhvoriuvan ochai u dribnykh tvaryn mista Odesa. *Ahrarnyi Visnyk Pry-Chornomoria*, 72, 51–56. [in Ukrainian]
- Mykhailenko, N., & Voitsekhovaly, D. (2017). Morphological features of tumors of the eye in dogs. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (82), 41–44. <https://doi.org/10.15421/nvvet8209>

ORCID

- L. Polyakh  <https://orcid.org/0009-0001-3189-7530>
A. Zamazyi  <https://orcid.org/0009-0002-4047-9450>
M. Kambu  <https://orcid.org/0000-0003-3138-0424>
V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>



2025 Polyakh L. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

On the impact interaction of a falling corn kernel on the concrete bottom of a silo

V. Arendarenko | R. Kharak  | A. Semenov | T. Samoilenko

Article info

Correspondence Author

R. Kharak

E-mail:

ruslan.kharak@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Arendarenko, V., Kharak, R., Semenov, A., & Samoilenko, T. (2025). On the impact interaction of a falling corn kernel on the concrete bottom of a silo. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 266–270. doi: 10.31210/spi2025.28.02.42

The article presents a method for determining the impact interaction of a corn kernel when it falls onto a massive concrete base. It is known that at the initial stage of loading high-altitude silo structures with loose grain material, falling grains hitting the concrete bottom of the silos can be injured or completely destroyed. At the same time, the damaged grain, which will be in the lower part of the silo, begins to breathe intensively, which in turn leads to self-heating of the embankment with the subsequent possibility of monolith formation. This in turn complicates the unloading process. To determine the potential energy during the impulse interaction of individual corn kernels, the energy balance equation was used. With the help of which it was theoretically established that the potential energy of a corn kernel depends on its mass and the speed of fall. Based on experimental studies, it was found that when corn kernels of the same variety with the same physical and mechanical properties fall from significant heights, the potential energy increases linearly, that is, it increases with increasing fall height. Studies have shown that when a grain hits a stationary base, shock waves arise that propagate intensively throughout the grain. The speed of wave propagation during the impact interaction of a grain of corn with a stationary base depends on the mass of the grain and the height of the fall. Thus, when corn grains are dropped from a height of 30 meters, the speed of shock wave propagation is 110 m/s, while the total duration of the impact does not exceed 0,00016 seconds. Based on studies conducted on the fall of corn grains from different heights onto a stationary base, the dependence of the height of the grain rebound on the height of the fall was obtained. This made it possible to determine the recovery coefficient for corn grains. It is $\kappa_e = 0,455$. The obtained experimental data on the impact interaction of corn grains with a massive concrete bottom indicate that for careful loading of grain into silos without injury, it is necessary to install special brake loading devices in their middle.

Keywords: corn kernel, fall height, silo, potential energy, deformation, injury, experiment, recovery coefficient.

Про ударну взаємодію падаючої зернівки кукурудзи на бетонне дно силосу

В. М. Арендаренко | Р. М. Харак | А. О. Семенов | Т. В. Самойленко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

В статті наведена методика визначення ударної взаємодії зернівки кукурудзи при її падінні на масивну бетонну основу. Відомо, що на початковій стадії завантаження висотних силосних споруд сипким зерновим матеріалом падаючі зернівки ударяючись об бетонне дно силосів можуть травмуватися або повністю руйнуватися. При цьому ушкоджене зерно, котре буде знаходитись в нижній частині силосу починає інтенсивно дихати, що в свою чергу приводить до самозігрівання насипу з подальшою можливістю утворення монолітів. Це в свою чергу ускладнює процес вивантаження. Для визначення потенціальної енергії при імпульсній взаємодії окремих зернівок кукурудзи було використане рівняння енергетичного балансу. За допомогою якого теоретично встановлено, що потенціальна енергія зернівки кукурудзи залежить від її маси і швидкості падіння. На основі проведених експериментальних досліджень виявлено, що при падінні із значних висот зернівок кукурудзи одного і того ж сорту з однаковими фізико-механічними властивостями потенціальна енергія збільшується по лінійній залежності, тобто вона збільшується із збільшенням висоти падіння. Дослідженнями виявлено, що при ударі зернівки об нерухому основу виникають ударні хвилі, які інтенсивно розповсюджуються по всьому тілі зернівки. Швидкість розповсюдження хвиль при ударній взаємодії зернівки кукурудзи із нерухомою основою залежить від маси зернівки і висоти падіння. Так при скиданні зернівок кукурудзи з висоти 30 метрів швидкість розповсюдження ударних хвиль становить 110 м/с, при цьому загальна тривалість удару не перевищує 0,00016 секунд. На основі проведених досліджень по падінню зернівок кукурудзи з різних висот на нерухому основу була отримана залежність висоти відскоку зернівки від висоти падіння. Це дало можливість визначити коефіцієнт відновлення для зерна кукурудзи. Він становить $\kappa_e = 0,455$. Отримані дослідні дані про ударну взаємодію зернівок кукурудзи об масивне бетонне дно вказують на те, що для обережного без травмування завантаження силосів зерном необхідно в їх середині встановлювати спеціальні гальмівні завантажувальні пристрої.

Ключові слова: зернівка кукурудзи, висота падіння, силос, потенціальна енергія, деформація, травмування, дослід, коефіцієнт відновлення.

Бібліографічний опис для цитування: Арендаренко В. М., Харак Р. М., Семенов А. О., Самойленко Т. В. Про ударну взаємодію падаючої зернівки кукурудзи на бетонне дно силосу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 266–270.

Вступ

На сучасних елеваторних підприємствах для зберігання сухого і очищеного насіння зернових культур використовують циліндричні металеві силоси з плоским дном [1–3]. Силоси з плоским розташовуються на бетонній основі із застосуванням пальових фундаментів або щелепневій подушці в залежності від геологічних умов місцевості. Висота таких споруд не перевищує 30–40 м [4]. Стінки силосів виготовляються з використанням гофрованої листової сталі. Вертикальні силоси міцні та мають відносно невелику вагу. У таких силосах відношення висоти до діаметра приблизно дорівнює двом.

Завантаження силосів зерновим матеріалом відбувається гравітаційним методом, тобто зерно яке надходить до завантажувальної горловини вільно падає на дно споруди. На початковій стадії завантаження окремі зернівки різної ваги сипкого зернового вантажу падаючи на бетонне дно ударяються і можуть травмуватися. Пошкоджені таким чином зернівки накопичуються в нижній частині ємності, що в свою чергу призводить до самозігрівання і розвитку шкідливих мікроорганізмів. Це означає, що в нижніх шарах можливе псування або повна загибель зерна яка зберігається в силосі.

Гравітаційне завантаження силосів сипким зерновим вантажем ефективне, але воно приводить до сегрегації і травмування насіння зернових культур кукурудзи в тому числі [5–7]. В процесі роботи по визначенню ступені ушкодження зерна кукурудзи при падінні її з висоти на бетонне дно було встановлено, що для зменшення травмування зернівок необхідно використовувати спеціальні завантажувальні пристрої за допомогою яких зменшується швидкість доставки зернового вантажу на дно силосу [8–15].

Розглянемо умови котрі не уможливають руйнування зернівок наприклад кукурудзи при їх ударній взаємодії із нерухомою перешкодою. Так в науковій літературі існує багато визначень що таке механічний удар В дисципліні опір матеріалів ударом називають процес короточасної взаємодії одного тіла з іншим, при якій відбувається перехід кінетичної енергії цих тіл в енергію деформації [16, 17].

Якщо при ударній взаємодії тіл деформація масивнішого тіла (основи силосу) буде незначною, то кінетична енергія падаючих з висоти зернівок кукурудзи досягши максимальної швидкості в момент

зіткнення з нерухомою основою повністю перейде в енергію деформації зернівок і це є причиною їх руйнування або травмування [18–21]. Для того щоб мінімізувати травмування насіння зернових культур при завантаженні його на зберігання в силоси необхідно використати спеціальні завантажувальні пристрої. За допомогою таких пристроїв відбувається зменшення швидкості доставки зерна на дно силосів.

Виходячи із вище сказаного ударна взаємодія зернівок сипкого зернового вантажу із основою силосу є основною причиною ушкодження зернівок особливо на початковій стадії завантаження. Так як насіння кукурудзи має масу більшу ніж насіння пшениці тому дослідження процесу взаємодії його із масивною та нерухомою поверхнею є актуальною проблемою.

Мета дослідження

Метою досліджень є вивчення процесу ударної взаємодії падаючої із значної висоти зернівки кукурудзи на масивну бетонну основу силосу.

Завдання досліджень. Необхідно дослідити як змінюється швидкість та тривалість розповсюдження ударної хвилі в місці зіткнення зернівки з нерухомою основою, визначити коефіцієнт відновлення при ударі зернівки об бетонне дно та встановити як буде змінюватися потенціальна енергія зернівки кукурудзи при падінні її з різної висоти.

Матеріали і методи

При завантаженні силосів зерновим матеріалом окремі зернівки цього матеріалу досягши дна отримують максимальну лінійну швидкість. Вона може бути визначена за формулою $v_k = \sqrt{2gH}$, де H – висота з якої зерно скидається на дно силосу. Зернівки впавши на бетонне дно відскакують від нього на деяку висоту h . Таких відскоків зернівки може бути декілька, але перша є найважливіша. Це означає що при першому падінні з висоти H на бетонне дно силосу зернівка отримує максимальний удар, при цьому вона може травмуватися або повністю зруйнуватись.

Розглянемо можливі варіанти падіння зернівки /кукурудзи на дно силосної споруди. На **рисунку 1** показані чотири варіанти зіткнення зернівки кукурудзи різними своїми частинами з нерухомою основою силосу.

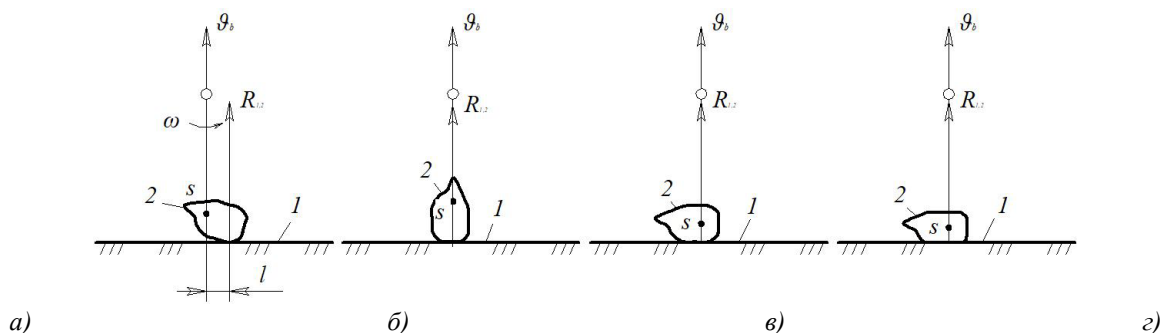


Рис. 1. Можливі варіанти зіткнення зернівки кукурудзи з бетонним дном силосу:

1 – масивне дно силосу; 2 – зернівка кукурудзи

Так на **рисунку 1 а** при зіткненні з нерухомою основою центр ваги зернівки зміщений по відношенню до напрямку дії реакції на величину l . Внаслідок цього, на нашу думку, зернівка отримує не тільки вертикальну швидкість g_v , а й кутову ω . Ці швидкості приводять до того, що зернівка відскакує від перешкоди в різні та непередбачувані напрямки. При інших зіткненнях (**рис. 1 б, в, г**) як правило зернівки відскакують в гору з можливим відхиленням від вертикалі.

Розглянемо випадок коли зернівка кукурудзи відскакує вертикально вгору. На **рисунку 2** показано падіння зернівки на бетонне дно із швидкістю g_k і подальшим відскоком в гору зі швидкістю g_v . При такому падінні кінетична енергія зернівки повністю переходить в енергію її деформації. Ця деформація визиває в зернівці ударні хвилі, які інтенсивно розповсюджуються в середині зернівки. Чим інтенсивніші деформаційні хвилі тим нижча стійкість зернин до травмування.

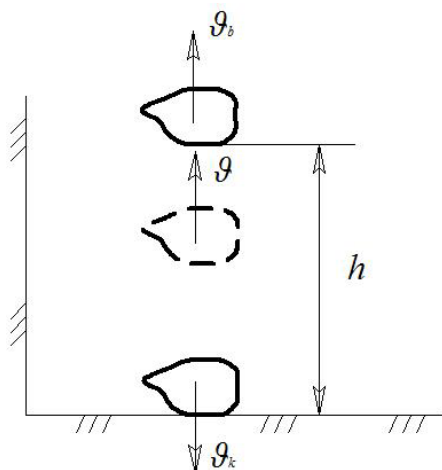


Рис. 2. Падіння зернівки кукурудзи на дно силосу з подальшим вертикальним відскоком на висоту h

Відомо що на початковій стадії завантаження силосів зерном відбувається його найбільше ушкодження. Ступінь травмування зернівок в цей час напряму залежить від швидкості руху зернівок і висоти падіння [22].

При падінні зернівки кукурудзи на дно силосу її кінетична енергія переходить в потенціальну енергію самої зернівки. Тоді:

$$T_n - T_k = U, \quad (1)$$

де T_n і T_k – відповідно кінетична енергія зернівки кукурудзи до її удару і після удару об нерухому перешкоду, Дж; U – потенціальна енергія деформації Дж.

Кінетична енергія зернівки в момент її зіткнення з перешкодою визначається за формулою:

$$T_n = m_3 \cdot g \cdot H, \quad (2)$$

де m_3 – маса зернівки кукурудзи кг; H – висота з якої зернівка падає на бетонне дно силосу, м.

Після зіткнення зернівки з основою силосу швидкість її змінюється за величиною і напрямком.

Швидкість відскоку зв'язана із швидкістю з якою зернівка падає на дно силосу таким співвідношенням.

$$g_v = g_k \cdot \kappa_e, \quad (3)$$

де κ_e – коефіцієнт відновлення

Розглянемо падіння зернівки, яке зображено на **рис. 1 а**. Кінетична енергія зернівки після її відскоку від масивної перешкоди буде дорівнювати:

$$T_k = \frac{m_3 \cdot g_v^2}{2} + \frac{I_s \cdot \omega^2}{2}, \quad (4)$$

де I_s – момент інерції зернівки, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Підставивши отримані вирази в рівняння енергетичного балансу (1), та провівши деякі перетворення і врахувавши, що $I_s = m_3 \cdot l^2$ отримаємо рівняння потенціальної енергії, яка накопичується зернівкою кукурудзи і бетонним дном силосу.

$$U = m_3 [gH (1 - \kappa_e^2) - 0,5 l^2 \omega^2]. \quad (5)$$

З отриманої формули видно, що потенціальна енергія деформації зернівки залежить від маси зернівки та швидкості падіння.

Потенціальна енергія деформації зернівки кукурудзи визначається за формулою:

$$U_3 = \frac{F_{y0} \cdot \Delta y}{2}, \quad (6)$$

де U_3 – потенціальна енергія деформації зернівки пшениці, Дж; F_{y0} – максимальна ударна сила зернівки об нерухому основу, Н; Δy – абсолютна деформація зернівки, м.

Відомо, що абсолютна деформація зернівки зв'язана з її розмірами і жорсткістю таким виразом:

$$\Delta y = \frac{F_{y0} \cdot a}{E_3 \cdot S_3}, \quad (7)$$

де a – товщина зернівки кукурудзи в місці удару ($a = 2,5-3$ мм); E_3 – модуль Юнга ($E_3 = 24,8-27,0$ МПа), S_3 – площа деформованої поверхні зернівки кукурудзи ($S_3 = 0,000007-0,000008$ м²).

Підставивши формулу (7) у формулу (6) отримаємо:

$$U_3 = \frac{F_{y0}^2 \cdot a}{2 \cdot E_3 \cdot S_3}. \quad (8)$$

Отримані залежності дозволяють визначити накопичену потенціальну енергію і фактори, котрі на неї впливають. Це дає можливість усвідомити і намітити шляхи зменшення ударної взаємодії зернівок з масивною перешкодою.

Результати та їх обговорення

При падінні зерна кукурудзи на масивне бетонне дно силосу відбувається удар в результаті якого в місці удару виникає деформація зернівки. Величина її залежить від маси зернівки і швидкості з якої вона ударяється об основу силосу. Удар зернівки об перешкоду призводить до того, що в середині зернівки утворюються ударні хвилі. Ці хвилі інтенсивно розповсюджуються по всьому об'єму зернівки. Швидкість розповсюдження ударних хвиль з деяким припущенням можна визначити за формулою:

$$c = \sqrt{\frac{E_{\text{зер}}}{\rho}}, \quad (9)$$

де $E_{\text{зер}}$ – напруга яка виникає в зоні контакту зернівки кукурудзи в зоні її контакту з бетонною основою силосу, МПа, ρ – комплексний показник який характеризує стан зернівки при її деформації, МПа·с²·м⁻⁴.

Час розповсюдження ударної хвилі по всій зернівці визначається, шляхом ділення довжини зернівки на швидкість c . Тоді, загальна тривалість удару зернівки об перешкоду буде:

$$\tau = \frac{2 \cdot b}{c}, \quad (10)$$

де b – довжина зернівки у місці зіткнення із перешкодою, м.

Приклад: Визначимо ударні характеристики падаючої зернівки на бетонне дно силосу. Для зернівки кукурудзи прийемо, що $E_z = 26$ МПа,

$$\rho = 0,00215 \text{ МПа} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}, \quad b = 0,009 \text{ м}.$$

Тоді за формулою (9) швидкість розповсюдження ударного імпульсу в зернівці кукурудзи котра падає з висоти $H = 30$ м і масою $m_z = 0,28$ грам становить $c = 110$ м/с., що приблизно в чотири рази більше ніж g_k . При цьому загальна тривалість удару $\tau = 0,00016$ с.

Провівши експериментальні дослідження по падінню зернівок кукурудзи на бетонну основу з використанням фото фіксації, були виявлені середні величини відскоку зернівки від перешкоди при її скиданні з різної висоти. На [рисунку 3](#) наведений графік залежності відскоку зернівки кукурудзи від висоти скидання її на нерухому бетонну основу.

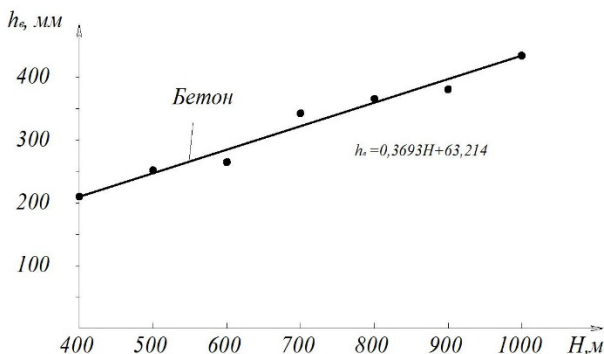


Рис. 3. Взаємодія насіння кукурудзи при її падінні на бетонну основу

По результатам дослідження були визначені коефіцієнти відновлення для вибраних висот з яких скидались зернівки кукурудзи. Так, для $H = 400$ мм, $\kappa_e = 0,525$, а для $H = 1000$ мм, $\kappa_e = 0,435$. Середнє значення $\kappa_e = 0,455$.

Подальшими дослідженнями було встановлено, що потенціальна енергія зерна кукурудзи одного і того ж сорту з однаковими фізико-механічними властивостями скинутих з різної висоти збільшується. На [рисунку 4](#) приведений графік зміни потенціальної енергії падаючої зернівки кукурудзи на бетонну основу силосу.

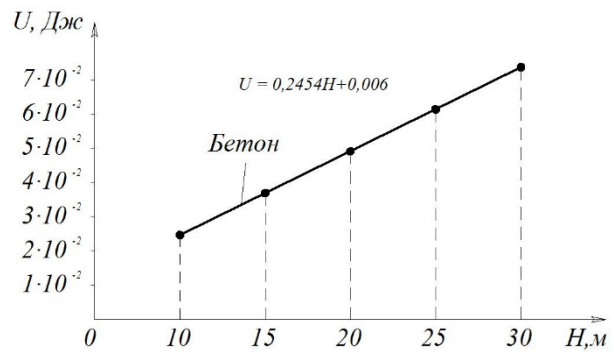


Рис. 4. Зміна потенціальної енергії зернівки кукурудзи котра падає на бетонне дно силосу з різної висоти

З графіка видно, що потенціальна енергія при падінні зернівки кукурудзи на бетонне дно силосу зростає із зростанням висоти падіння. Для зменшення потенціальної енергії необхідно на певних висотах встановлювати гальмівні пристрої. За допомогою цих пристроїв можна плавно регулювати швидкість руху зерна на дно силосу. Такі заходи необхідно виконувати з мінімальними затратами. Встановлені пристрої для зменшення швидкості завантаження зерна приводять до зниження деформації зернівок, а значить і до зменшення їх травмування.

Висновки

З проведених теоретичних і експериментальних досліджень можна зробити наступний висновок:

1. З метою зниження ступені травмування зернівок зернового вантажу кукурудзи на початковій стадії завантаження силосів необхідно створити такі умови при яких частина кінетичної енергії удару зернівок об масивне бетонне дно переходила б в потенціальну енергію робочого органу гальмівного пристрою.

2. Для зменшення травмування зернівок сипкого зернового вантажу в середині силосу необхідно встановити гофрований рукав з можливістю його опускання і підймання, а на нижній частині цього рукава закріпити завантажувальний пристрій конусного типу диски якого покриті еластичним матеріалом (наприклад, гумою).

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть направлені на дослідженні зміни коефіцієнта відновлення зернівок зернових культур при їх падінні на ударно поглинальні поверхні робочих органів гальмівних пристроїв.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Lisenyi, O., Liubchenko, I., & Slyusarenko, Y. (2019). Steel circular silos for grain. *Science and Construction*, 22 (4), 27–32. <https://doi.org/10.33644/01005>
- Dvornyk, A., Liubchenko, I., Tytarenko, V., & Shydlovsk, aO. (2019). Bases and foundations for grain cylindrical silos. *Science and Construction*, 21 (3), 12–18. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.111>
- Bibik, M. V., Bibik, V. M., & Bibik, I. O. (2014). Klasyfikatsiia sylosnykh zernoskhovyshech. *Zbirnyk Naukovykh Prats Poltavskoho Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu im. Yu. Kondratiuka. Seriya: Haluzeve Mashynobuduvannia, Budivnytstvo*, 1 (40), 157–165. [in Ukrainian]
- Arendarenko, V. M., Antonets, A. V., Savchenko, N. K., Samoilenko, T. V., & Ivanov, O. M. (2020). Calculation model of grain gravitation movement in sloping passage with discrete variable inclination angle. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 273–282. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.35>
- Samoylenko, T. V., Arendarenko, V. M., & Melnyk, V. I. (2019). Teoretical simulation of the process of gravitational loading of a silo with grain through an open screw channel. *Engineering of Nature Management*, 2 (12), 73–78.
- Tverdokhlib, I. V. (2017). Dynamika rukhu chastynky v sykomu zernovomu seredovyshchi. *Vibratsii v Tekhnitsi ta Tekhnolohiiakh*, 3, 128–135. [in Ukrainian]
- Kozhushko, V. S., Koloskov, D. O., & Koloskova, H. O. (2014). Patent № 90162 UA. *Prystii dlia rivnomirnogo ta oberezhnogo zavantazhennia zerna v sylos*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/985637/> [in Ukrainian]
- Arendarenko, V., Samoilenko T., Ivanov, O., & Ryzhkova, T. (2023). Results of experimental research on the distribution of a falling grain from a toro-shaped plate on a flat surface. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 96–101. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.01.15>
- Melnyk, V. I., & Samoilenko, T. V. (2018). Analiz napriamkiv udoskonalennia konstruktiv prystroiv dlia zavantazhennia sylosiv. *Inzheneriia Pryrodokorystuvannia*, 1 (9), 83–91. [in Ukrainian]
- Samoilenko, T. V., Ivanov, O. M., & Arendarenko, V. M. (2018). Patent № 125628 UA. *Prystii dlia oberezhnogo zavantazhennia zerna v sylos*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/678079/> [in Ukrainian]
- Antonets, A. V., Flegantov, L. O., Ivanov, O. M., Arendarenko, V. M., & Koshova, O. P. (2021). Investigating controlled grain gravitational movement in sloping channel with three variable angles. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 265–273. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.33>
- Gao, M., Cheng, X., Hu, M., & Du, X. (2019). Simulation of static stress distribution of wheat piles in silos by the modified Cam-Clay model. *International Agrophysics*, 33 (1), 11–19. <https://doi.org/10.31545/intagr/103749>
- Skrynnik, I., Pisarkova, I., & Petrenko, M. (2018). Mechanical grain damage. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, 48, 143–153. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.143-153>
- Derev'ianko, D. A., Tarasenko, O. P., & Orobinskyi, V. I. (2012). *Vplyv travmuvannia na yakist nasinnia zernovykh kultur: monohrafiia*. Zhytomyr: Nilan – LTD [in Ukrainian]
- Derev'ianko, D., Sukmaniuk, O., Sarana, V., & Derev'ianko, O. (2020). Justification of influence of the working bodies of combine harvesters on damage and quality of seed. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (2), 64–71. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-10>
- Pysarenko, H. S., Kvitka, O. L., & Umanskyi, E.S. (2024). *Opir materialiv*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian]
- Samoylenko, T. V., Antonets, A. V., Arendarenko, V. M., & Mel'nik, V. I. (2021). Modeling the impact interaction of a grain with a flat solid surface. *Engineering of Nature Management*, 1 (19), 63–68.
- Arendarenko, V., Antonets, A., Ivanov, O., Dudnikov, I., & Samoylenko, T. (2021). Building an analytical model of the gravitational grain movement in an open screw channel with variable inclination angles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (111)), 100–112. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235451>
- Olshanskyi, V. P., Bohomolov, O. V., & Bohomolov, O. O. (2018). Pro udarnu vzaiemodiiu vazhkoho tverdogo tila z pruzhnyim pivprostorem. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu Silskoho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Suchasni Napriamky Tekhnolohii ta Mekhanizatsii Protseiv Pererobky i Kharchovykh Vyrobnystv*, 194, 38–46. [in Ukrainian]
- Samoilenko, T. V., Arendarenko, V. M., Antonets, A. V., & Koshova, O. P. (2021). On impact interaction of falling wheat grain on rigid concrete silo base. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 259–265. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.34>
- Bohomolova, V. P., Zinchenko, M. A., & Bohomolov, A. A. (2009). Udar kuliastoho tila ob pokhyly ploshchynu. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu Silskoho Hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Suchasni Napriamky Tekhnolohii ta Mekhanizatsii Protseiv Pererobky i Kharchovykh Vyrobnystv*, 88, 279–285. [in Ukrainian]
- Han, Y., Li, D., Chen, J., Jing, H., Duan, J. (2018). Experimental study on boundary pressure and wall friction under static grain storage in silo. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 34 (13), 296–302.

ORCID

- | | |
|--|---|
| V. Arendarenko  | https://orcid.org/0000-0003-0701-7983 |
| R. Kharak  | https://orcid.org/0000-0002-6131-8501 |
| A. Semenov  | https://orcid.org/0000-0003-3184-6925 |
| T. Samoilenko  | https://orcid.org/0000-0003-4756-6223 |



2025 Arendarenko V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Development of a biomass-fueled boiler for grain drying applications

H. Lapenko | O. Gorbenko✉ | T. Lapenko | S. Kolotii

Article info

Correspondence Author

O. Gorbenko

E-mail:

oleksandr.gorbenko@pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Lapenko, H., Gorbenko, O., Lapenko, T., & Kolotii, S. (2025). Development of a biomass-fueled boiler for grain drying applications. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 271–276. doi: 10.31210/spi2025.28.02.43

The article presents the results of research and development of an energy-efficient biomass-fired boiler designed for grain drying using locally available types of biomass as an alternative energy source. The relevance of implementing bioenergy technologies in agricultural production is substantiated, taking into account the rising cost of fossil fuels and the growing need for environmental sustainability in the agrarian sector. A comparative analysis of modern grain dryers has been conducted, highlighting their design features, advantages, and limitations in the context of biomass utilization. A boiler design has been developed, incorporating a two-section tubular recuperative heat exchanger, an automated fuel feeding system, and a multi-stage fan-driven air circulation mechanism. A distinctive feature of the proposed model is the use of high-temperature-resistant AISI 310S stainless steel in the combustion chamber, which ensures increased resistance to thermal stress, slag formation, and soot buildup. An air recirculation system for the drying chamber is also proposed to enhance the overall energy efficiency. Based on the proposed design, experimental thermal modeling was carried out. The results were generalized as temperature dependencies under various biomass feed rates. The obtained graphs and tabulated data confirm the system's predictable response to parameter changes, which is critical for automated process control and achieving high-quality grain treatment. Mathematical modeling of thermal regimes confirmed a high degree of correlation ($R = 0.95$) between the biomass feed rate and the temperature of air supplied to the dryer, as well as operational stability across a wide load range. The findings indicate that implementing such a boiler in agricultural practice can significantly reduce energy consumption, lower harmful emissions, and improve the autonomy of farming enterprises. The proposed technical solution offers a promising direction for modernizing grain drying equipment under current agricultural production conditions.

Keywords: biomass boiler, grain drying, biomass, grain dryer, energy efficiency.

Розробка біопаливного котла для сушіння зерна з використанням біомаси

Г. О. Лапенко | О. В. Горбенко | Т. Г. Лапенко | С. Ю. Колотій

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено результати дослідження та розробки енергоефективного біопаливного котла, призначеного для сушіння зерна із застосуванням місцевих видів біомаси, як альтернативного джерела енергії. Обґрунтовано актуальність впровадження біоенергетичних технологій у сільськогосподарське виробництво з огляду на зростання цін на викопні енергоносії та потребу в екологізації аграрної сфери. Проведено порівняльний аналіз сучасних зерносушильних установок, визначено їх конструктивні особливості, переваги та обмеження при використанні біопалива. Розроблено конструкцію біопаливного котла з двосекційним трубчастим рекуперативним теплообмінником, системою автоматизованої подачі палива та багатоступеневим вентиляторним забезпеченням циркуляції повітря. Особливістю запропонованої моделі є використання жароміцної нержавіючої сталі AISI 310S у топковому відділенні, що забезпечує підвищену стійкість до теплових навантажень, шлакоутворення та сажових відкладень. Запропоновано схему з рециркуляцією сушильного повітря для підвищення енергоефективності процесу. На базі розробленої системи було виконано експериментальне моделювання теплових режимів, результати якого узагальнено у вигляді температурних залежностей для різних режимів подачі біопалива. Графіки та табличні дані свідчать про передбачувану реакцію системи на зміну параметрів, що є критично важливим для автоматизованого управління сушильним процесом та досягнення високої якості обробки зерна. Математичне моделювання температурних режимів підтвердило високий ступінь кореляції між кількістю поданого біопалива та температурою повітря, що надходить до сушильної установки ($R = 0.95$), а також стабільність роботи системи в широкому діапазоні навантажень. Результати аналізу демонструють, що впровадження такого котла у виробничу практику дозволяє знизити енергоспоживання, зменшити шкідливі викиди в атмосферу та підвищити рівень автономності аграрного підприємства. Запропоноване технічне рішення є перспективним напрямом модернізації зерносушильного обладнання в умовах сучасного агропробудництва.

Ключові слова: біопаливний котел, сушіння зерна, біомаса, зерносушарка, енергоефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Лапенко Г. О., Горбенко О. В., Лапенко Т. Г., Колотій С. Ю. Розробка біопаливного котла для сушіння зерна з використанням біомаси. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 271–276.

Introduction

In the current context of a global energy crisis and increasing environmental pressure, the use of renewable energy sources, particularly biomass, is gaining special relevance. Biomass is considered one of the most promising types of environmentally friendly fuel [1, 2], enabling a reduction in dependence on fossil energy sources and a significant decrease in greenhouse gas emissions. The use of biofuels in the agricultural sector, especially for grain drying [3–5], creates opportunities to improve the energy efficiency of agricultural production.

The issue of developing effective biomass-based energy systems for agricultural needs is actively explored in global scientific literature. Researchers from the EU, USA, China, and India are devoting considerable attention to the creation of high-efficiency biomass boilers adapted to local raw materials and capable of providing stable thermal and energy support for agricultural processes.

In works [6, 7], the author considers biomass as a universal energy source, paying particular attention to its thermochemical properties, availability, and potential to replace fossil fuels. The study systematizes data on various types of biomass, including agricultural residues, wood, and energy crops, analyzing their calorific value, moisture content, and other parameters that influence combustion efficiency. The importance of adapting combustion technologies to specific types of biomass is also emphasized, taking into account their physicochemical characteristics. This analysis supports the conclusion that effective biomass utilization requires the development of specialized boilers capable of providing stable combustion with minimal emissions. In the context of grain drying, these findings are highly relevant, as they offer a theoretical foundation for selecting appropriate biomass types and determining optimal conditions for their application in energy systems.

A series of scientific works [8, 9] provides a detailed analysis of various biomass-to-energy conversion methods, including thermochemical and biochemical processes. The author explores the advantages and limitations of each approach, as well as their suitability for different biomass types. Special emphasis is placed on the importance of biomass pretreatment, such as drying and grinding, to ensure efficient combustion. The necessity of developing systems that can adapt to the variable properties of biomass is also highlighted, which is particularly relevant for agricultural residues.

In work [10], the operating principle and design features of circulating fluidized bed (CFB) boilers are described in detail. These boilers are characterized by high combustion efficiency and the ability to operate with various types of fuel, including biomass. This technology enables a uniform temperature distribution within the combustion zone, promoting complete fuel combustion and reducing harmful emissions. The author also notes that CFB boilers offer high flexibility in fuel selection, which is a significant advantage when utilizing diverse types of biomass. Consequently, this can ensure a stable and efficient heat supply by using locally available agricultural residues as fuel.

One of the key technical challenges associated with biomass combustion in boilers is slagging, the formation and accumulation of solid deposits on combustion and heat exchange surfaces. This phenomenon is caused by the high content of ash, potassium, chlorine, and silicon in many types of biomass, particularly in agricultural residues such as straw, husks, or branches. At high temperatures, these elements react to form molten and agglomerated ash particles, which result in slag build-up.

Studies [11–13] emphasize that slagging not only reduces the thermal efficiency of boilers but also leads to equipment damage, shorter maintenance intervals, and increased operational costs. These works examine the mineralogical composition of biomass ash and demonstrate that the ash melting temperature is a critical parameter for assessing slagging risks.

Modern approaches to addressing the problem include optimizing the design of the furnace section, applying additives that increase ash melting temperatures, and pre-treating biomass to reduce the content of aggressive elements. The issue of slag formation is especially relevant for small-scale boilers used in agriculture, as they often have limited capabilities for automatic cleaning of heat exchange surfaces.

Currently, the domestic agricultural sector, especially under conditions of constantly rising energy prices and the decentralization of energy supply, requires the implementation of innovative solutions to ensure the energy independence of farming enterprises. Grain drying is a critical stage of post-harvest processing that requires significant energy input. The development of a biomass-fired boiler that efficiently utilizes locally available biomass can not only reduce energy costs but also create a closed-loop energy system within the farm.

Thus, the relevance of this study is driven by the need for energy-efficient, environmentally friendly, and economically viable technologies in the agricultural sector.

The aim of the study

The aim of this research is to design and justify the construction of a biomass boiler optimized for grain drying using accessible biomass as a fuel source.

Materials and methods

As part of this study, the authors conducted a comprehensive analysis of existing grain dryer designs, both domestic and international. The main focus was placed on techno-economic efficiency, energy consumption, and the potential for integrating alternative energy sources, particularly biomass. Based on the obtained data, the optimal type of drying equipment was selected to suit the conditions of the enterprise LLC “Agrotechservice” (Reshetylivka, Ukraine).

The outcome of the research was the development of a biomass boiler design adapted for efficient grain drying. The technical configuration of the boiler includes a combustion chamber with a grate made of heat-resistant AISI 310S steel, a system of screw conveyors for biomass feeding, a two-section recuperative tubular heat exchanger, forced-draft and air supply fans, a hot air

recirculation system, and sensor-based control of thermal process parameters. The methodology involved experimental testing of the boiler under real agricultural production conditions using various biomass mixtures. The analysis of thermal performance made it possible to assess the impact of temperature fluctuations on heat transfer, slagging behavior, and the durability of the boiler's key structural components.

Results and discussion

According to the analysis [14–17], the core principle of grain drying involves heat supply, moisture migration from the inner layers of the grain to its surface, and subsequent removal of that moisture. Modular grain dryers that utilize the convective drying method have proven to be the most suitable for integration with biomass heat generators. In such systems, hot air or flue gases penetrate the intergranular space, intensifying the drying process.

Based on the technical assessment of existing equipment, an original biomass boiler design [18] was proposed to meet the needs of LLC “Agrotechservice” (Reshetylivka, Ukraine). A key factor in the system's efficiency is its ability to regulate the temperature of the flue gases and air supplied to the dryer in accordance with changes in biomass feed rate.

The proposed biomass boiler design (*Fig. 1*), intended for grain drying, implements a modern approach to the use of renewable energy sources. At its core is a combustion chamber (item 15), equipped with a grate containing air channels (item 14) and a frame made of heat-resistant austenitic stainless steel AISI 310S, which ensures long-term operation and resistance to high-temperature loads.

The biomass is fed from the hopper (item 11) using two screw conveyors (item 12), which transport the fuel directly into the combustion chamber. There, it is activated by air streams generated by fans (item 13) passing through the perforated base, ensuring uniform combustion.

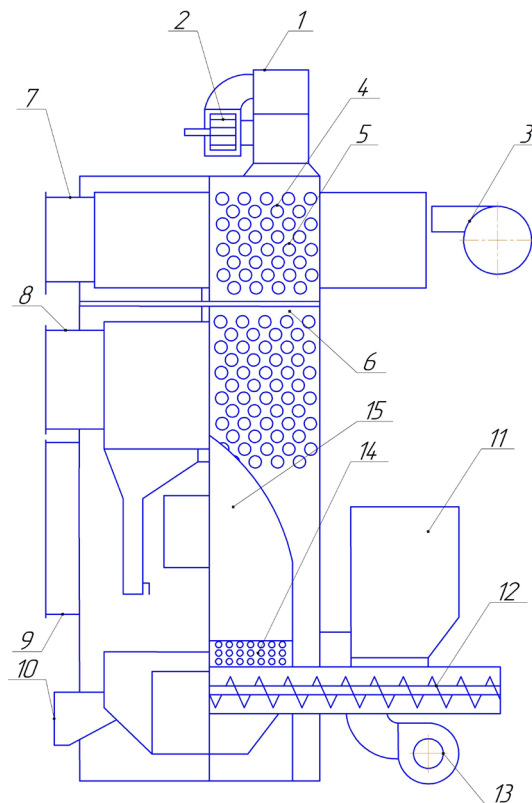


Fig. 1. Design of a biomass-fired boiler for grain drying

Above the combustion chamber, two heat exchange units are positioned – the upper section (item 4) and the lower section (item 6) – which together form a tubular recuperative system. Both sections consist of sets of seamless tubes (item 5) arranged in a staggered pattern to maximize heat transfer. The sections are connected in series via an air duct, enabling efficient thermal energy transfer from the flue gases.

To minimize heat losses, the outer surfaces of the heat exchanger are covered with thermal insulation. Exhaust gases are discharged through a flue (item 1) equipped with an extraction fan (item 2), which ensures stable gas removal.

The heat exchange system is enhanced by a bypass fan (item 3), which forces air into the inter-tubular space, where it is heated by the external tube surfaces and then delivered to the drying chamber via an air duct (item 7). The lower section of the heat exchanger also receives air from the recirculation channel (item 9), which originates from the dryer. This reduces the boiler load due to the preheated air.

For maintenance, the combustion chamber is equipped with convenient hinged doors (item 10) that provide access for cleaning and ash removal. Temperature control and heat exchange management are carried out

using a modern sensor-based system and programmable electromechanical devices.

The biomass-fired boiler for grain drying operates in automatic mode, ensuring stable heat generation through regulated fuel and air supply. At the initial stage, an ignition mass of fuel is manually placed into the combustion chamber (item 15) to initiate the combustion process. Once stable combustion is achieved, the screw conveyors (item 12) and fans (item 13) are activated, continuously delivering biomass from the hopper (item 11) into the combustion zone.

Once inside the combustion chamber, the biomass is activated by air flows through the grates (item 14), where it undergoes phased combustion, generating thermal energy and flue gases. The combustion intensity and gas temperature are controlled by adjusting the amount of fuel and air supplied, allowing the thermal output to be tailored to the requirements of the drying process.

Temperature fluctuations caused by variations in biomass quality can create thermal stress on furnace components [19, 20]. However, the use of AISI 310S steel provides high heat resistance, resistance to soot deposition, and ensures the durability of the boiler structure.

Studies on structural steels, including domestic heat-resistant grades 10Kh23N18 and 20Kh23N18, as well as the low-carbon high-alloy chromium-nickel steel AISI 310S, have led to the following conclusions:

1. For the production of combustion chamber components in biomass-fired boilers operating under conditions of anticipated corrosion, it is advisable to use AISI 310S steel. According to ASTM A240, this steel contains approximately 26 % chromium, up to 22 % nickel, and no more than 0.03 % sulfur, which ensures the retention of mechanical strength at elevated temperatures.

Additionally, this steel offers good weldability, and its recommended working temperature is up to 1000°C.

2. Compared to domestic steel grades, AISI 310S provides a longer service life and improved reliability of boiler components used for biomass combustion.

3. The conducted analysis of boiler elements confirmed the appropriateness of the selected material, while also minimizing the formation of carbon deposits on wall openings during operation.

Under the influence of forced airflow, the flue gases are directed through the flue channel to the lower section of the heat exchanger (item 6), where heat transfer occurs via contact with the inner walls of the tubes (item 5). The cooled gases are then directed to the upper section (item 4), which provides additional heat extraction.

Due to increased resistance within the heat exchange system, the velocity of gas flow decreases. To prevent stagnation zones, the extraction fan (item 2) is activated to discharge the gases through the chimney (item 1).

Simultaneously, air is forced into the inter-tubular space of the heat exchanger by fans (items 3 and 9), ensuring efficient heat transfer from the outer surfaces of the tubes and the furnace structure. The resulting hot air is delivered to the drying chamber through air ducts (items 7 and 8). After passing through the dryer, part of the heated air is returned via the recirculation channel (item 9) to the heat exchanger, reducing fuel consumption by reusing thermal energy.

Upon completion of the drying cycle, fuel supply is stopped, the fans are gradually shut down, and remaining fuel residues and ash deposits are removed via the access doors (item 10). If necessary, the grate is cleaned of soot to maintain high equipment efficiency.

Fig. 2 presents the results of temperature modeling during biomass combustion in the proposed boiler.

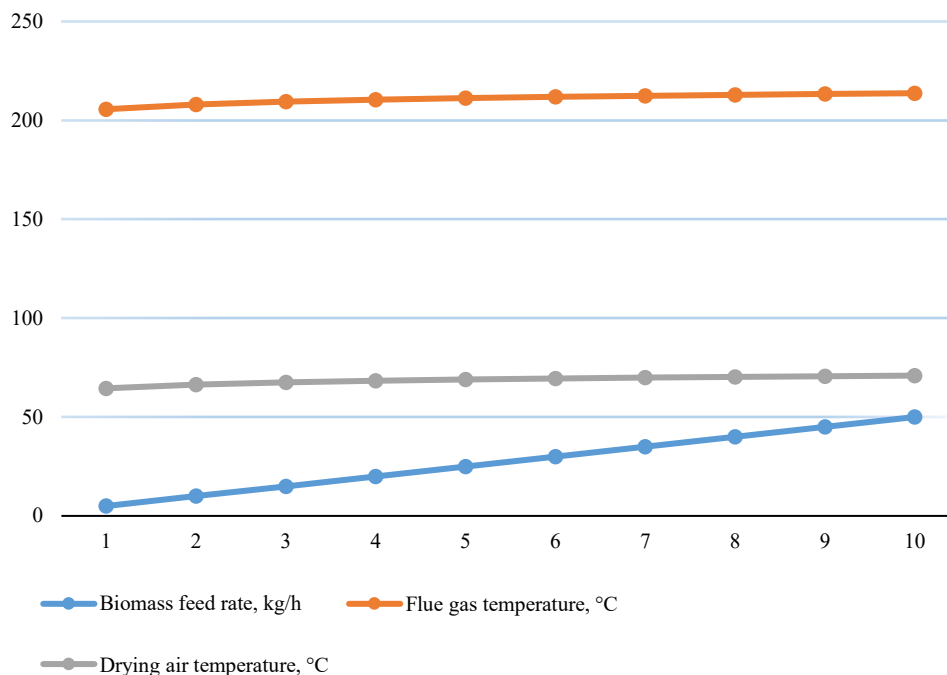


Fig. 2. Simulation results of temperatures during biomass combustion in the proposed boiler

To evaluate the performance efficiency of the biomass-fired boiler for grain drying, a mathematical

analysis was conducted to determine the relationship between the temperature of the air supplied to the drying

chamber and the intensity of biomass feed. The simulation results showed a clear upward trend in air temperature as the fuel feed rate increased. The average air temperature was 68,74 °C, and the median was 69,27 °C, indicating an approximately symmetrical distribution of temperature values. Temperature fluctuations ranged from 64,51 °C to 70,95 °C, demonstrating stable system operation with limited variability (standard deviation of only 2,05 °C).

The constructed linear regression model revealed a strong correlation between the variables: the correlation coefficient R was 0.95, indicating a very strong linear relationship between fuel feed rate and air temperature. A low p-value ($2,3 \times 10^{-5}$) confirms the statistical significance of this correlation. These findings demonstrate the reliability and predictability of the boiler's thermal performance, allowing precise control of the drying process and optimized fuel consumption according to technological requirements.

Conclusions

1. The study substantiates the feasibility of using biomass as an alternative energy source for grain drying equipment, significantly reducing the energy dependence of agricultural enterprises on traditional fossil fuels.

2. Based on a technical analysis of existing grain dryers, an innovative biomass boiler design with a tubular recuperative heat exchanger was developed. This design ensures efficient utilization of combustion heat and enables air recirculation.

3. The proposed system features automatic regulation of biomass and air supply, taking into account the temperature and humidity of the grain and the air environment, which ensures stable heat generation and adaptability of the drying process to changing conditions.

4. Mathematical modeling revealed a strong linear correlation ($R = 0.95$) between biomass feed rate and drying air temperature, confirming the effectiveness of thermal control in the system.

5. The use of heat-resistant steel (AISI 310S) in the design of the combustion chamber improves thermal stability, reduces the risk of deformation, and contributes to the long-term safe operation of the equipment.

6. The developed biomass boiler can be implemented in domestic agricultural practice as an effective, environmentally friendly, and economically viable solution for energy-efficient grain drying.

Prospects for further research include optimizing the geometric parameters of the heat exchanger to improve heat recovery efficiency. Future studies will also focus on slag formation processes for different biomass types to develop furnace designs resistant to aggressive environments. Additionally, the implementation of an intelligent control system based on real-time thermodynamic parameter forecasting is considered advisable.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Lyashenko, S., Gorbenko, O., Kelemesh, A., Kalinichenko, A., Stebila, J., & Patyka, V. (2022). Non-Waste Technology for Utilization of Tree Branches. *Applied Sciences*, 12 (17), 8871. <https://doi.org/10.3390/app12178871>
- Castro, L. E. N., Sganzerla, W. G., Matheus, L. R., Mançano, R. R., Ferreira, V. C., Barroso, T. L. C. T., da Rosa, R. G., & Colpini, L. M. S. (2023). Application of brewers' spent grains as an alternative biomass for renewable energy generation in a boiler combustion process. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 4, 100039. <https://doi.org/10.1016/j.scsenv.2023.100039>
- Gorbenko, O., Lapenko, H., Lapenko, T., & Kolotii, S. (2025). Determination on energy efficiency in corn grain drying. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (1(82)), 45–49. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.326080>
- Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., & Drozdova, O. I. (2014). *Enerhetychnyi ta ekolohichniy analiz tekhnolohii vyrobnytstva enerhii z biomasy: Analitichna zapyska BAU № 8*. Kyiv: Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy. Retrieved from: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-8-ua.pdf> [in Ukrainian]
- Jafarsalehi, M., Mashayekh, M., Miranzadeh, M. bagher, Mirzaei, N., & Ebrahimi, M. (2025). Primary measures for cleaner biomass combustion to reduce NOx: A narrative review on solid biomass fuels, NOx sources, small-scale boilers, axillary equipment, fuel management and fuel quality improvement. *Fuel*, 396, 134891. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2025.134891>
- Demirbaş, A. (2001). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 42 (11), 1357–1378. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0)
- Demirbaş, A. (2017). The social, economic, and environmental importance of biofuels in the future. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 12 (1), 47–55. <https://doi.org/10.1080/15567249.2014.966926>
- McKendry, P. (2002a). Energy production from biomass (Part 1): Overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83 (1), 37–46. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00118-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00118-3)
- McKendry, P. (2002b). Energy production from biomass (Part 2): Conversion technologies. *Bioresource Technology*, 83 (1), 47–54. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00119-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00119-5)
- Basu, P. (2013). *Circulating fluidized bed boilers: Design and operations*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5375-0>
- Obernberger, I., & Thek, G. (2004). Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. *Biomass and Bioenergy*, 27 (6), 653–669. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.07.006>
- Qiu, T., Yu, W., Zhu, Y., Wang, X., & Yang, T. (2025). Initial layer-induced slagging characteristics of a biomass-fired grate boiler: A combined experimental and simulation study. *Journal of the Energy Institute*, 120, 102094. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2025.102094>
- Sekyere, C. K. K., Opoku, R., Asaaga, B., Baah, B., Andoh, P. Y., Obeng, G. Y., & Agbogla, J. (2025). Techno-environmental assessment of the fuel properties of a variety of briquettes for biomass boiler applications. *Cleaner Energy Systems*, 10, 100185. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2025.100185>
- Kravchuk, V., Zanko, M., & Lisak, O. (2018). Modular zemosuskarki on the market of Ukraine. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 22 (36), 73–83. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22\(36\)-73-83](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-73-83)
- Paziuk V. (2021). Modern approaches to the solution of the problem of increasing the energy efficiency of seed grain drying. *Vidnovluyana Energetika*, 4 (67), 90–99. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.4\(67\).90-99](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2021.4(67).90-99)
- Mondal, M. H. T., & Sarker, M. S. H. (2024). Comprehensive energy analysis and environmental sustainability of industrial grain drying. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 199, 114442. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114442>

17. Wang, G., Wu, W., Xu, W., Xu, Y., Zhang, Y., & Fu, D. (2022). Exergy analysis of an electric grain drying system with internal circulation of the drying medium of corn. *International Journal of Exergy*, 37 (1), 102. <https://doi.org/10.1504/ijex.2022.120127>
18. Kolotii, V. I., Kolotii, Yu. V., Kolotii, S. Yu., Horbenko, O. V., Lapenko, H. O., & Lapenko, T. H. (2024). Patent № 157019 UA. *Biopalyvnyi kotel dlia sushinnia zerna*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1816091/> [in Ukrainian]
19. Vainio, E., Ruozzi, A., Kinnunen, H., Laurén, T., & Hupa, L. (2024). Low-temperature corrosion in a BFB boiler firing biomass and waste streams – Online measurement technique for monitoring deposit corrosivity. *Fuel*, 371, 131864. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.131864>
20. Wei, L., Wang, S., Liu, G., Hao, W., Liang, K., Yang, X., & Diao, W. (2022). Corrosion Behavior of High-Cr–Ni Materials in Biomass Incineration Atmospheres. *ACS Omega*, 7(25), 21546–21553. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01223>

ORCID

H. Lapenko		https://orcid.org/0000-0003-1435-5307
O. Gorbenko		https://orcid.org/0000-0003-2473-0801
T. Lapenko		https://orcid.org/0000-0001-8055-6698
S. Kolotii		https://orcid.org/0009-0002-1768-3111



2025 Lapenko H. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Justification of the methodology of technical measurements with elements of mechatronics in biological processes

V. Padalka | O. Gorbenko | M. Chumak

Article info

Correspondence Author

V. Padalka

E-mail:

viacheslav.padalka@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Padalka, V., Gorbenko, O., & Chumak, M. (2025). Justification of the methodology of technical measurements with elements of mechatronics in biological processes. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 277–282. doi: 10.31210/spi2025.28.02.44

Researchers are faced with the challenge of selecting, among existing control and measuring devices, such modern measurement tools that meet the requirements of accuracy, data flow rate, and the ability to record information on data carriers for subsequent processing. This work presents a generalization and a new solution to the scientific problem, which consisted in the development and substantiation of a methodology for measuring technological parameters in scientific research of biological material processing using control and measuring devices built on mechatronic principles. The applicability of the proposed methodology was investigated through research into technological parameters (specifically, temperature in dough layers) during the preparation of bakery products. Technical recommendations were developed for the design of a reading-recording module and the potential for its use in studies of mass production technologies. An analysis of known temperature measuring instruments was conducted, and it was determined that strain gauge sensors are the most suitable for the conditions of our research. A five-channel reading and recording module was used in the experiment. Known bread baking technologies were analyzed, and measurement conditions and the required discreteness were substantiated. The temperature range during the process was between 30–160°C, with an adequate measurement discreteness of 1 second. An experimental research plan was developed, including procedures for measurements and ensuring their accuracy. Laboratory equipment was fabricated to determine temperature parameters in the bread baking process. Baking is accompanied by pulsed action of the heater, maintaining the bowl temperature within 35–150°C throughout kneading and baking. At the start of baking, the temperature at each measurement point changes according to specific patterns. In the 1 cm layer of dough, the temperature reaches 100±5°C and does not rise further, which is due to the formation of a crust with lower moisture content compared to the crumb. In deeper layers beyond 1 cm, the temperature stabilizes around 105±5°C and remains constant during the entire process. These values are conditioned by the specific thermodynamic behavior of the vapor-liquid phase of water present in the dough.

Keywords: measurement, temperature, energy, mechatronics, scientific research, experimental methodology, bread baking.

Обґрунтування методики технічних вимірювань з елементами мехатроніки в біологічних процесах

В. В. Падалка | О. В. Горбенко | М. В. Чумак

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Дослідження технологічних процесів, які пов'язані з біологічними матеріалами, швидкоплинні та аналіз енергетичних та температурних показників їх протікання потребують високої дискретності вимірювань в широких діапазонах. Перед науковцями виникає науково-дослідницька проблема: серед існуючих контрольно-вимірювальних приладів вибрати такі сучасні засоби вимірювання, що мають задовольняти за точністю, потоковістю інформації та можливістю її запису на носії інформації з подальшою обробкою. У роботі наведено узагальнення і нове вирішення наукового завдання, що полягало у розробці та обґрунтуванні методики вимірювань технологічних параметрів у наукових дослідженнях переробки матеріалів біологічного походження з застосуванням контрольно-вимірювальних приладів побудованих за принципами мехатроніки. Дослідження пристосованості запропонованої методики проводилося на прикладі наукових досліджень технологічних показників (температури в прошарках тіста) технологій приготування хлібобулочних виробів, розроблені технічні рекомендації до конструкції зчитуючо-записуючого модуля та можливості його застосування в дослідженнях технологій масового виробництва. Проведено аналіз відомих засобів вимірювання температури та встановлено, що найбільш придатним для умов нашого дослідження є тензо-вимірювальні датчики. В експерименті застосовано п'яти каналний зчитуючо-записуючий модуль. Проаналізовані відомі технології випікання хліба та встановлені умови вимірювань показників та обґрунтована дискретність їх проведення. Температурний діапазон знаходиться в межах 30–160°C та достатня дискретність вимірювань 1 с. Розроблено план експериментальних досліджень, виконання вимірів та точність їх проведення. Виготовлено лабораторне устаткування для визначення температурних показників в технології випікання хліба. Процес випікання супроводжується імпульсною дією нагрівача, який підтримує температуру чаші в діапазоні 35–150°C на протязі всього часу замісу та випікання. На початку процесу випікання, температура у кожній позиції змінюється за особливими закономірностями. У прошарку 1 см хлібної маси температура досягає 100±5°C, та більше не підіймається, що обумовлено утворенням хлібної коринки зі зменшеною вологістю порівняно з м'якушем. В інших прошарках на глибину більше 1 см температура тримається на рівні 105±5°C і не змінюється на протязі всього процесу. Ці показники обумовлені особливістю термодинамічних процесів паро-рідинної фази води, що знаходиться в тісті.

Ключові слова: вимірювання, температура, енергія, мехатроніка, наукові дослідження, методика експериментів, випікання хліба.

Бібліографічний опис для цитування: Падалка В. В., Горбенко О. В., Чумак М. В. Обґрунтування методики технічних вимірювань з елементами мехатроніки в біологічних процесах. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 277–282.

Introduction

A key factor in the development of modern science and technology is thorough and high-quality scientific research. The accuracy and quality of measurements of technological parameters in various processes directly depend on the correct choice of conditions and instruments used for these measurements. Existing control and measuring instruments do not always meet modern requirements for accuracy and data resolution [1–3]. There are certain challenges related to the accumulation and storage of data on modern media, followed by its processing using mathematical statistics software [4–6].

The study of technological processes involving biological materials, which are often rapid in nature, and the analysis of their energy and temperature parameters require high-resolution measurements across wide ranges [7, 8]. Researchers face a scientific challenge: among the available control and measuring devices, it is necessary to select modern measurement tools that meet the criteria for accuracy, data throughput, and the ability to record information for subsequent processing. The relevance of selecting appropriate measurement tools and methods is a pressing scientific issue.

Thermocouples or resistance temperature detectors (RTDs) are most commonly used for this purpose, typically requiring direct contact with the measurement object (solid surface or liquid). Despite partial overlap in their operating temperature ranges, each of these sensors offers unique advantages for specific applications [9].

When selecting a suitable temperature sensor, key parameters to consider include the measurable temperature range, required accuracy, response time, signal stability, scale linearity, and sensitivity. RTDs are the optimal choice when high sensitivity and flexible applicability are prioritized. It should be noted that RTDs are generally more expensive than thermocouples. Therefore, a well-founded choice of a temperature sensor for a specific application requires an understanding of the fundamental operating principles of each type.

There are four main types of temperature measuring instruments, each based on a distinct physical principle:

1. Mechanical (liquid-in-glass, bimetallic, bulb and capillary, pressure-based);
2. Thermoelectric (thermocouples);
3. Thermoresistive (RTDs and thermistors);
4. Radiation-based (infrared and optical pyrometers).

The operation of mechanical thermometers is based on converting temperature-induced changes into mechanical motion. This usually occurs due to the property of most materials to expand when heated. The construction of such thermometers may involve liquids, solids, or gases as temperature-sensitive substances [10].

A thermoelectric thermometer (thermocouple) is a temperature sensor consisting of two dissimilar metals joined at one end. This junction generates a small electrical voltage (measured in millivolts) that depends on the temperature. The junction of the two metals is called the hot junction and is connected to extension wires. A thermocouple can be formed by any combination of two different metals. When two dissimilar metals are joined, a small voltage known as the thermoelectric electromotive

force arises at the junction. This phenomenon is known as the Peltier effect [11].

Changes in temperature at the junction lead to proportional changes in this voltage, which can be detected by the input circuit of an electronic controller. The output signal of a thermocouple is a voltage whose magnitude depends on the temperature difference between the hot junction and the free ends of the conductors. This phenomenon is referred to as the Thomson effect [12].

A combination of both effects is used for temperature measurement [13]. By maintaining one junction at a known stable temperature (cold junction) and measuring the voltage, the temperature at the hot junction can be determined. The generated voltage is directly proportional to the temperature difference between the hot and cold junctions.

Thermoresistive temperature measurement devices operate based on the dependence of a material's electrical resistance on temperature. By measuring the change in resistance, the corresponding temperature change can be determined. There are two main types of such devices: resistance temperature detectors (RTDs) and thermistors.

An RTD consists of a thin metal wire wound into a coil or a metal film formed on a substrate (similar to a strain gauge). Platinum is most commonly used in RTD construction.

RTDs function on the principle that the electrical resistance of a metal changes in a predictable, nearly linear and stable manner with temperature. These sensors have a positive temperature coefficient, meaning their resistance increases as temperature rises. The resistance of the sensing element at a given base temperature is directly proportional to its length and inversely proportional to its cross-sectional area.

To measure temperature with an RTD, an electrical circuit is typically used to detect the change in the sensor's resistance. Based on this change, the temperature variation is calculated. As the temperature rises, RTD resistance increases, much like a strain gauge's resistance increases with strain.

It is well known that there are two main types of radiation-based temperature measuring devices: infrared pyrometers and optical pyrometers.

Infrared temperature sensors, also known as pyrometers or non-contact thermometers, are used to measure an object's temperature remotely. This differentiates them from most other temperature sensors that require physical contact. Non-contact measurement is particularly useful when direct contact is impractical or impossible, such as in hard-to-reach areas or with objects at very high temperatures that could damage contact sensors [14, 15].

Infrared sensors operate on the principle that all bodies emit energy proportional to their temperature. As the object's temperature increases, so does the intensity of the emitted radiation. Infrared thermometers determine temperature by measuring the intensity of this emitted radiation.

In many fields – from industry to science and everyday life – the accuracy of temperature determination is of utmost importance. The reliability of measurement results depends on several key factors.

Firstly, the level of accuracy varies with the type of sensor used. For example, thermocouples may have errors of several degrees, while high-precision RTDs can achieve accuracy to tenths or even hundredths of a degree. Thermistors are highly accurate but only within a limited temperature range. Radiation pyrometers are more prone to error, especially if the emissivity of the object's surface is not properly accounted for.

The quality of the reading device that processes the sensor signal and displays the temperature value is also crucial. Higher precision instruments result in lower intrinsic errors.

Calibration plays a key role in ensuring accuracy, a regular procedure in which sensor and instrument readings are compared against reference values at known temperatures, with appropriate adjustments made.

Environmental conditions such as ambient temperature, humidity, electromagnetic interference, and airflow can also affect measurement accuracy.

Furthermore, proper sensor installation, ensuring effective thermal contact with the measurement object, is essential for accurate results. Improper installation can cause significant deviations.

The conditions and methodology of energy parameter measurement will be illustrated using the example of bread baking technology. Baking is the final and critical stage in bread and bakery production. During this process, the product attains its final volume and shape, the crust and crumb form, the surface browns, and characteristic flavor and aroma develop.

In bread making, most preliminary processes aim to create optimal thermal and biological conditions for dough development. The final product results from the complex interaction of thermal, physical, biological, and chemical processes occurring in the dough during baking. Physical processes, in particular, drive dough expansion at the initial heating stage, while the subsequent slowing of this expansion is associated with rising internal temperatures of the product [16, 17].

A decisive factor determining the quality of finished bread is the heating process, namely, baking. The theory of the processes occurring in the dough piece during baking has been thoroughly described in numerous studies [18–20].

One of the indicators of bread doneness is the achievement of uniform internal temperature within the crumb. However, due to the specific physical properties of dough and uneven moisture evaporation, the baking process occurs unevenly. Often, in an attempt to accelerate baking, producers increase the oven temperature, which may lead to the outer part of the product burning while the inside remains underbaked. Additionally, temperature regimes vary across different zones of the oven.

In the baking chamber, heat is transferred primarily through radiation from heated surfaces, with only a small portion delivered via air convection [21]. Under these conditions, the dough heats unevenly: the outer layers warm first, followed by gradual heat penetration toward

the center. This leads to instability in the product's structural formation [22].

Considering the rheological properties of bread dough during shaping and baking, there is scientific interest in exploring the patterns of heat transfer at key cross-sectional points of the product as it transforms from dough to bread. The subject of this scientific and technical investigation is the study of heat transfer processes along defined planes from the crust toward the center of the bread during baking. This research can be carried out by discrete temperature data logging, accounting for the geometric dimensions of the baking form.

Existing studies on the bread baking process indicate that the temperature range across all stages spans 25–200°C, with humidity reaching 100 %. The total duration of the entire process can be up to 4 hours, with the direct baking time lasting up to 1 hour.

The aim of the study

The aim of this study is to develop a methodology for the technical measurement of technological parameters (using energy indicators as an example) in scientific research focused on the processing of biologically derived materials, employing control and measuring instruments based on mechatronic principles.

To achieve this objective, the following tasks must be accomplished:

1. Examine and identify the measurement limits and conditions for energy parameters, using the common example of bread baking technology;
2. Develop measuring instruments capable of long-term data logging onto storage media, with the possibility of subsequent statistical analysis;
3. Design and conduct experiments to investigate the energy characteristics of bread baking according to a known technology.

Materials and methods

The scientific objective is to analyze temperature variations within the bread baking zone – specifically, within a 1 cm surface dough layer, at a depth of 5 cm, and at the center of the product. To eliminate the influence of variability and specific characteristics of the baking process on the measurement results, a standardized baking method was employed. This method used fixed quantities of recipe components and a consistent thermal treatment program typical of domestic bread-making appliances from well-known brands (equipment from LG was used in the experiments). This approach ensures that experimental conditions do not affect the outcome.

The experimental setup includes a commercially available LG domestic bread maker (*Fig. 1*) and a custom-designed read/write module capable of recording temperature data to a storage medium with a sampling interval of 1 second.

The temperature data acquisition and recording module is shown in *Fig. 2*.

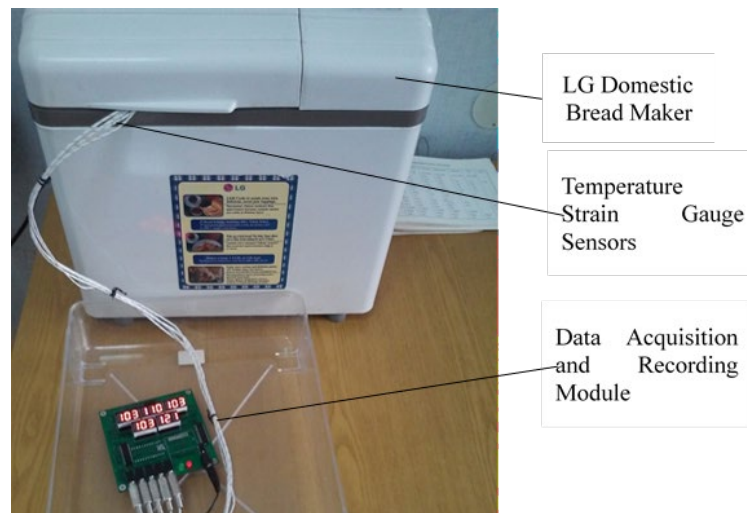


Fig. 1. Experimental Setup for Justifying the Methodology of Temperature Measurement in Bread Baking Technology

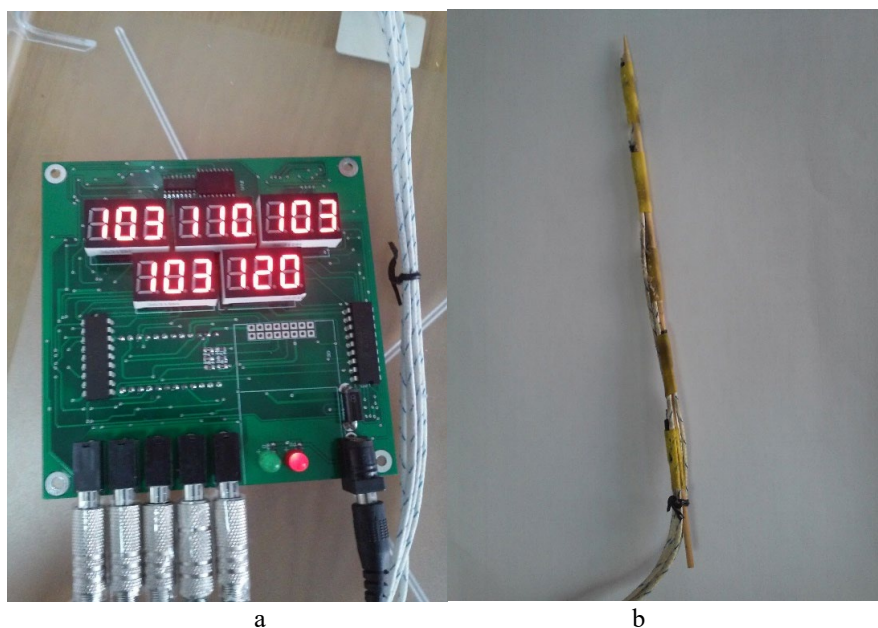


Fig. 2. The temperature data acquisition and recording module (a), incorporates a temperature strain gauge sensor (b).

According to the established recipe, the ingredients are placed into the baking chamber and the automatic baking program is initiated. During the initial stages of bread preparation (mixing and dough rising), temperature measurement is not feasible due to the mechanical mixing process.

At the final stage of dough proofing, temperature strain gauge sensors are inserted into the dough. Their placement within the product's plane is maintained using a wooden stand. The sensors are connected to the corresponding ports of the data acquisition and recording module. The module is then powered on, and the temperature recording to a digital storage device is initiated.

Measurements are taken every 1 second across five channels. Approximate readings can be visually monitored on the corresponding displays during the experiment. Data recording continues until the bread baking process is complete, as indicated by the bread maker's control system. At that point, data recording is stopped.

The collected data is transferred to a personal computer via the storage medium in the form of a text file.

Results and discussion

Based on the described methodology, a series of experiments was conducted. Temperature values recorded at the specified sampling rate were transferred to spreadsheet software, where statistical analysis of the data was performed (*Table 1*).

The proposed methodology for studying temperature indicators in bread baking technology allows for real-time data acquisition at specific locations within selected bread layers.

The constructed temperature distribution chart demonstrated that dough rising is maintained at a temperature of $35 \pm 5^\circ\text{C}$ across all dough layers. This is achieved due to the thermal capacity of the baking chamber and the periodic activation of the heating element in the shaping zone (*Fig. 3*).

Table 1

Fragment of experimental data on temperature (°C) indicators of the technological process

Number experiment	position 1	position 2	position 3	position 4	position 5
1	34	32	32	31	31
2	34	33	34	34	36
141	58	38	52	94	141
137	59	39	56	95	137
141	61	39	59	97	141
148	64	40	63	101	148
150	64	42	66	104	150
148	69	44	69	105	148
141	71	48	73	105	141
141	75	51	76	104	141

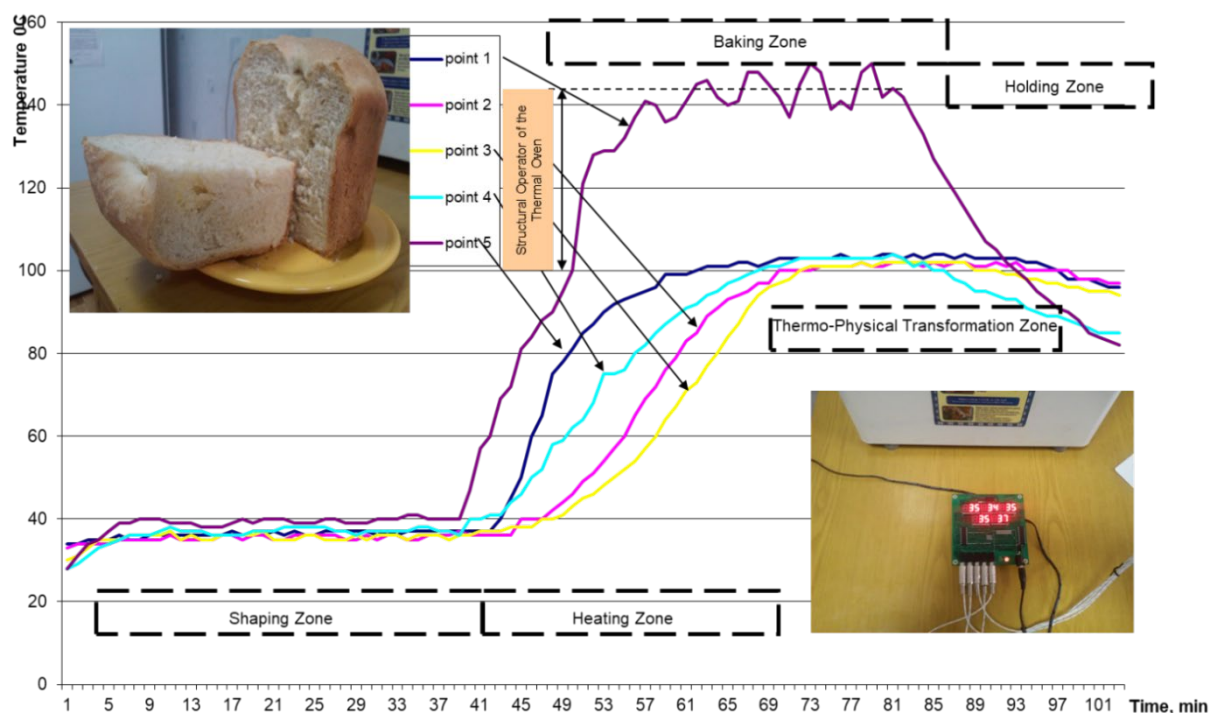


Fig. 3. Temperature Profile Diagram of Dough Material During Baking

The baking process is accompanied by pulsed activation of the heater, which maintains the temperature of the baking chamber within the range of 35–150°C throughout the entire mixing and baking cycle.

At the beginning of the baking stage, the temperature at each measurement point changes according to specific patterns, determined by the heating rate of the dough mass (heating zone, *Fig. 3*).

In the 1 cm surface layer of the bread, the temperature reaches $100 \pm 5^\circ\text{C}$ and does not rise further. This is due to the formation of the bread crust, which has a lower moisture content compared to the crumb (thermo-physical transformation zone, *Fig. 3*).

In deeper layers beyond 1 cm, the temperature stabilizes at approximately $105 \pm 5^\circ\text{C}$ and remains constant throughout the entire process. These values are attributed to the thermodynamic characteristics of the vapor-liquid phase of water present in the dough.

The baking zone and the holding (curing) zone are also characteristic components of the bread baking technological process.

The temperature data obtained using this methodology are of both scientific interest and practical value. They can

be used to adjust and optimize the baking process of bread and bakery products at commercial baking facilities.

Conclusions

This study presents a novel solution to the scientific challenge of developing and substantiating a methodology for measuring technological parameters of biologically derived materials using control and measurement instruments based on mechatronic principles.

It was established that, under the research conditions, strain-gauge temperature sensors are the most technically suitable for temperature measurement. A five-channel readout and recording module was employed in the experiment. The temperature range of the studied objects was between 30°C and 160°C, with a measurement interval of 1 second, which ensures sufficient accuracy and reliability of the data obtained. Laboratory equipment was developed to determine temperature parameters in the bread-baking process.

It was found that the baking process involves the pulsed action of a heater that maintains the bowl temperature within the range of 35°C to 150°C throughout

the kneading and baking phases. At the beginning of the baking process, the temperature at each measurement point changes according to specific patterns. In the 1 cm layer of bread dough, the temperature reaches $100 \pm 5^\circ\text{C}$ and does not increase further, due to the formation of a crust with lower moisture content compared to the crumb. In deeper layers (beyond 1 cm), the temperature remains stable at $105 \pm 5^\circ\text{C}$ throughout the entire process. These values are determined by the unique thermodynamic behavior of the vapor-liquid phase of water present in the dough and require further scientific investigation.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Skålvik, A. M., Saetre, C., Frøysa, K.-E., Bjørk, R. N., & Tengberg, A. (2023). Challenges, limitations, and measurement strategies to ensure data quality in deep-sea sensors. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1152236. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1152236>
- Calcagnotto, L., Huskey, R., & Kosicki, G. M. (2021). The accuracy and precision of measurement: Tools for validating reaction time stimuli. *Computational Communication Research*, 3 (2), 1–20. <https://doi.org/10.5117/CCR2021.2.001.CALC>
- Huskey, R., & Dardis, K. (2021). The accuracy and precision of measurement tools for validating reaction time stimuli. *Behavior Research Methods*, 53(2), 1–15. <https://doi.org/10.33767/osf.io/b5kqz>
- Fan, J., Han, F., & Liu, H. (2014). Challenges of big data analysis. *National Science Review*, 1 (2), 293–314. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwt032>
- Naumenko, T., & Petrenko, A. (2021). Analysis of problems of storage and processing of data in serverless technologies. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (2 (58)), 20–25. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.230174>
- Zhang, Y., & Yang, Q. (2017). Challenges and opportunities in statistics and data science: Ten research areas. *Harvard Data Science Review*, 1 (1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8c5f7f0a>
- Lerchner, J., Hervas, L. S., Bicego, K. C., Garcia, G. S., Oliveira, M. T., Hasic, M., Klingenspor, M., & Mertens, F. (2024). A device for rapid calorimetric measurements on small biological tissue samples. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 149, 8085–8096. <https://doi.org/10.1007/s10973-024-13183-8>
- Srivannavit, O., Joshi, R., Zhu, W., Gong, B., Sealton, S. C., Borca-Tasciuc, T., & Gaitas, A. (2024). Development and assessment of a miniaturized thermocouple for precise temperature measurement in biological tissues and cells. *arXiv preprint arXiv:2403.16796*. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2403.16796>
- Ashcroft Inc. (n.d.). *When to use an RTD vs. a thermocouple temperature sensor*. Ashcroft Knowledge Center. Retrieved from: <https://blog.ashcroft.com/rtd-vs-thermocouple-temperature-sensor>
- Liu, Z. K., Shang, S. L., & Wang, Y. (2017). Fundamentals of thermal expansion and thermal contraction. *Materials*, 10 (4), 410. <https://doi.org/10.3390/ma10040410>
- Zhang, X., & Wang, Y. (2022). A high temporal-spatial resolution temperature sensor for simultaneous measurement of anisotropic heat flow. *Materials*, 15 (15), 5385. <https://doi.org/10.3390/ma15155385>
- Chiba, T., Iguchi, R., Komine, T., Hasegawa, Y., & Uchida, K. (2023). Temperature profile of the Thomson-effect-induced heat release/absorption in junctionless single conductors. *Japanese Journal of Applied Physics*, 62 (3), 037001. <https://doi.org/10.35848/1347-4065/acc3e6>
- Garrido, J., & Manzanares, J. A. (2024). Thomson/Joule power compensation and the measurement of the Thomson coefficient. *Materials*, 17 (18), 4640. <https://doi.org/10.3390/ma17184640>
- Yang, G., Hou, J. Z., Zhou, W., Zhu, L., & Duan, H. J. (2014). Non-contact temperature measurement by infrared pyrometer in high-speed milling. *Applied Mechanics and Materials*, 668–669, 969–972. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.668-669.969>
- Sullivan, S. J. L., Rinaldi, J. E., Hariharan, P., Casamento, J. P., Baek, S., Seay, N., Vesnovsky, O., & Topoleski, L. D. T. (2021). Clinical evaluation of non-contact infrared thermometers. *Scientific Reports*, 11, 22079. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99300-1>
- Purlis, E. (2010). Bread baking: A review. *Journal of Food Engineering*, 86 (4), 465–474. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>
- Mondal, A., & Datta, A. K. (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering*, 86 (4), 465–474. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>
- Purlis, E., & Salvadori, V. O. (2009). Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42 (7), 865–870. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.017>
- Zanoni, B., Peri, C., & Bruno, D. (1993). Modelling of browning kinetics of bread crust during baking. *Journal of Food Engineering*, 19 (4), 389–398. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(93\)90049-2](https://doi.org/10.1016/0260-8774(93)90049-2)
- Ziubrovskiy, A. (2018). Rational conceptions about the bread baking flour in daily nutrition culture of Ukrainians of South-Western Historic-Ethnographic macro-region of Ukraine. *Res Humanitae*, 23, 57–72. <https://doi.org/10.15181/rh.v23i0.1799>
- Konopkir, Y., & Zitbrovskiy, A. (2019). Food life of Ukrainians as a scientific problem of ethnological research. *EtnoAntropologia: Rivista semestrale della SIAC (Società Italiana di Antropologia Culturale)*, 7 (2), 115–129.
- Mykhailuk, V. S. (2023). Tekhnolohiia boroshniianikh kondyterskykh pishchnykh vyrobiv z vykorystanniam shrotu. *PhD thesis*. Kyiv. [in Ukrainian]

ORCID

- V. Padalka  <https://orcid.org/0000-0002-4135-3318>
 O. Gorbenco  <https://orcid.org/0000-0003-2473-0801>
 M. Chumak  <https://orcid.org/0009-0005-4273-5130>



2025 Padalka V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Журнал

«Scientific Progress & Innovations»

Том 28, № 2

2025

Підписано до друку з оригінал-макета 27.06.2025

Тираж 200 прим. Зам. № 2

Ум. друк. арк. 17,69. Формат 60х90/8

Відповідальний редактор: Мельничук В. В.

Літературний редактор: Дедушно А. В.

Куратор з індексів DOI: Коваленко В. О.

Комп'ютерна верстка та дизайн: Мельничук В. В.

Видавець і виготовлювач:

Полтавський державний аграрний університет

Адреса: 36003, вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, Україна

Тел. (0532) 500273, E-mail: pdau@pdau.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7933 від 13.09.2023 р.