

2025

SCIENTIFIC

Progress & Innovations



Vol. 28
Nº1



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 № 8 від 25 березня 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. 8 of March 25, 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. MARENYCH, 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. YEVSTAFIEVA, 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.

<i>Сільське господарство. Рослинництво</i>	<i>6</i>	<i>Agriculture. Plant growing</i>
Шакалій С. М., Баган А. В., Марініч Л. Г. Польова схожість та збереженість рослин гірчиці білої залежно від норми висіву насіння	6	Shakalii S., Bahan A., Marinich L. Field variability and storage of white mustard plants depending on the seed sowing rate
Шепілова Т. П., Петренко Д. І., Лещенко С. М., Васильковська К. В., Андрейченко О. Г. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу України	11	Shepilova T., Petrenko D., Leshchenko S., Vasylovskaya K., Andreychenko O. Influence of growth stimulants on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine
Дробітько А. М. Вплив густоти стояння й удобрення на врожайність ріпаку озимого	15	Drobitko A. Effect of plant density and fertilization on winter rapeseed yield
Тирус М. Л. Економічна ефективність різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування амаранту	20	Tyrus M. Economic efficiency of different levels of mineral nutrition in amaranth growing technology
Каленська С. М., Свистунов Ю. В., Антал Т. В. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від норм мінеральних добрив та регулятору росту рослин на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України	25	Kalenska S., Svystunov Yu., Antal T. Crop capacity of corn hybrids depending on fertilizer rates and plant growth regulators on typical chernozems of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Антонєць О. А., Кочерга В. Я. Кормова і насіннева продуктивність люцерни в умовах Південного Лісостепу України	32	Antonets O., Kocherga V. Feed and seed productivity of alfalfa in the conditions of the Southern Forest Step of Ukraine
Біднина В. Ю. Формування врожайності й якості зерна кукурудзи залежно від норм мінерального живлення й інгібіторів нітрифікації	37	Bidnya V. Formation of corn grain yield and quality depending on mineral nutrition rates and nitrification inhibitors
Ляхно А. Ю. Врожайність і якість зерна кукурудзи залежно від форм азотних добрив	43	Liakhno A. Yield and grain quality of corn depending on nitrogen fertilizer forms
Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Ластовка В. П., Гусинський Д. В., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур	50	Pysarenko P., Samoilik M., Dychenko O., Lastovka V., Husynskiy D., Shpyrna V., Zhilin O. Use of natural brine and minerals as non-root nutrition on agricultural crops
Сиплива Н. О., Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В. Аналіз сортів енергетичних культур в Україні	55	Syplyva N., Kulyk M., Rozhko I., Rytchenko A. Analysis of energy crops assortment in Ukraine
Гангур В. В., Маренич А. М., Сокирко Д. Д. Вплив попередників та рівня удобрення на урожайність зерна пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу	63	Hanhur V., Marenych A., Sokyrko D. Influence of precedents and fertilization level on winter wheat grain yield in the Left-Bank Forest-Step conditions
Поспєлов С. В., Поспєлова Г. Д., Зезекало Є. О., Оніпко В. В., Маначинський О. І. Формування насінневої продуктивності єхінацеї блідої (<i>Echinacea pallida</i> (Nutt.) Nutt.) в умовах Лівобережного Лісостепу України	68	Pospelov S., Pospelova G., Zezekalo Ye., Onipko V., Manachynskiy O. Formation of pale purple coneflower (<i>Echinacea pallida</i> (Nutt.) Nutt.) seed productivity in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Гангур В. В., Пелих М. А. Вплив строків сівби та густоти рослин на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу	75	Hanhur V., Pelykh M. The influence of sowing dates and plant density on the yield of corn hybrids in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe
Бараболя О. В., Латиш А. А. Вплив агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України	81	Barabolia O., Latysh A. Impact of agro-climatic factors and fertilization systems on yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Гангур В. В., Поспєлов С. В., Гарячун В. О. Вплив систем обробітку ґрунту та частки культури у сівозміні на забур'яненість посівів буряку цукрового	88	Hanhur V., Pospelov S., Hariachun V. Influence of soil tillage systems and crop parts in crop rotation on the pollution of sugar beet crop
<i>Екологія</i>	<i>92</i>	<i>Ecology</i>
Тараненко А. О., Бочаров Д. В., Королькова А. О., Прядко В. Г. Аналіз екологічної стійкості лісових екосистем Полтавської області	92	Taranenko A., Bocharov D., Korolkova A., Pryadko V. Analysis of the environmental sustainability of forest ecosystems of Poltava region
<i>Сільське господарство. Тваринництво</i>	<i>101</i>	<i>Agriculture. Animal breeding</i>
Кремез М. І., Мироненко О. І., Кузьменко Л. М., Шаферівський Б. С., Карунна Т. І., Фесенко О. Г., Ляченко М. О. Ефективність дорощування гнізда, однієї тварини та одиниці приросту чистопородних, помісних та гібридних поросят різного селекційного спрямування	101	Kremez M., Myronenko O., Kuzmenko L., Shaferivskiy B., Karunna T., Fesenko O., Ilchenko M. The effectiveness of growth completion of one pen, one animal and unit of gain of pure bred, mixed bred and cross bred piglets of different breeding direction
<i>Ветеринарна медицина</i>	<i>110</i>	<i>Veterinary medicine</i>
Котелевич В. А., Гуральська С. В., Олішевський В. М. Підвищення якості і безпечності молока-сировини на виробництві за ефективного лікування та профілактики маститу	110	Kotelevych V., Hural'ska S., Olishevskiy V. Improving the quality and safety of raw milk in production with effective treatment and prevention of mastitis
Гаврик Б. А., Мельничук В. В. Вплив <i>Ctenocephalides felis</i> на біохімічні показники сироватки крові інвазованих котів	119	Havryk B., Melnychuk V. Influence of <i>Ctenocephalides felis</i> on biochemical indicators of blood serum of infested cats
Бондаревський І. Л. Терапевтична ефективність лікувальних заходів за стронгілідозів травного тракту овець	124	Bondarevskiy I. Therapeutic efficacy of treatment measures for strongylosides of sheep digestive tract
Слонь Ю. В., Склярів П. М. Огляд систем контролю поведінки тварин на ринку України з коротким описом принципу роботи та технічною характеристикою	128	Slon Yu., Skliarov P. Overview of animal behavior monitoring systems on the Ukrainian market with a brief description of their operating principles and technical characteristics

Мусієць І. В., Рубленко І. О., Чечет О. М., Горбатюк О. І., Піщанський О. В., Мельничук В. В., Рубленко С. В., Баланчук Л. В., Мех Н. Я., Жовнір О. М. Біологічні загрози у рибній галузі України за антибіотикорезистентності штамів <i>Escherichia coli</i> у рибі та рибній продукції	141	Musiets I., Rublenko I., Chechet O., Horbatiuk O., Pishchanskyi O., Melnychuk V., Rublenko S., Balanchuk L., Mekh N., Zhovnir O. Biological threats in the fish industry of Ukraine due to antibiotic resistance of <i>Escherichia coli</i> strains in fish and fish products
Горюк Ю. В., Горюк В. В., Колінчук Р. В. Вплив бактеріофагів на імунну систему тварин	150	Horiuk Yu., Horiuk V., Kolinchuk R. The impact of bacteriophages on the immune system of animals
Мирошніченко І. І. Морфогенез лімфатичних вузлів кролів м'ясного напрямку продуктивності упродовж постнатального періоду онтогенезу	156	Myroshnychenko I. I. Morphogenesis of lymph nodes of meat-producing rabbits during the postnatal period of ontogenesis
Мельничук В. В., Яненко Д. С., Євстаф'єва В. О. Антигельмінтна ефективність сучасного протипаразитарного препарату Івемітел (суспензія) за токсокарозної інвазії собак	164	Melnichuk V., Yanenko D., Yevstafieva V. Anthelmintic efficacy of the modern antiparasitic drug Ivermectin (suspension) in toxocarosis invasion of dogs
Абод Е. Н., Аль-Зубайді Х. Х. Х. Перше повідомлення щодо нового виду <i>Sarcocystis</i> , виділеного генетичним аналізом з яловичини в Бакуба, Ірак	169	Aboud E. N., Al-Zubaidi H. H. H. First record of a new <i>Sarcocystis</i> species isolated by genetic analysis from beef meat in Baqubah, Iraq
Сидельов В. В., Кібкало Д. В. Порівняльний аналіз реабілітаційного потенціалу котів і собак в умовах притулку для тварин	174	Sydelov V., Kibkalo D. Comparative analysis of the rehabilitation potential of cats and dogs in conditions of the animal shelter
Обеад Д. Т. Гістохімічне дослідження гідатидних цист, виділених від овець в умовах забійних пунктів провінції Кербела, Ірак	182	Obead J. Histochemical study of Hydatid cyst isolated from sheep within the abattoirs Kerbala province, Iraq
Фещенко Д. В., Довгій Ю. Ю., Березовський А. В., Згозінська О. А. Клінічна ефективність і безпечність таблеток «Міпранол для собак» в схемах лікування та профілактики гельмінтозів	187	Feshchenko D., Dovhiy Yu., Berezovskyi A., Zghozinska O. Clinical efficacy and safety of the tablets Mipranol for Dogs in the prevention and treatment of helminth infections
Яценко І. В., Козачок В. В. Судово-ветеринарна експертиза та оцінка втрати репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності внаслідок ушкодження гострими й тупими предметами	193	Yatsenko I., Kozachok V. Forensic veterinary examination and assessment of reproductive damage and pregnancy termination in animals caused by sharp and blunt objects
Година В. П. Забрудненість навколишнього середовища ооцистами еймерій у птаківничих господарствах Полтавської області	207	Hodyna V. Environmental pollution with eimeria oocysts in poultry farmers of the Poltava region
Аль-Кулабі Р. С., Обеад В. Ф. Вплив екстракту з листя м'яти на вагу та біохімічні показники сироватки крові кролів (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	212	Al-Kulabi R. S., Obead W. F. The effects of using mint on weight and biochemical blood tests in albino rabbit (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)
Суворов Р. С., Євстаф'єва В. О. Вплив <i>Cystoisospora canis</i> на гематологічні показники інвазованих собак за різних показників інтенсивності інвазії	216	Suvorov R., Yevstafieva V. Influence of <i>Cystoisospora canis</i> on hematological indicators of infested dogs with different indicators of invasion intensity
Кот Т. Ф., Ковальчук В. В. Особливості морфології селезінки риб	222	Kot T., Kovalchuk V. Features of spleen morphology in fish
Киричко Б. П., Шепель К. Ю., Передера Р. В. Клінічно-експериментальне обґрунтування застосування препарату Вівадерм за лікування шкірних хвороб у тварин	228	Kyrychko B., Shepel K., Peredera R. Clinical and experimental substantiation of the use of Vivaderm in the treatment of skin diseases in animals
Михайлютенко С. М., Євстаф'єва В. О., Мельничук В. В., Кузьменко Л. М. Номенклатура у сфері безпеки харчової продукції	234	Mykhailiutenko S., Yevstafieva V., Melnychuk V., Kuzmenko L. Nomenclature in the field of food safety
Богач О. М., Богач М. В. Ефективність еймеріостатиків за змішаного перебігу еймеріозу і балантидіозу поросят	240	Bohach O., Bogach M. Efficacy of eimeriostatics in mixed course of eimeriosis and balantidiosis in piglets
Канівець Н. С., Кравченко С. О., Дмитренко Н. І., Дев'ятко О. С., Кулинич С. М., Делейчук О. П. Токсикологія, фармакологія та терапія тварин за отруєння антикоагулянтами родентицидами: огляд	244	Kanivets N., Kravchenko S., Dmytrenko N., Deviatko O., Kulynych S., Deleichuk O. Toxicology, pharmacology and therapy of animals poisoned by anticoagulant rodenticides: a review
Щербакова Н. С., Медвідь О. О., Передера С. Б. <i>Listeria innocua</i> , як потенційний патоген харчових інфекцій	249	Shcherbakova N., Medvid O., Peredera S. <i>Listeria innocua</i> as a potential pathogen of food-borne infections
Криворученко Д. О. Вплив збудників гельмінтозів травного тракту на гематологічні показники собак за моно- та мікстинвазій	254	Kryvoruchenko D. Influence of causatives of helminthoses of the digestive tract on hematological indicators of dogs with mono- and mixed invasions
Хамед М. А. К., Махді Х. Т., Салман А. Д., Альсафах А. Х., Фадхал А. А. Вплив NaCl та оцтової кислоти на ріст бактерій	260	Hameed M. A. K., Mahdi H. T., Salman A. D., Alsafah A. H., Fadhal A. A. The effect of some materials such as NaCl and acetic acid on bacterial growth

Field variability and storage of white mustard plants depending on the seed sowing rate

S. Shakalii✉ | A. Bahan | L. Marinich

Article info

Correspondence Author

S. Shakalii

E-mail:

shakaliysveta@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Shakalii, S., Bahan, A., & Marinich, L. (2025). Field variability and storage of white mustard plants depending on the seed sowing rate. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 6–10. doi: 10.31210/spi2025.28.01.01

Fluctuations in climatic resources, with a tendency to increase temperature, today require an expansion of the range of agricultural crops, including oilseeds. This is possible by introducing more drought-resistant crops into the crop rotation, which are able to easily adapt to different growing conditions. One of such crops is white mustard. According to the results of research conducted on the farm during 2022–2024, the impact of technological methods of cultivating white mustard was revealed, due to the optimization of the sowing rate, which will ensure high and stable yields of white mustard oilseeds in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. When sowing mustard plants early, they develop better, and when sowing them late, the development of plants is accelerated by 6–14 days, the duration of interphase periods is reduced, which leads to a decrease in crop yield. When the rate is increased to 4.0 million, the number of plants at the time of harvesting decreases to 85.3 %. The maximum safety index of mustard plants before harvesting was observed in the variant with a sowing rate of 2.5 million similar seeds and was 91.1 %, which is 0.2 % higher compared to the control variant and 0.4–5.8 % – compared to other sowing rates. In 2022, the maximum safety index of mustard plants before harvesting was noted in the variant with a rate of 1.0 million. s. seeds/ha – 93.2 %, and significantly exceeded the control variant. At a sowing rate of 2.5 million, plant safety was significantly lower (by 1.1 %) and was 92.1 %. A positive effect of the sowing rate on the formation of productive stalked white mustard was established. The highest field germination rates (91.9 %) and plant survival to harvest (91.1 %) were observed when sowing mustard with a seeding rate of 2.5 million viable seeds per hectare. It was found that a mustard seeding rate of 2.5 million viable seeds allows for the creation of crops with an optimal leaf surface and its preservation for a long period of time. When growing white mustard in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine in order to obtain high and stable yields of seeds with high quality, we recommend sowing white mustard of the Talisman variety in a row method with a seeding rate of 2.5 million viable seeds per hectare.

Keywords: white mustard, field germination, seeding rate, plant survival, weeds.

Польова схожість та збереженість рослин гірчиці білої залежно від норми висіву насіння

С. М. Шакалій | А. В. Баган | Л. Г. Марініч

Полтавський державний

аграрний університет,

Полтава, Україна

Коливання кліматичних ресурсів, з тенденцією до підвищення температури, сьогодні вимагають розширення асортименту сільськогосподарських культур, у тому числі й олійних. Це можливо, за рахунок введення в сівозміну більш посухостійких культур, які мають можливість легко пристосовуватися до різних умов вирощування. Однією з таких культур є біла гірчиця. За результатами проведених досліджень в господарстві впродовж 2022–2024 рр. було виявлено вплив технологічних прийомів обробітку гірчиці білої, за рахунок оптимізації норми висіву, що забезпечить отримання високої та стабільної врожайності олійного насіння гірчиці білої в умовах Лісостепу України. При ранньому посіві рослини гірчиці краще розвиваються, а при сівбі її в пізній термін розвитку рослин прискорюється на 6–14 днів, скорочується тривалість міжфазних періодів, що призводить до зниження врожайності культури. При збільшенні норми до 4,0 мільйонів, кількість рослин на момент збирання зменшується до 85,3 %. Максимальний показник безпеки рослин гірчиці до збирання спостерігався у варіанті з нормою висіву 2,5 мільйона схожих насінин і склав 91,1 %, що на 0,2 % вище, порівняно з контрольним варіантом і на 0,4–5,8 % – щодо інших норм висіву. У 2022 році максимальний показник збереження рослин гірчиці до збирання відзначений у варіанті з нормою 1,0 млн. всх. насінин/га – 93,2 %, і суттєво перевищував контрольний варіант. При нормі висіву 2,5 мільйона збереження рослин було значно нижче (на 1,1 %) і становило 92,1 %. Встановлено позитивний вплив норми висіву формування продуктивного стеблестою гірчиці білої. Найбільш високі показники польової схожості насіння (91,9 %) та збереження рослин до збирання (91,1 %) відзначені при сівбі гірчиці з нормою висіву 2,5 мільйона схожих насінин на гектар. Виявлено, що норма висіву гірчиці 2,5 мільйона схожих насінин дозволяє створювати посіви з оптимальною листовою поверхнею та зберігати це тривалий період часу. При вирощуванні гірчиці білої в умовах Лісостепу України з метою отримання високих та стабільних урожаїв насіння з високою якістю рекомендуємо висівати гірчицю білу сорту Талісман рядковим способом з нормою висіву 2,5 мільйона схожих насінин на гектар.

Ключові слова: гірчиця біла, польова схожість, норма висіву, збереженість рослин, бур'яни.

Бібліографічний опис для цитування: Шакалій С. М., Баган А. В., Марініч Л. Г. Польова схожість та збереженість рослин гірчиці білої залежно від норми висіву насіння. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 6–10.

Вступ

Ця культура однаково добре росте, як у регіонах з недостатньою вологістю, так і в районах з достатньою кількістю опадів. Гірчиця біла (*Sinapis alba*) – універсальна, перспективна олійна культура, яка має масу переваг перед іншими капустяними культурами та має широкий спектр застосування та використання: наприклад, для отримання рослинної олії та білка [1–3]. Від рівня кількісних параметрів жирних кислот в олії гірчиці його використовують безпосередньо, в їжу і для приготування різних страв і продуктів. Згідно з даними багатьох дослідників, які вказують, що при вмісті ерукової кислоти до 20–30 %, гірничну олію можна використовувати в технічній промисловості, і зокрема, для виробництва біопалива. Гірчиця, з агрономічної точки зору, екологічно чистий та ефективний ресурс органічної речовини для ґрунту [4–6]. У зв'язку з цим, і потенціал врожайності, і економічний ефект від впровадження гірчиці білої, як перспективної олійної культури, багато в чому залежатиме від застосування адаптивних до місцевих ґрунтово-кліматичних умов, прийомів технології обробітку. За даними численних дослідників норма висіву культури найбільш дешевий і економічно ефективний прийом технології обробітку [7–8]. В даний час, багатьма вченими та дослідниками вивчаються та розробляються сучасні адаптивні технології вирощування гірчиці білої, які включають цілий комплекс ресурсозберігаючих агроприйомів, таких як (попередники, норми висіву, терміни та способи посіву, глибина загортання насіння, адаптовані сорти, застосування добрив, боротьба зі шкідливими організмами та інші) [9–12].

Встановлено, що використання гірчиці білої як попередньої культури, забезпечує підвищення біологічної активності ґрунту, зниження втрат гумусу та накопичення поживних речовин у орному шарі. Наприклад, вирощування зернових культур після гірчиці сприяє на 10–15 % одержанню збільшення врожаю, причому без додаткових витрат [13–15]. Багато авторів вважають, що гірчиця – це культура раннього терміну сівби. У той самий час, багаторічна практика інших показує, що врожай гірчиці при ранньому посіві, зазвичай, на 15–25 % вище, ніж за пізньому (наприклад, через 20 днів). При ранньому посіві рослини гірчиці краще розвиваються, а при сівбі її в пізній термін розвиток рослин прискорюється на 6–14 днів, скорочується тривалість між-фазних періодів, що призводить до зниження врожайності культури [16].

Встановлено, що при сівбі в оптимально ранні терміни накопичена волога в ґрунті сприяє отриманню швидких сходів культури та потужної розетки листя. Це дає можливість знизити шкідливість хрестоцвітних білошків і підвищує її конкурентоспроможність по відношенню до бур'янів [17–20].

Мета дослідження

Вдосконалення технологічних прийомів обробітку гірчиці білої, за рахунок оптимізації норми висіву, що забезпечить отримання високої та

стабільної врожайності олійного насіння в умовах Лісостепу України.

Завдання досліджень: дослідити вплив норми висіву на особливості росту та розвитку рослин гірчиці білої, встановити вплив елементів технології на фітосанітарний стан посівів культури.

Матеріали і методи

Дослідження проводили упродовж 2022–2024 рр. в СФГ «Татіана», що знаходиться в Лубенському районі Полтавської області. Схемою досліді передбачалося вивчення одного сорту гірчиці білої Талісман (створений в Інституті олійних культур НААН та включеної до Державного реєстру селекційних досягнень України в 2000 році) та семи варіантів норми висіву насіння – 2,0; 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 млн. схожих насінин/г. Технологія вирощування гірчиці в досліді передбачала використання загальноприйнятих для ґрунтово-кліматичної зони агро-технічних заходів та прийомів. Закладення досліді, проведення обліків і спостережень виконували відповідно до вимог загальновизнаних методик ведення польових дослідів у землеробстві та рослинництві.

Ґрунт земельної ділянки – чорнозем типовий малогумусний. Механічний склад ґрунту – важкий суглинок. Характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в шарі 0–20 см – 4,85 %, 20–40 см – 3,91 %. За даними агрохімічного обстеження ґрунту дослідного поля добре забезпечені основними елементами живлення рослин. В орному шарі міститься 11–13 мг азоту, що гідролізується (за Корнфілдом), 10–15 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16–20 мг обмінного калію на 100 г ґрунту (за Чириковим).

Клімат зони помірно-континентальний, для якого характерне нестійке зволоження, холодна зима і жарке, а часто посушливе літо. Середньобаторічна температура повітря дорівнює 7,7 °С, а сума опадів – 508 мм. За вегетаційний період середня температура повітря становить 19,1 °С, а кількість атмосферних опадів – 214,5 мм. Погодні умови впродовж років досліджень були дещо відмінними від середніх багаторічних значень основних метеорологічних показників. Так, за вегетаційний період 2022 р., сума опадів склала 216,4 мм, а середня температура повітря – 20,6 °С, що перевищує норму, відповідно на 1,9 мм і 1,5 °С. Впродовж вегетаційного періоду 2023 р., опадів випало на 63,2 мм більше середнього багаторічного значення, а середня температура повітря перевищувала норму на 1,5 °С. Гідротермічний коефіцієнт дорівнював відповідно 0,85 та 1,09 за середнього багаторічного показника 0,91.

Результати та їх обговорення

Густота стояння рослин, що характеризується схожістю та безпекою, є одним із складових елементів продуктивності будь-якої культури [5].

У середньому за три роки польова схожість гірчиці білої в наших дослідженнях була досить висока і варіювала в межах 79,3–91,9 %, залежно від норми висіву (рис. 1).

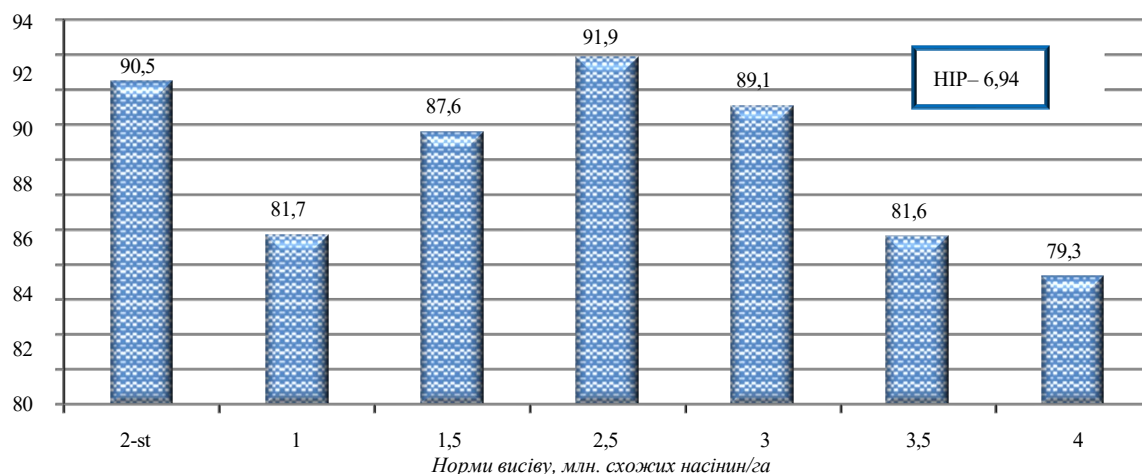


Рис. 1. Польова схожість гірчиці білої, залежно від норм висіву (2022–2024 рр.)

Найбільші значення схожості відзначені у варіанті з нормою висіву 2,5 мільйона і становить 91,9 %. При цьому схожість гірчиці при стандартній нормі висіву відрізнялася не істотно всього на 1,4 %. У разі збільшення норми висіву до 4,0 мільйонів схожого насіння, польова схожість гірчиці знижувалася до 79,3 %. Ця тенденція спостерігалася у всі роки дослідження. Найвище значення польової схожості гірчиці 85,7–94,5 %, залежно від норми висіву, відзначено у 2024 році, де були найоптимальніші умови для проростання насіння. Найбільший відсоток схожості зазначений у контрольному варіанті із нормою висіву 2,0 мільйона. Найнижчий відсоток (72,3–92,5 %) сходів у гірчиці було відзначено за умов 2023 року (ГТК 0,11). Найменша густина стояння рослин відзначена при нормах висіву 3,5 і 4,0 мільйона, що склала 78,6 та 72,3 %, відповідно.

У 2022 році польова схожість гірчиці в середньому за дослідом склала 74,0–90,8 %. Найбільша густина стояння рослин відзначена у варіанті з нормою 2,5 мільйона схожих насінин на гектар і склала 90,8 %. Найменша схожість гірчиці відзначена при нормах 1,0 та 4,0 мільйона схожих насінин, що склала 74,0 та 76,5 % (*табл. 1*).

Таблиця 1

Польова схожість гірчиці білої, в залежності від норм висіву

Норма висіву, млн. схожих насінин/га,	2022 р.		2023 р.		2024 р.	
	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%
2,0 - st	169	84,5	185	92,5	189	94,5
1,0	74	74,0	82	82,0	89	89,0
1,5	121	80,7	136	90,7	137	91,3
2,5	227	90,8	229	91,6	233	93,2
3,0	265	88,3	266	88,7	271	90,3
3,5	282	80,6	275	78,6	300	85,7
4,0	306	76,5	289	72,3	356	89,0

Після появи сходів починається конкуренція між рослинами, внаслідок якої змінюється виживання рослин до збирання. У середньому за 2022–2024 роки, залежно від норми висіву, збереження рослин до збирання варіювала від 85,3 % до 91,1 % (*табл. 2*). При збільшенні норми до 4,0 мільйонів, кількість рослин на момент збирання зменшується до 85,3 %.

Максимальний показник безпеки рослин гірчиці до збирання спостерігався у варіанті з нормою висіву 2,5 мільйона схожих насінин і склав 91,1 %, що на 0,2 % вище, порівняно з контрольним варіантом і на 0,4–5,8 % – щодо інших норм висіву. У 2022 році максимальний показник збереження рослин гірчиці до збирання відзначений у варіанті з нормою 1,0 млн. всх. насінин/га – 93,2 %, і суттєво перевищував контрольний варіант. При нормі висіву 2,5 мільйона збереження рослин було значно нижче (на 1,1 %) і становило 92,1 %.

Таблиця 2

Збереженість рослин гірчиці білої до збирання, в залежності від норм висіву 2022–2024 рр.

Норма висіву, млн. схожих насінин/га	2022		2023		2024	
	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%	шт/ м ²	%
2,0 - st	148	87,6	165	89,2	181	95,8
1,0	69	93,2	73	89,0	80	89,9
1,5	103	85,1	123	90,4	126	91,9
2,5	209	92,1	199	86,9	220	94,4
3,0	227	85,7	226	85,0	260	95,9
3,5	248	87,9	237	86,2	271	90,3
4,0	251	82,0	253	87,5	307	86,2

У 2023 році показник безпеки гірчиці до збирання коливався від 85,0 % (3,0 млн. схож. насінин/га) до 90,4 % (1,5 млн. схож. насінин/га). При цьому виживання рослин у варіанті з нормою висіву 2,5 мільйона була нижчою на 3,5 %. У 2024 році найбільше виживання гірчиці відзначено у випадках з нормами висіву 3,0 і 2,0 мільйона і склала 95,9 і 95,8 %. Однак, у варіанті з нормою висіву 2,5 мільйона, збереження рослин було найнижчим на 1,5 і 1,4 %. Найменший відсоток збережених рослин до збирання (86,2 %) отримано у варіанті з нормою висіву 4,0 мільйона схожих насінин на гектар. Однак, у середньому за роки досліджень, встановлено, що найбільш ефективною була норма висіву 2,5 мільйона схожих насінин, це виявилось у високих показниках польової схожості (91,9 %) та збереження рослин до збирання (91,1 %).

Однією з головних проблем збереження врожаю сільськогосподарських культур є боротьба з бур'янами, оскільки потенційні втрати врожаю від

шкідливості бур'янів дуже високі. Ефективна боротьба з бур'янами можлива за умови правильного використання агротехнічних прийомів та хімічних заходів. Одним з таких агротехнічних прийомів, що сприяють зниженню чисельності бур'янів, є норма висіву. Гірчиця біла за своїми морфобіологічними особливостями досить сильно пристосована до біологічного придушення бур'янів, оскільки має потужну надземну масу. Однак, у початковій фазі вона розвивається досить повільно, тому є небезпека засмічення її бур'яном у фазу розетки [7].

У середньому, за 2022–2024 роки в наших дослідах в основному переважали такі різновиди бур'янів: підмаренник чіпкий, білий біль, щиріця закинута, берізка польова, осот польовий, молочай лозний і однорічні злакові бур'яни. Визначення структури бур'янів показало, що в середньому за роки досліджень в цілому з досвіду на частку злакових малолітніх видів припадало 30,1 %, в основному це були рослини мишія сизого та курячого проса. Найбільш поширеними були багаторічні дводольні бур'яни (43,0 %), малорічні дводольні – становили 26,9 % від загальної кількості бур'янів, серед яких лідируючу позицію займали лобода біла та щиріця звичайна, кількість яких варіює в межах 5–9 та 4–6 шт./м².

У середньому за три роки найбільшою засміченістю відрізнявся варіант з нормою висіву 1,0 мільйона схожих насінин, кількість бур'янів склала в сумі 37 шт./м² (табл. 3). При збільшенні норми висіву гірчиці число знижувалося з 37 до 21 шт./м² у варіанті з нормою висіву 4,0 мільйона, де було відзначено найменшу засміченість. У середньому з досвіду найбільша маса відзначена у багаторічних дводольних бур'янів, яка варіювала від 12,3 до 23,2 г/м², найменша вага припадала на злакові бур'яни – 5,2–9,9 г/м², маса однорічних бур'янів становила 9,8–15,3 г/м². З підвищенням норми висіву конкурентна здатність гірчиці білої підвищувалася, маса бур'янів знижується від 439 до 299 г/м².

Таблиця 3

Кількість бур'янів у посівах гірчиці, (2022–2024 рр.)

Норми висіву, млн. схожих насінин /га	Кількість бур'янів, шт./м ²			Всього, шт./м ²
	однорічні дводольні	багаторічні дводольні	злакові	
2,0 - st	7	12	9	28
1,0	10	17	10	37
1,5	9	17	10	36
2,5	6	8	9	23
3,0	5	10	7	22
3,5	7	8	7	22
4,0	7	9	5	21
HIP ₀₅	-	-	-	3,82

Значне придушення бур'янів відбувалося при висіві нормою 2,5 мільйона схожих насінин, маса бур'янів склала 33,2 г/м² і була достовірно нижчою, ніж при висіві вищими нормами. Норми висіву, понад 2,5 мільйонів, значного придушення бур'янів не забезпечило. Наприклад, маса бур'янів, при нормах від 3,0 до 4,0 мільйонів була найменша на 0,6–1,9 г.

Висновки

Встановлено позитивний вплив норми висіву формування продуктивного стеблестою гірчиці білої. Найбільш високі показники польової схожості насіння (91,9 %) та збереження рослин до збирання (91,1 %) відзначені при сівбі гірчиці з нормою висіву 2,5 мільйона схожих насінин на гектар. Виявлено, що норма висіву гірчиці 2,5 мільйона схожих насінин дозволяє створювати посіви з оптимальною листовою поверхнею та зберігати це тривалий період часу. При вирощуванні гірчиці білої в умовах Лісостепу України з метою отримання високих та стабільних урожаїв насіння з високою якістю рекомендуємо висівати гірчицю білу сорту Талісман рядовим способом з нормою висіву 2,5 мільйона схожих насінин на гектар.

Перспективи подальшої досліджень у цьому полягають у вивченні більшої кількості сортів гірчиці білої та вплив норм висіву на елементи формування продуктивності, а також використання препаратів для позакореневого підживлення та їх вплив на врожайність.

Конфлікт інтересів

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

References

- Siavash, B., Karaptianand, J., & Zare, S. (2005). Studying on lipid content and fatty acids in some varieties of colza (*Brassica napus*). *Journal of Pajuhesh & Sazandegi*, 67, 95–101.
- Zhuikov, O. H. (2014). Rynok harchytsi v Ukraini: stan, problemy, perspektivy. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 87, 39–48. [in Ukrainian]
- Mikolajko, I., & Karpuk, L. (2023). Peculiarities of mustard genofond formation in Ukraine. *Agrobiologiya*, 2 (183), 187–194. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-187-194>
- Abramych, M. I., Huzinovych, S. Y., & Zozulia, O. L. (2011). *Harchytsia. Symfoniia: Ivano-Frankivsk* [in Ukrainian]
- Arkhypenko, F. M., Sliusar, S. M., & Oksymets, O. L. (2006). *Harchytsia bila – kultura shyrokocho diapazonu vykorystannia. Ahronom*, 3, 26–28. [in Ukrainian]
- Slisarchuk, M. (2018). Vyroshchuvannia harchytsi biloi yak oliinoi kultury. *Ahrobiznes Sohodni*, 3, 39–40 [in Ukrainian].
- Mazur, V. O., Protsiv, P. B., Hamalii, S. M., & Popovych, Yu. V. (2009) *Harchytsia. Symfoniia-forte, Ivano-Frankivsk* [in Ukrainian]
- Shakalii, S. M. (2018). Vplyv bakteriialnykh preparativ ta mikrodobryva na posivni yakosti nasinnia soniasnyku. *Visnyk Tsentru naukovooho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti*, 24, 127–135. [in Ukrainian]
- Kolosok, V. G., & Butenko, S. O. (2023). Type and varietal features of mustard seed quality formation under the conditions of the Northeastern Forest- Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 51 (1), 64–71. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.1.8>
- Saiko, V. F., & Vyshnevskiy, V. S. (2015). Vplyv elementiv ehnolohii na formuvannia produktynosti harchytsi biloi sortu talon. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Naukovoho Tsentru Instytut Zemlerobstva NAAN*, 4, 72–78. [in Ukrainian]
- Shakalii, S. M., & Kulyk, Ye. I. (2024). Influence of processing methods with bio-stimulators on sowing quality of sunflower seeds. *Taurian Scientific Herald*, 137, 343–350. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.40>
- Butenko, S. O., & Jia, P. (2022). The influence of plant growth regulators on the quality of mustard seeds in the conditions of the north-eastern Forest Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 124, 10–17. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.2>

13. Shakhid, A. (2018). Vplyv norm mineralnykh dobrov na rist rozvytok roslyn harchytsi biloi v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 101, 141–145. [in Ukrainian]
14. Voloshchuk, M. (2024). Formation of yield of white mustard seeds depending on the level of mineral nutrition of plants. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 75 (1), 18–29. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-1-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-1-2)
15. Blashchuk, M. I., & Tetereshchenko, N. M. (2014). Vplyv trokiv sivby ta doz mineralnykh dobrov na produktyvnist harchytsi biloi. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Oliinykh Kultur NAAN*, 21, 65–74. [in Ukrainian]
16. Hamaiunova, V. V., Khonenko, L. H., Kovalenko, O. A., & Hyrlia, L. M. (2014). Urozhainist harchytsi zalezno vid pohodnykh umov ta norm vysivu na chornozemakh pivdennykh. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 88, 50–55. [in Ukrainian]
17. Melnychuk, T., Sendetskyi, V., Lys, N., & Stelmakh, O. (2024). The influence of sowing dates and sowing rates on the formation of productivity of white mustard in the conditions of Precarpathia. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 75 (2), 87–97. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-2-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-2-8)
18. Shakalii, S. M., Chetveryk, O. O., & Malypko, A. V. (2024). Znachennia ta perspektyvy vykorystannia harchytsi biloi. *Urozhainist ta yakist produktsii roslinnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia, prysviachena pamiaty profesora H. P. Zhemely : materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. (P. 187–18). Poltava [in Ukrainian]
19. Zhernova, N. P. (2009). Vplyv elementiv ekhnolohii a produktyvnist harchytsi sareptskei sortu Svitlana. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Oliinykh Kultur UAAN*, 14, 143–149. [in Ukrainian]
20. Melnyk, T. I., Ali, Sh., & Kolosok, V. H. (2020). Yakist nasinnia harchytsi biloi zalezno vid sortu ta norm vysivu v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Tavriiskyi naukovyi Visnyk*, 113, 92–97 [in Ukrainian]

ORCID

- | | |
|---|---|
| S. Shakalii  | https://orcid.org/0000-0002-4568-1386 |
| A. Bahan  | https://orcid.org/0000-0001-8851-5081 |
| L. Marinich  | https://orcid.org/0000-0002-0073-9433 |



2025 Shakalii 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.

Influence of growth stimulants on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine

T. Shepilova  | D. Petrenko | S. Leshchenko | K. Vasylovskaya | O. Andreychenko

Article info

Correspondence Author

T. Shepilova

E-mail:

shepilova.tamara@gmail.comCentral Ukrainian National
Technical University,
8, Prospekt Universytetskyi,
Kropyvnytskyi, 25006,
Ukraine**Citation:** Shepilova, T., Petrenko, D., Leshchenko, S., Vasylovskaya, K., & Andreychenko, O. (2025). Influence of growth stimulants on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 11–14. doi: 10.31210/spi2025.28.01.02

In the steppe zone of Ukraine, soybean productivity is often determined by insufficient precipitation and high temperatures, which causes crop loss, and therefore there is a need to study the elements of technology using effective modern growth stimulants that increase plant resistance to adverse environmental factors, stimulate growth processes, enhance plant metabolism and realise genetic potential of new soybean varieties in difficult arid growing conditions. The aim of the research is to determine the effect of growth stimulants and seed inoculation on the development of plants of the mid-season soybean variety Azimuth in the northern Steppe of Ukraine. The task is to determine the effect of treatment of crops with preparations on leaf area, number of bulbils, plant height, and seed productivity of soybeans. The research was conducted in 2022–2024 in Kirovohrad region. The field experiment included two factors. Factor A (seed inoculation): 1). Control (without inoculation), 2). BioMag Soybean (2 l/t). Factor B (growth stimulants): 1) Control (no treatment), 2) Eraiz 1.5 l/ha, 3) Atonik Plus 0.2 l/ha, 4) Humifield 0.1 kg/ha, 5) Mars EL 0.5 l/ha. Seed inoculation was carried out on the day of sowing, and the crops were treated with growth stimulants in the phase of soybean budding. As a result of the research, it was found that the use of growth stimulants and the biological product contributed to an increase in the leaf area of plants, plant height and the number of bulbils. Inoculation of seeds with BioMag increased the leaf area of plants in the phase of bean formation by 36–67 cm² compared to the control. Growth stimulants Humifield and Mars EL showed higher efficiency, where plant height increased by 4.9–8.4 cm. The use of the growth stimulant Mars EL with biological product BioMag increased the leaf area to the absolute control by 223 cm² (25.1 %), plant height – by 11 cm (14.6 %), the number of bulbils – by 15.7 pcs (49.4 %), seed weight – by 1.93 g/plant (38.4 %). Under the influence of the growth stimulator Humifield with BioMag, the productivity increase was 3.7 c/ha, which is 18.1 %. Mars EL was more effective, with a yield increase of 4.2 c/ha, or 20.6 %. When using these preparations without seed inoculation, the yield increase was 2.4–2.8 c/ha, respectively.

Keywords: soybean, growth stimulant, inoculation, productivity, leaf area.

Вплив стимуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу України

Т. П. Шепілова | Д. І. Петренко | С. М. Лещенко | К. В. Васильковська | О. Г. Андрейченко

Центральноукраїнський
національний технічний
університет,
м. Кропивницький,
Україна

В степовій зоні України урожайність сої дуже часто визначається недостатньою кількістю опадів та високими температурами під час утворення та наливу насіння, що викликає втрату врожаю, відповідно, є потреба вивчення елементів технології вирощування з застосуванням ефективних сучасних стимуляторів росту, що збільшують стійкість рослин до несприятливих факторів зовнішнього середовища, регулюють процеси росту, посилюють метаболізм рослин та реалізацію генетичного потенціалу нових сортів сої в складних посушливих умовах вирощування. Мета досліджень – виявити вплив стимуляторів росту та інокуляції насіння на розвиток рослин середньостиглого сорту сої Азимут в умовах Північного Степу України. Завдання – визначити вплив обробки посівів препаратами на площу листя, кількість бульбочок, висоту рослин, насінневу продуктивність сої. Дослідження проводилися протягом 2022–2024 рр. у Кіровоградській області. Польовий дослід включав два фактори. Фактор А (інокуляція насіння): 1) Контроль (без інокуляції), 2) БіоМаг Соє (2 л/т). Фактор В (стимулятори росту): 1) Контроль (без обробки), 2) Ерайз 1,5 л/га, 3) Атонік Плюс 0,2 л/га, 4) Гуміфілд 0,1 кг/га, 5) Марс ЕЛ 0,5 л/га. Інокуляцію насіння проводили в день сівби, обробку посівів стимуляторами росту у фазі бутонізації сої. В результаті досліджень встановлено, що використання стимуляторів росту та біопрепарату сприяло підвищенню площі листової поверхні рослин, висоти рослин та кількості бульбочок. Інокуляція насіння БіоМаг сприяла збільшенню площі листової поверхні рослин у фазі утворення бобів на 36–67 см² відносно контролю. Вищу ефективність показали стимулятори росту Гуміфілд та Марс ЕЛ, де висота рослин збільшувалась на 4,9–8,4 см. Застосування стимулятора росту Марс ЕЛ на фоні біопрепарату БіоМаг сприяло збільшенню площі листя до абсолютного контролю на 223 см² (25,1 %), висоти рослин – на 11 см (14,6 %), кількості бульбочок – на 15,7 шт. (49,4 %), маси насіння – на 1,93 г/росл. (38,4 %). Під впливом стимулятора росту Гуміфілд на фоні БіоМаг прибавка врожаю становила 3,7 ц/га, що складає 18,1 %. Більшою ефективністю відзначився препарат Марс ЕЛ, де прибавка врожаю була 4,2 ц/га, або 20,6 %. При застосуванні вказаних препаратів без інокуляції насіння врожай становив відповідно 2,4–2,8 ц/га.

Ключові слова: соя, стимулятор росту, інокуляція, урожайність, площа листя.**Бібліографічний опис для цитування:** Шепілова Т. П., Петренко Д. І., Лещенко С. М., Васильковська К. В., Андрейченко О. Г. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 11–14.

Вступ

Сої в агропромисловому комплексі України належить вагомe місце як білково-олійній культурі, що широко застосовується у різних галузях [1–3]. На сьогодні вона є рентабельною культурою, забезпечує гарантований прибуток сільськогосподарським виробникам та служить гарним попередником в сівозміні [4–6]. Урожайність сої значною мірою залежить від технології вирощування, сорту та ґрунтово-кліматичних умов [7, 8]. В зоні Степу України продуктивність сої обмежена зазвичай нестачею опадів та високими температурами, що обумовлює значні недобори врожаю. Виникає потреба більш детального вивчення ефективних елементів технології вирощування для реалізації генетичного потенціалу нових сортів сої в складних посушливих умовах північного Степу України [9–11]. Важливим напрямом збільшення виробництва сої є застосування енергоощадних елементів технології із використанням рістрегулюючих речовин та добрив як ефективних елементів підживлення рослин [12, 13]. Під їх впливом підвищується стійкість до несприятливих погодних умов регіону, високих температур, нестачі опадів та збільшується врожайність культур. Фізіологічно активні речовини стимулюють процеси росту та посилюють метаболізм рослин [9, 14, 15].

Дослідження ефективності дії стимуляторів росту в умовах Лісостепу України свідчить, що сумісне їх застосування з інокуляцією насіння сприяло збільшенню врожайності сої сорту Романтика на 4,5 ц/га, сорту Аннушка – на 2,1 ц/га порівняно з контролем [12].

В результаті досліджень проведених в умовах Полтавської області встановлено, що використання стимулятора росту Емістим збільшує врожайність на 3,0–5,0 ц/га. На фоні інокуляції насіння прибавка врожаю була 6,0 ц/га. У різних сортів сої регулятори росту на фоні бактеріальних добрив сприяли збільшенню врожайності на 17–28 % та вмісту білку на 1,1–2,1 % [13].

За результатами досліджень Інституту сільського господарства Степу НААН виявлено, що комплексне застосування регулятора росту Вимпел для обробки насіння та обприскування посівів у фазі гілкування сої забезпечує прибавку врожаю 3,4 ц/га, при цьому збільшувались показники елементів структури врожаю та вмісту олії в насінні [6].

Виявлено позитивний вплив рістрегулюючих речовин на симбіотичну діяльність сої. Застосування препаратів Стимпо і Біосил посилювало функціонування симбіотичного апарату сої в 1,5 рази, збільшувалась кількість бульбочок на 18–29 %. Зростання кількості бобів з рослини відмічено в межах 15–26 % та висоти їх прикріплення, що є важливим для зменшення втрат зерна при збиранні [12].

Отже, важливим питанням є вивчення ефективності застосування нових сучасних стимуляторів росту на урожайність вітчизняних сортів сої в умовах північного Степу України.

Мета дослідження

Мета досліджень – виявити вплив стимуляторів росту та інокуляції насіння на розвиток рослин середньостиглого сорту сої Азимут в умовах Північного Степу України.

Завдання визначити вплив обробки посівів препаратами на площу листя, кількість бульбочок, висоту рослин, насінневу продуктивність сої.

Матеріали і методи

Дослідження проводили протягом 2022–2024 рр. в умовах північного Степу України. Ґрунт дослідного поля чорнозем звичайний середньогумусний важкосуглинковий. Вивчали середньостиглий сорт сої Азимут.

Дослід закладали методом розщеплених ділянок. Фактор А (інокуляція насіння): 1). Контроль (без інокуляції), 2). БіоМаг Соя (2 л/т). Фактор В (стимулятори росту): 1) Контроль (без обробки), 2) Ерайз 1,5 л/га, 3) Атонік Плюс 0,2 л/га, 4) Гуміфілд 0,1 кг/га, 5) Марс EL 0,5 л/га. Інокуляцію насіння проводили в день сівби, обробку посівів стимуляторами росту у фазі бутонізації сої.

Результати та їх обговорення

Відомо, що площа листкової поверхні рослин сої визначає фотосинтетичний потенціал посіву, здатність засвоювати сонячну енергію, нагромаджувати органічну речовину та формувати продуктивність культури в цілому [16–18]. Застосування стимуляторів росту та бактеріальних добрив впливає на особливості розвитку, живлення рослин та визначає параметри площі листя. Використання рістрегулюючих речовин посилює стійкість до несприятливих погодних умов, сприяє формуванню більших показників площі листя, висоти рослин та інтенсивному формуванню симбіотичного апарату [14, 19].

Встановлено, що інокуляція насіння сприяла збільшенню площі листкової поверхні рослин у фазі утворення бобів на 36–67 см² відносно контролю. При застосуванні стимулятора росту Ерайз площа листя збільшувалась на 68 см², Гуміфілд – на 99 см², Марс EL – на 156 см². На фоні інокуляції насіння площа листя збільшувалась відповідно на 86, 103 та 187 см² (табл. 1).

Застосування препаратів сприяло збільшенню висоти рослин. Так, на фоні інокулянту БіоМаг вона була більшою на 2,5–3,6 см. Вищу ефективність показали стимулятори росту Гуміфілд та Марс EL, де висота рослин збільшувалась на 5,0–8,3 см, на фоні бактеризації насіння – на 4,9–8,4 см. Застосування Ерайз мало впливало на висоту рослин сої, під впливом Атонік Плюс вона збільшувалась на 3,0 см.

Дослідженнями доведено позитивний вплив бактеріальних добрив на симбіотичний апарат сої, за рахунок активації розвитку кореневої системи рослин [8, 17].

Інокуляція насіння БіоМаг сприяла збільшенню кількості бульбочок на коренях сої на 20,1–25,6 %. Застосування стимуляторів росту Гуміфілд і Марс EL

забезпечило приріст числа бульбочок на 22,3–27,4 %, на фоні бактеризації насіння – на 20,7–22,7 %.

Таблиця 1

Вплив препаратів на площу листової поверхні та кількість бульбочок (2022–2024 рр.)

Інокуляція насіння	Стимулятори росту	Площа листової поверхні, см ² /росл.	Висота рослин, см	Кількість бульбочок, шт./росл.
Контроль (без інокуляції)	Контроль (без обробки)	889	75,2	31,8
	Ерайз 1,5 л/га	957	75,8	33,4
	Атонік Плюс 0,2 л/га	911	78,3	32,8
	Гуміфілд 0,1 кг/га	988	80,2	38,9
	Марс EL 0,5 л/га	1045	83,5	40,5
БіоМаг Соя	Контроль (без обробки)	925	77,8	38,7
	Ерайз 1,5 л/га	1011	79,4	40,1
	Атонік Плюс 0,2 л/га	954	80,8	41,2
	Гуміфілд 0,1 кг/га	1028	82,7	46,7
	Марс EL 0,5 л/га	1112	86,2	47,5

Отже, більшою ефективністю відзначився стимулятор росту Марс EL, де сформувалась більша площа листової поверхні 1112 см², висота рослин – 86,2 см, кількість бульбочок – 47,5 шт.

Застосування бактеріальних добрив і рістрегулюючих речовин сприяє формуванню більших параметрів насінневої продуктивності [7, 11, 20].

Маса насіння з рослини збільшувалась залежно від застосування інокуляції та стимуляторів росту (*табл. 2*). Обприскування посівів препаратами сприяло збільшенню маси насіння на 0,54–1,46 г/росл., комплексно при інокуляції насіння – на 0,85–1,93 г/росл., що складає 16,9–38,4 %.

Таблиця 2

Вплив препаратів на масу насіння та врожайність сої (2022–2024 рр.)

Інокуляція насіння (фактор А)	Стимулятори росту (фактор В)	Маса насіння, г/росл.	Маса насіння, г/м ²	Урожайність, ц/га
Контроль (без інокуляції)	Контроль (без обробки)	5,02	294	20,4
	Ерайз 1,5 л/га	5,56	335	21,5
	Атонік Плюс 0,2 л/га	5,89	362	21,2
	Гуміфілд 0,1 кг/га	6,35	395	22,8
	Марс EL 0,5 л/га	6,48	407	23,2
БіоМаг Соя	Контроль (без обробки)	5,42	332	21,6
	Ерайз 1,5 л/га	5,87	367	22,8
	Атонік Плюс 0,2 л/га	6,02	378	22,7
	Гуміфілд 0,1 кг/га	6,87	445	24,1
	Марс EL 0,5 л/га	6,95	456	24,6
НІР ₀₅ по фактору А				0,8
НІР ₀₅ по фактору В				1,1
НІР ₀₅ по фактору АВ				1,4

Насіннева продуктивність з одиниці площі була в межах 294–456 г/м². Під впливом стимуляторів росту Гуміфілд і Марс EL приріст до контролю становив 101–113 г/м², комплексно з біопрепаратом – 110–121 г/м², що складає 37,4–41,2 %. Під впливом Ерайз і Атонік Плюс маса насіння була більшою, ніж у контролі на 41–69 г/м².

Урожайність сої при інокуляції насіння збільшувалась на 1,2–1,5 ц/га. Стимулятор росту Атонік Плюс не справ істотному збільшенню врожайності, прибавка становила 0,8 ц/га, при застосуванні Ерайз – 1,1 ц/га. Більшу прибавку врожаю отримали при використанні препаратів Гуміфілд і Марс EL, де вона була 2,4–2,8 ц/га, на фоні інокуляції відповідно 2,5–3,0 ц/га. При комплексному застосуванні бактеризації та стимуляторів росту прибавка врожаю була при Ерайз та Атонік Плюс 2,3–2,4 ц/га, Гуміфілд – 3,7 ц/га, Марс EL – 4,2 ц/га.

Висновки

Використання стимуляторів росту та біопрепарату сприяло підвищенню площі листової поверхні рослин, висоти рослин та кількості бульбочок. Застосування стимулятора росту Марс EL на фоні біопрепарату БіоМаг сприяло збільшенню площі листя до абсолютного контролю на 223 см² (25,1 %), висоти рослин – на 11 см (14,6%), кількості бульбочок – на 15,7 шт. (49,4 %), маси насіння – на 1,93 г/росл. (38,4 %).

Під впливом стимулятора росту Гуміфілд на фоні БіоМаг прибавка врожаю становила 3,7 ц/га, що складає 18,1 %. Більшою ефективністю відзначився препарат Марс EL, де прибавка врожаю була 4,2 ц/га, або 20,6 %. При застосуванні вказаних препаратів без інокуляції насіння прибавка врожаю становила відповідно 2,4–2,8 ц/га.

Перспективи подальших досліджень. Планується подальше вивчення ефективності дії сучасних стимуляторів росту та біопрепаратів на продуктивність нових сортів сої в умовах Степу України.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Tkachenko, L. Yu., Rudavska, N. M., Tymchyshyn, O. F., Konyk, H. S., Stasiv, O. O. (2024). Influence of cultivation technology elements on soy productivity. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 75 (2), 138–146. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-2-12](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-2-12)
2. Pelekh, L. (2021). Influence of cultivation technology elements on the formation of soybean productivity in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Agriculture and Forestry*, 2, 109–119. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-2-9>
3. Rebonatti, M. D., Cordeiro, C. F. dos S., Volf, M. R., Gomes da Silva, P. C., & Tiritan, C. S. (2023). Effects of silage crops between crop seasons on soybean grain yield and soil fertility in tropical sandy soils. *European Journal of Agronomy*, 143, 126685. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126685>
4. Bakhmat, O., & Fedoruk, I. (2017). Osnovy adaptivnoi sortovoi tekhnologii vyroshchuvannya soi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. *Aktualni pytannia suchasnykh tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur v umovakh zmin klimatu : zbirnyk naukovykh prats Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. (P. 174–176). Kamianets-Podilskyi [in Ukrainian]
5. Vasylenko, M. H., Stadnyk, A. P., Dushko, P. M., Draha, M. V., Kichihina, O. O., Zatsarina, Yu. O., & Perets, S. V. (2018). Crop yield and seed quality of agricultural crops under using plants growth regulators. *Agroecological Journal*, 1, 96–101. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161350>
6. Shepilova, T. P. (2019). The influence of growth regulators on soybean productivity in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 80–84. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.10>
7. Shevchuk, O. A., Holunova, L. A., Tkachuk, O. O., Shevchuk, V. V., & Kryklyva, S. D. (2017). Perspektivi zastosuvannya syntetichnih reguliatoriv rostu inhibitorynogo tipu u roslinnictvi ta yih ekologichna bezpeka. *Kormi i Kormovirobnictvo*, 84, 86–90. [in Ukrainian]
8. Kuczyński, J., Twardowski, T., Nawracała, J., Gracz-Bernaciak, J., & Tyczewska, A. (2020). Chilling stress tolerance of two soya bean cultivars: Phenotypic and molecular responses. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206 (6), 759–772. <https://doi.org/10.1111/jac.12431>
9. Hanhur, V. V., Pypko, O. S., & Prokopiv, O. O. (2021). Soybean productivity depending on technology of pre-sowing tillage and inoculation. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 85–90. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.10>
10. Kots, S. Ya., & Gryshchuk, O. O. (2015). Phytohormones in the formation and functioning of symbiotic relationships of leguminous plants and nodule bacteria. *Plant Physiology and Genetics*, 3, 187–206.
11. Vasilenko, M. G. (2015). Agroekologichne obgruntuvannya zastosuvannya novih vitchyznyanih dobriv i reguliatoriv rostu v agroekosistemah Lisostepu i Polissya Ukraini. *Doctor's thesis*. NAAN Ukrainy, Instytut ahroekologhii i pryrodokorystuvannya, Kyiv [in Ukrainian]
12. Cherenkov, A. V., Klysha, A. I., Hyrka, A. D., & Kulnich, O. O. (2014). *Zernobobovi kultury: suchasni tekhnologii vyroshchuvannya: monohrafiia*. Dnipropetrovsk. Aktsent PP [in Ukrainian]
13. Romanko, A. Yu. (2021). Formuvannya produktyvnosti soi zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannya v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Doctor's thesis*. Sumskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet, Sumy [in Ukrainian]
14. Shovkova, O. V. (2014). Production status of soybeans in Ukraine and in the Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 106–110. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.04.19>
15. Gumenyuk, I. I., Gruzinskij, C. Yu., Brovko, I. S., & Chabanyuk, Ya. V. (2018). Soybean root system under the effect of Bradyrhizobium japonicum. *Agroecological Journal*, 1, 138–143. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161572>
16. Naydenova, G., & Georgieva, N. (2019). Study on seed yield components depending on the duration of vegetation period in soybean. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (1), 49–54. Retrieved from: <https://www.agrojournal.org/25/01-07.pdf>
17. Shepilova, T., Petrenko, D., Skrynnik, I., Karpushyn, S., & Leshchenko, S. (2020). Soybean productivity depending on fertilizers in the northern steppe of Ukraine. *Research on Crops*, 21 (1), 65–69. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.010>
18. Khojely, D. M., Ibrahim, S. E., Sapey, E., & Han, T. (2018). History, current status, and prospects of soybean production and research in sub-Saharan Africa. *The Crop Journal*, 6 (3), 226–235. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.03.006>
19. Kalenska, S. M., & Novytska, N. V. (2020). Efficiency of nano preparations in soybean growing technology. *Plant and Soil Science*, 11 (3), 7–21. <https://doi.org/10.31548/agr2020.03.007>
20. Andriets, D. V. (2013). Upravlinnia produktyvnosti soi za intensyfikatsii tekhnologii vyroshchuvannya u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Extended abstract of candidate's thesis*. Natsionalnyi universytet biosursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy, Kyiv [in Ukrainian]

ORCID

- | | | |
|-----------------|---|---|
| T. Shepilova |  | https://orcid.org/0000-0002-1439-0439 |
| D. Petrenko |  | https://orcid.org/0000-0002-3151-8123 |
| S. Leshchenko |  | https://orcid.org/0000-0001-9339-4691 |
| K. Vasylovskva |  | https://orcid.org/0000-0002-3524-4027 |
| O. Andreychenko |  | https://orcid.org/0009-0003-0651-0263 |



2025 Shepilova T. 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 plant density and fertilization on winter rapeseed yield

A. Drobitko✉

Article info

Correspondence Author

A. Drobitko

E-mail:

adrobitko@agroprosperis.com

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Drobitko, A. (2025). Effect of plant density and fertilization on winter rapeseed yield. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 15–19. doi: 10.31210/spi2025.28.01.03

The aim of this review was to determine the influence of plant density and fertilization on winter rapeseed yield, considering varietal and regional characteristics, to enhance the efficiency of crop cultivation under current economic and climatic conditions. Winter rapeseed is an important crop used in the food industry and for the production of renewable energy sources, necessitating an increase in its yield and cultivation efficiency. The article examines the key factors affecting winter rapeseed productivity: plant density and fertilization systems. It was established that the optimal plant density depends on the region, sowing dates, and growing conditions. According to research, the optimal density for winter rapeseed hybrids is 30–60 plants/m², while for cultivars, it is 80–100 plants/m². Late sowing dates require an increase in plant density by 20–50 %, as underdeveloped crops are more vulnerable to winter conditions. The article also highlights fertilization as another critical factor influencing yield. Winter rapeseed has a high demand for micro- and macronutrients, including nitrogen, phosphorus, potassium, and sulfur. To ensure stable growth and development, optimal application rates are: nitrogen fertilizers at 150–200 kg/ha, phosphorus at 60–90 kg/ha, potassium at 80–120 kg/ha, and sulfur at 20–40 kg/ha. The sensitivity of winter rapeseed to deficiencies in boron, molybdenum, zinc, and other micronutrients, which enhance plant stress resistance, is also noted. The study results indicate that optimizing plant density and fertilization systems can increase winter rapeseed yield by 40–60 % and the oil content in seeds to 50–55 %. Moreover, ensuring optimal density and fertilization parameters reduces cultivation costs by minimizing seed and chemical fertilizer use. The article provides recommendations for seeding rates, fertilization systems, and plant density management, tailored to the regions of Ukraine. The findings are of practical significance for optimizing winter rapeseed cultivation technologies, improving the profitability of production, and enhancing the environmental sustainability of agricultural systems.

Keywords: *Brassica napus* L., seeding rate, sowing dates, climatic conditions, optimization, profitability.

Вплив густоти стояння й удобрення на врожайність ріпаку озимого

A. М. Дробітько

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Мета проведеного огляду полягала у визначенні впливу густоти стояння рослин і удобрення на врожайність ріпаку озимого з урахуванням сортових та регіональних особливостей для підвищення ефективності вирощування культури в сучасних економічних і кліматичних умовах. Ріпак озимий є важливою культурою, яка використовується в харчовій промисловості та для виробництва відновлюваних джерел енергії, що зумовлює необхідність підвищення її врожайності й ефективності вирощування. У статті розглянуто ключові фактори, які впливають на продуктивність ріпаку озимого: густота стояння рослин та система удобрення. Встановлено, що оптимальна густота стояння залежить від регіону, строків сівби й умов вирощування. Згідно з дослідженнями, оптимальною густотою для ріпаку озимого є 30–60 рослин/м² для гібридів і 80–100 рослин/м² для сортів. Пізні строки сівби потребують підвищення густоти на 20–50 %, оскільки слабо розвинені посіви вразливі до зимових умов. У статті також визначено, що удобрення є ще одним критично важливим чинником, який впливає на врожайність. Культура має високу потребу в мікро- та макроелементах, серед яких азот, фосфор, калій і сірка. Для забезпечення стабільного росту й розвитку рослин оптимальними є норми внесення азотних добрив на рівні 150–200 кг/га, фосфорних і калійних – 60–90 і 80–120 кг/га відповідно, сірки – 20–40 кг/га. Також відзначено чутливість ріпаку озимого до нестачі бору, молібдену, цинку й інших мікроелементів, які підвищують стійкість рослин до стресів. Результати дослідження свідчать, що оптимізація густоти стояння рослин і системи удобрення сприяє підвищенню врожайності ріпаку озимого на 40–60 % та вмісту олії в насінні до 50–55 %. Крім того, забезпечення оптимальних параметрів густоти та удобрення дозволяє знизити собівартість вирощування культури за рахунок зменшення використання насіння та хімічних добрив. У статті наведено рекомендації щодо норм висіву насіння, системи удобрення та управління густотою стояння рослин залежно від регіону України. Результати дослідження мають практичне значення для оптимізації технологій вирощування ріпаку озимого, підвищення рентабельності його виробництва та покращення екологічної стійкості агросистем.

Ключові слова: *Brassica napus* L., норма висіву, терміни сівби, кліматичні умови, оптимізація, рентабельність.

Бібліографічний опис для цитування: Дробітько А. М. Вплив густоти стояння й удобрення на врожайність ріпаку озимого. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 15–19.

Ріпак вирощується в усьому світі та відіграє важливу роль у забезпеченні належного харчування. Крім того, зростаючий попит на цю культуру стимулюється його дедалі більшим використанням як відновлюваного джерела енергії [1, 2]. Отже, постає необхідність у збільшенні врожайності культури, що, в першу чергу, ґрунтується на використанні сучасних високоврожайних сортів і гібридів. Їх переваги полягають у збільшеній врожайності (5,0–6,5 т/га за оптимальних умов), підвищеній стійкості до несприятливих факторів (хвороб, шкідників, кліматичних умов), покращеній якості насіння (вміст олії до 50–55 % зі збалансованим хімічним складом, низьким вмістом глюкозинолатів), економічній ефективності через зменшення собівартості (завдяки меншій потребі у хімічних засобах захисту рослин та добривах) і збільшенню доходу (завдяки підвищенню врожайності) [3–5].

З урахуванням складної ситуації в Україні, що обумовлена війною, економічними, соціальними, логістичними та кліматичними факторами, виробники зацікавлені у підвищенні рентабельності аграрного виробництва, що спонукає їх використовувати безпосередньо ріпак озимий [6]. Так, його основними перевагами відносно ріпаку ярого можна зазначити: формування вищої на 20–60 % врожайності з більшим вмістом олії в насінні; краще використання доступних ресурсів (вологи, поживних речовин) завдяки тривалому періоду вегетації та потужній кореневій системі; більш раннє використання весняного тепла завдяки швидкому відновленню вегетації після зими; стабільна врожайність навіть за несприятливих умов, оскільки він має змогу краще адаптуватися до змін погоди; рівномірне досягання стручків, що полегшує збирання врожаю [7–12].

В той же час, занадто велика кількість сортів і гібридів ріпаку озимого, що налічує близько 400 назв у Державному реєстрі сортів рослин України [13], створює проблему для виробників при забезпеченні оптимальних умов вирощування, серед яких ключовими є густота стояння рослин і удобрення, з метою забезпечення успішної перезимівлі культури [14].

Вплив густоти стояння рослин на врожайність ріпаку озимого.

Одним із методів оптимізації врожайності ріпаку та інших культурних рослин є регулювання густоти посівів [15, 16]. Збільшення кількості рослин на одиницю площі пов'язане з кращим використанням ріллі та кращим освітленням, але це не завжди призводить до вищої врожайності [17–20]. Невідповідний вибір параметрів архітектури рослинного покриву (надто висока густота рослин) може призводити до порушень у запиленні квіток та транспорту асимілятів до насінневих зачатків [21]. Також надмірно висока густота рослин може погіршувати умови освітлення та постачання CO₂ до рослин усередині рослинного покриву, а також

збільшувати їхню сприйнятливість до інфекцій патогенів [22].

Висока щільність посіву призводить до сильної конкуренції, а також збільшує потенціал співпраці, таким чином створюючи різницю між індивідуальною та груповою продуктивністю [23]. Зі збільшенням густоти посіву зменшується ефективна кількість гілок і стручків на рослині, що супроводжується необхідністю коригування компонентів урожаю з одиниці площі [15, 17].

Низька густота рослин (<X рослин/м²) може компенсуватися високою продуктивністю на рівні однієї рослини. Деякі дослідження, спрямовані на оцінку толерантності культурних рослин до впливу пестицидів, порівняння сортів культур і продуктивності ріпаку озимого, використовують кількість рослин на одиницю площі або індекс площі листя (LAI) як параметри густоти покриву. Автори досліджень [20, 24, 25] зосередились на фактичній площі листя як параметрі архітектури рослинного покриву.

Результати дослідження [17] свідчать про поступове зменшення площі листя на одну рослину у відповідь на збільшення густоти рослин, хоча площа листя на м² та індекс площі листя були вищими у рослин з високою густотою. Також зі збільшенням густоти рослин зменшувались кількість ефективних гілок і стручків на гілці. При цьому, не було виявлено суттєвих відмінностей у середній масі насіння рапсу залежно від густоти, але середня кількість насіння в одному стручку була значно нижчою у рослин із високою густотою. В результаті, економічно найвищі врожаї насіння були отримані у рослин із відносно високою густотою.

Максимальна продуктивність рослин, що зростають за оптимальної густоти, залежить від виду, умов середовища й агрономічних факторів [19]. Так, в Європі оптимальна густота посадки рапсу озимого становить близько 80–150 рослин/м² перед зимою і 60–80 рослин/м² на початку весни [26].

Ріпак має здатність компенсувати недоліки в щільності стеблостою завдяки інтенсивному гілкуванню. Існує тісний зв'язок між термінами сівби та густотою посіву. При пізньому висіванні густоту рекомендується збільшувати на 20–50 %, оскільки сходи на більш пізніх етапах зазвичай менш щільні, рослини гірше підготовлені до зими та формують менше бічних пагонів. Для забезпечення високого врожаю важливо, щоб до моменту збирання врожаю густота стояння становила 20–50 рослин/м² за умови достатнього живлення [27].

Отже, густота стояння рослин ріпаку залежить від термінів сівби, регіону, обраного сорту чи гібриду. Так, за результатами багаторічних досліджень в агрокліматичних умовах України пропонується для гібридів ріпаку озимого дотримуватись наступних показників густоти стояння рослин (*табл. 1*):

Таблиця 1

Оптимальна густота стояння рослин рапсу озимого залежно від строків сівби та регіону України

Строки сівби	Східні та південні регіони	Центральні регіони	Західні та північні регіони	Густота стояння, тис. шт./га ¹
Ранні	15–25 серпня	10–20 серпня	5–15 серпня	350–450
Оптимальні	25 серпня – 5 вересня	20–30 серпня	15–25 серпня	450–650
Пізні	5–15 вересня	30 серпня – 5 вересня	25–30 серпня	650–700
Критично пізні	15–30 вересня	5–10 вересня	30 серпня – 5 вересня	до 850

Примітка: ¹Менші показники розраховано за сівби у сприятливих агрокліматичних умовах, вищі – у несприятливих умовах.

Джерело: [28].

У разі пізньої сівби (на початку вересня) навіть слабо розвинені посіви змушені переходити до стеблуння навесні через збільшення тривалості дня. При цьому знижується кількість бічних пагонів через домінування головного пагона та верхніх бічних. Швидке стеблуння, спричинене високими температурами в період із кінця березня до середини квітня, також призводить до абортів нижніх бічних пагонів. Значна затримка з сівбою зменшує рівень перезимівлі рослин на 30–50 %, а в окремих випадках може призвести до повної загибелі. Водночас ранні посіви восени переростають, утворюючи надлишкову вегетативну масу, що підвищує ризик вимерзання або випрівання [29].

Таким чином, для забезпечення оптимальної густоти необхідно дотримуватись норми висіву насіння, що залежить від наступних параметрів: сортових особливостей сорту чи гібриду; лабораторної та польової схожості; типу ґрунту; строків і способів сівби; вологозабезпеченості на момент посіву; температурного та водного режимів регіону [28]. Керуючи оптимальною густотою рослин можна зменшити до певних меж кількість рослин ріпаку на одиницю площі, тим самим зменшити обсяги дорогоцінного сертифікованого насіння для посіву. При цьому необхідно враховувати, що занадто мала густота рослин призводить до ризику зниження врожайності. Це може бути виправдано, наприклад, в екстенсивному або органічному землеробстві, де широкі рядки створюють можливість механічного прополювання [30, 31].

Оптимальна густота стояння залежить від умов і часу сівби. У разі пізнього висіву або несприятливих умов рослини формують не більше восьми листків, тому густота стояння повинна становити 40–50 рослин/м². За раннього сівби та сприятливих умов ріпак може сформувати понад 12 листків, тому слід уникати надмірного росту. Перед зимівлею ріпак повинен також мати діаметр кореневої шийки в межах 8–12 мм, за висоти рослин 10–15 см з діаметром розетки 15–20 см. У таких випадках оптимальна густота не повинна перевищувати 40 рослин/м², а для рівномірного розвитку рекомендується орієнтуватися на 25 рослин/м². Згідно з дослідженнями, оптимальна густота для гібридів ріпаку становить 30–60 рослин/м², а для сортів – 80–100 рослин/м² [27, 28], що сприяє формуванню та редукції генеративних органів від початку цвітіння до збирання врожаю [32].

Для забезпечення необхідної густоти рослин норма висіву для сортів має становити 0,9–1,2 млн схожих насінин на гектар або 4,0–6,0 кг/га. Гібриди висівають із нижчою нормою – 3,0–3,6 кг/га. У разі сівби в оптимальні строки норму можна зменшити до 2,5–3,0 кг/га. Якщо ріпак вирощується на зеленому кормі, норму висіву збільшують до 6,0–10,0 кг/га [29].

Загущення посівів призводить до витягування рослин, що спричиняє підняття точки росту над рівнем ґрунту, знижуючи їх стійкість до морозів. При ранніх термінах сівби є можливість використання регуляторів росту, які впливають на осінній розвиток рослин, підвищуючи їхню зимостійкість і майбутню врожайність. У свою чергу, пізній посів обмежує розвиток рослин перед зимою, що збільшує ризик їх вимерзання. Поля з густотою стояння рослин менше 15 рослин/м² слід пересівати [27].

Вплив удобрення на врожайність ріпаку озимого.

Удобрення є одним із ключових агротехнічних факторів, що призводить до підвищення вмісту поживних речовин у ґрунті і сприяє зростанню врожайності рослинних культур [33, 34]. Саме збалансоване надходження поживних речовин визначає продуктивність ріпаку озимого та забезпечує розвиток розетки до зими, поряд з дотриманням строків та норм висіву [35]. Ефективне використання мінеральних і органічних добрив забезпечує рослини необхідними елементами живлення, сприяє їх стійкості до стресових умов та формує високоякісний урожай [36, 37]. Для зменшення хімічного навантаження на рослини та навколишнє середовище набуло широкого використання спільне внесення мінеральних добрив з гуміновими речовинами, які сприяють пришвидшенню процесу потрапляння макро- та мікроелементів до рослин [38–40].

Ріпак озимий є культурою з високою потребою в мікро- і мароелементах, особливо: азоту (N) – для забезпечення росту вегетативної маси, формування стручків і насіння; фосфору (P) – сприяння розвитку кореневої системи та підвищенню морозостійкості; калію (K) – покращення водного балансу рослин, стійкості до посухи та хвороб, забезпечення формування якісного насіння; сірки (S) – необхідна для синтезу олії та білків [41–43].

Оптимальною нормою внесення азоту вважається доза 150–200 кг/га діючої речовини, залежно від попередника, запасів азоту в ґрунті та планованої

врожайності. За внесення азоту в оптимальних дозах врожайність підвищується на 30–50 %. Однак, надмірне азотне удобрення може призводити до витягування рослин, зниження стійкості до вилягання та ураження хворобами [28].

Комплексне застосування фосфорних (P_2O_5) і калійних добрив (K_2O) у нормі 60–90 і 80–120 кг/га відповідно збільшує врожайність ріпаку на 20–30 %. Норма внесення сірки складає 20–40 кг/га, тоді як її нестача може знизити врожайність на 10–20 % через зупинку розвитку й абортацию стручків, зменшення кількості насіння у стручку та його щуплості [29].

Для визначення норми азотних добрив також рекомендовано множити заплановану врожайність на чотири. Зазначається, що для отримання 0,1 т насіння ріпаку озимого весь урожай накопичує приблизно 6 кг азоту [44]. Крім того, потреба ріпаку у фосфорі та калії вища, ніж у зернових культур. На кожну тонну врожайності він поглинає 22 кг/га фосфору та 50 кг/га калію [45].

Також ріпак озимий чутливий до нестачі мікроелементів, таких як: бор (B) – покращує цвітіння та формування стручків, відіграє важливу роль у вуглеводному обміні, норма внесення восени – 1–3 кг/га; молібден (Mo) – важливий для азотного обміну; цинк (Zn), мідь (Cu), марганець (Mn) – покращують загальний стан рослин і стійкість до стресів [46].

Внесення добрив для вирощування ріпаку озимого можна проводити як [39]:

1. Передпосівне: основні дози фосфору, калію та частина азоту.

2. Весняне підживлення: основна доза азоту та сірки для підтримки вегетації.

3. Позакореневе підживлення: мікроелементи та додаткові дози макроелементів у критичні фази розвитку (фаза бутонізації та наливу стручків).

Восени ріпак не потребує значної кількості добрив, однак важливо дотримуватися правильного балансу: близько 15–20 % азоту і калію та 10 % фосфору від загальної норми. Після зими потреба ріпаку в поживних речовинах значно зростає, особливо у період від фази галушення до завершення цвітіння. У цей час значно збільшується і кількість необхідних добрив: рослини засвоюють 60–65 % азоту, 70–75 % фосфору та 80–85 % калію [30].

Таким чином, за збалансованого та комплексного застосування добрив врожайність ріпаку озимого може зростати на 40–60 % з підвищенням вмісту олії в насінні до 50–55 %.

Висновки

Метою проведеного огляду було дослідження впливу густоти стояння рослин й удобрення ріпаку озимого на його врожайність з огляду на перспективність культури та сучасний стан аграрного сектора України. Виявлено, що оптимальна густота стояння ріпаку озимого забезпечує раціональне використання природних ресурсів, мінімізує втрати врожайності та

сприяє зниженню витрат на вирощування. Визначено, що оптимальні дози та фази внесення добрив дозволяють ефективно використовувати аграрний потенціал ґрунтів і задовольняти потреби культури, що є особливо важливим у сучасних умовах зростання попиту на ріпак. Отже, ефективне управління цими параметрами є важливим інструментом для підвищення врожайності ріпаку озимого в сучасному агропродовстві.

Водночас актуальним залишається дослідження впливу густоти стояння та системи удобрення сучасних гібридів ріпаку озимого в певних агрокліматичних умовах, що сприятимуть їх успішній перезимівлі та весняній вегетації для отримання потенційної врожайності й високої якості насіння.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Adamsen, F. J., & Coffelt, T. A. (2005). Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products*, 21 (3), 293–307. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.012>
2. Durrett, T. P., Benning, C., & Ohlrogge, J. (2008). Plant triacylglycerols as feedstocks for the production of biofuels. *The Plant Journal*, 54 (4), 593–607. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2008.03442.x>
3. Melnyk, A. V., Prisyazhnyuk, O. I., & Bondarchuk, I. L. (2016). Otsinka stabilnosti ta plastychnosti pokaznykiv urozhainosti sortiv ta hybrydiv ripaku ozymoho v ryznykh ahroklimatychnykh zonakh Ukrainy. *Visnyk Sumskoho NAU*, 9 (36), 145–149. [in Ukrainian]
4. Melnyk, A. V., Bondarchuk, I. L., & Prisyazhnyuk, O. I. (2017). Cluster analysis of winter rape varieties and hybrids yield capacity in different agro-climatic regions of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1–2, 7–12. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.1-2.01>
5. Tkachuk, O. P., Razanov, S. F., & Banul, S. O. (2024). Scientific principles of selection of varieties and hybrids of winter rapeseed. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 7, 175–181. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>
6. Tokarchuk, D. M. (2015). Suchasnyi stan, efektyvnist ta perspektyvy vyrobnytstva ripaku v YeS ta v Ukraini. *Ahrosvit*, 13, 19–32. [in Ukrainian]
7. Ma, L., Wang, X., Pu, Y., Wu, J., Coulter, J. A., Li, X., Wang, L., Liu, L., Fang, Y., Niu, Z., Yue, J., Bai, J., Zhao, Y., Jin, J., Chang, Y., & Sun, W. (2019). Ecological and economic benefits of planting winter rapeseed (*Brassica rapa* L.) in the wind erosion area of northern China. *Scientific Report*, 9, 20272. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56678-3>
8. Xu, L., Gao, Z. F., An, W., Yuan, Y. Q., & Li, Y. L. (2015). Low-temperature response and cold tolerance at spike differentiation stage of winter wheat varieties sowed in spring. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 26, 1679–1686.
9. Broniarz, J., & Paczocha, J. (2014). Oliseed and fibre crops. In E. S. Gacek (Ed.), *Descriptive List of Agricultural Plant Cultivars* (pp. 67–103). Poland: Słupia Wielka
10. Jankowski, K. J., Budzyński, W. S., Kijewski, L., & Zajac, T. (2015). Biomass quality of *Brassica* oilseed crops in response to sulfur fertilization. *Agronomy Journal*, 107, 1377–1391. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0386>
11. Sieling, K., & Kage, H. (2010). Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 271–279. <https://doi.org/10.1051/agro/2009036>
12. Veseth, R. (1987). Winter rape management research. *Crops and Varieties*, 5. Retrieved from: <https://pnwsteep.wsu.edu/pnw-conservation-tillage-handbook/winter-rape-management-research>
13. Derzhavnyi reestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. *Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslin*. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/ua/derzhavnyi-reestr> [in Ukrainian]

14. Korotkova, I., & Drobitko A. (2024). Effect of the sowing method and fertilization on the onset of winter rape in the *Forest-Steppe of Ukraine*. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 47–52. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.08>
15. Diepenbrock, W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, 67 (1), 35–49. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00082-4)
16. Hammer, G. L., Dong, Z. S., McLean, G., Dohert, A., Messina, C., Schussler, J., Zinselmeier, C., Paszkiewicz, S., & Cooper, M. (2009). Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. corn belt? *Crop Science*, 49, 299–312. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.03.0152>
17. Momoh, E. J. J., & Zhou, W. (2001). Growth and yield responses to plant density and stage of transplanting in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 186 (4), 253–259. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00476.x>
18. Sidlauskas, G., & Bernotas, S. (2003). Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research*, 1 (2), 229–243.
19. Hiltbrunner, J., Streit, B., & Liedgens, M. (2007). Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? *Field Crops Research*, 102 (3), 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.009>
20. Zhang, S., Liao, X., Zhang, C., & Xu, H. (2012). Influences of plant density on the seed yield and oil content of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Industrial Crops and Production*, 40, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.016>
21. Wang, X., Mathieu, A., Courmède, P. H., Allirand, J. M., Jullien, A., Reffey, P., & Zhang, B. G. (2011). Variability and regulation of the number of ovules, seeds and pods according to assimilate availability in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crop Research*, 122, 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.02.008>
22. Seassau, C., Dechamp-Guillaume, G., Mestries, E., & Debaeke, P. (2012). Low plant density can reduce sunflower premature ripening caused by *Phoma macdonaldii*. *European Journal of Agronomy*, 43, 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.07.002>
23. Weiner, J., Andersen, S. B., Wille, W. K. M., Griepentrog, H. W., & Olsen, J. M. (2010). Evolutionary agroecology: the potential for cooperative, high density, weed-suppressing cereals. *Evolutionary Applications*, 3 (5–6), 473–479. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00144.x>
24. Behrens, T., & Diepenbrock, W. (2006). Using hemispherical radiation measurements to predict weight-related growth traits in oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) canopies. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192, 465–474. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00231.x>
25. Andruszczak, S., Kwiecińska-Poppe, E., Kraska, P., & Pałys, E. (2012). The influence of some plant protection chemical means on leaf area and their tip angle of some winter spelt wheat varieties (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.). *Progress in Plant Protection*, 52, 163–166. <https://doi.org/10.14199/PPP-2012-031>
26. Ma, N., Yuan, J., Li, M., Li, J., Zhang, L., Liu, L., Naeem, M. S., & Zhang, C. (2014). Ideotype population exploration: growth, photosynthesis, and yield components at different planting densities in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *PLoS ONE*, 9 (12), e114232. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114232>
27. Khablak, S. (2022). Tekhnolohiia vyroshchuvannia ozymoho ripaku: pidhotovka ta sivba. *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/912-tehnologiya-viroshchuvannya-ozimogo-ripaku-pidgotovka-ta-sivba> [in Ukrainian]
28. Hustota vysivu ozymoho ripaku v zalezhnosti vid strokiv posivu. 2023. Posivmat. Retrieved from: https://posivmat.com.ua/hustota-visivu-ozymoho-ripaku-v-zalezhnosti-vid-strokov-posivu/?srsrlid=AfmBOopVXuY108Ea0jLx1Yti8Jar1_BB4foQSZrFLa8o2xa4A6-W0EW [in Ukrainian]
29. Buchatska, O. (2019). Tekhnolohiia vyroshchuvannia ripaku. Yak rozkryty potentsial nasinnia? *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://superagronom.com/articles/296-tehnologiya-viroshchuvannya-ripaku-vid-a-do-ya-yak-rozkryty-potentsial-nasinnia> [in Ukrainian]
30. Rošylo, K., & Pałys, E. (2014). New oilseed rape (*Brassica napus* L.) varieties – canopy development, yield components and plant density. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 64 (3), 260–266. <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.905625>
31. Yasnolob, I. O., Pysarenko, V. M., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Pestsova-Svitalka, O. S., Kononenko, Zh. A., & Pomaz, O. M. (2018). Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (2), 280–286. https://doi.org/10.15421/2018_339
32. Kuchtová, P., & Vašák, J. (2004). The effect of rapeseed stand density on the formation of generative organs. *Plant, Soil and Environment*, 50 (2), 78–83. <https://doi.org/10.17221/3685-PSE>
33. Hanhur, V., Marenych, M., Korotkova, I., Gamayunova, V., Len, O., Marinich, L., & Olepir, R. (2021). Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral fertilizers. *International Journal of Botany Studies*, 6 (5), 1298–1306.
34. Korotkova, I. V., & Drobitko, A. M. (2023). Pidzhyvlennia runtu dlia vysokoï vrozhaïnosti ta yakosti – ripak ozymyi. *Khimiia, biotekhnolohiia, ekolohiia ta osvita: zbirnyk materialiv VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
35. Velička, R., Pupalienė, R., Butkevičienė, L. M., & Kiaučūnienė, Z. (2012). Peculiarities of overwintering of hybrid and conventional cultivars of winter rapeseed depending on the sowing date. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 11 (1), 53–66.
36. Jankowski, K. J., Sokółski, M., & Szatkowski, A. (2019). The effect of autumn foliar fertilization on the yield and quality of winter oilseed rapeseeds. *Agronomy*, 9 (12), 849. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849>
37. Spychaj-Fabisiak, E., Murawska, B., & Pacholczyk, L. (2011). Values of quality traits of oilseed rape seeds depending on the fertilisation and plant density. *Journal of Elementology*, 16 (1), 115–124. <https://dx.doi.org/10.5601/jelem.2011.16.1.115-124>
38. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymi dobryvmi v tekhnolohiakh vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi. In T. O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhoty vidnovlennia tekhnohennozabrudnynykh terytorii i stvorennia statykh ekosystem: kolektyvna monohrafiia* (pp. 279–322). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
39. Korotkova, I., & Karasenko, V. (2023). Effect of fertilizer systems with humic preparation on yield and profitability of winter wheat cultivation. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 17–21. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.03>
40. Chaika, T. O. (2013). Environmental consequences of traditional agriculture. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 95–99. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.18>
41. Stepień, A., Wojtkowiak, K., & Pietrzak-Fiecko, R. (2017). Nutrient content, fat yield and fatty acid profile of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) grown under different agricultural production systems. *Chilean journal of agricultural research*, 77, 3. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392017000300266>
42. Narits, L. (2010). Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* subvar. *biennis*). *Agronomy Research*, 8 (III), 671–686.
43. Matsera, O. O. (2024). The impact of phosphorus fertilizers on winter rapeseed growth and yield. *Agriculture and Forestry*, 33, 32–41. <http://dx.doi.org/10.37128/2707-5826-2024-2-3>
44. Rathke, G.-W., Behrens, T., & Diepenbrock W. (2006). Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117 (2–3), 80–108. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.006>
45. Ekspert podilyvsia poradamy v koryhuvanni systemy zhyvlennia ripaku. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/10408-ekspert-podilyvsia-poradami-v-koryhuvanni-sistemi-zhyvlennia-ripaku> [in Ukrainian]
46. Sienkiewicz-Cholewa, U., & Kieloch, R. (2015). Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant, Soil and Environment*, 61 (4), 164–170. <https://doi.org/10.17221/24/2015-PSE>

ORCID

A. Drobitko 

<https://orcid.org/0009-0002-4005-556X>



2025 Drobitko 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.

Economic efficiency of different levels of mineral nutrition in amaranth growing technology

M. Tyrus 

Article info

Correspondence Author

M. Tyrus

E-mail:

tyrusmaria0408@gmail.comLviv National Environmental
University,
1, str. Volodymyra Velykoho,
Dublyany, Lviv district,
Lviv region, 80381, Ukraine**Citation:** Tyrus, M. (2025). Economic efficiency of different levels of mineral nutrition in amaranth growing technology. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 20–24. doi: 10.31210/spi2025.28.01.04

The article presents the results of research that became the basis for establishing indicators of economic efficiency of mineral fertilizer application rates when growing amaranth. According to the experimental scheme, seven fertilizer rates were studied: $N_0P_0K_0$ (control), $N_{40}P_{20}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{80}$, $N_{120}P_{40}K_{80}$, $N_{160}P_{60}K_{120}$, $N_{200}P_{80}K_{120}$, $N_{200}P_{80}K_{160}$. The research was conducted at the experimental field of the Lviv National University of Environmental Management on dark gray podzolized soil in 2019–2021 in the conditions of the western Forest-Steppe of Ukraine. It was found that increasing the rates of mineral fertilizer application when growing amaranth of the Kharkivskiy 1 variety contributed to increasing grain yield and improving economic efficiency indicators. It was found that the amount of technology costs for the $N_{200}P_{80}K_{160}$ mineral fertilizer rate is the highest and amounts to 52,130 UAH, which is twice as high as in the control. Fertilizer costs in this variant increased to 27,450 UAH. The cost price of 1 ton of amaranth grain, despite the increase in costs for cultivation technology, was in a rather narrow range and fluctuated within 10,087–10,682 UAH. This is explained by the high efficiency of mineral fertilizers in conditions of sufficient moisture, which ensured an increase in yield from 2.31 t/ha in the control to 4.88 t/ha with the application of $N_{200}P_{80}K_{160}$, i.e. by 2.57 t/ha. The net profit in the control without fertilizers was quite high and amounted to 33,067 UAH/ha. With the application of the $N_{40}P_{20}K_{40}$ fertilizer rate, net profit increased to 43,673 UAH. Doubling the fertilizer rate in the variant with the application of $N_{80}P_{40}K_{80}$ ensured an increase in net profit to 51,529 UAH. In the variant with the $N_{120}P_{40}K_{80}$ fertilizer rate, it increased to 58,908 UAH, and with the application of $N_{160}P_{60}K_{120}$, it increased by 66,514 UAH. This indicator was the highest in the variant with the $N_{200}P_{80}K_{120}$ application and amounted to 70,813 UAH. Increasing the rate of potash fertilizers to K_{60} in the latter variant turned out to be economically inefficient and led to a decrease in net profit by 943 UAH. The level of profitability in the studies ranged from 134–149 %.

Keywords: amaranth, mineral fertilizers, economic efficiency indicators.

Економічна ефективність різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування амаранту

М. Л. Тирус

Львівський національний
університет
Природокористування,
м. Львів, Україна

В статті наведено результати досліджень, які стали основою для встановлення показників економічної ефективності внесення норм мінеральних добрив при вирощуванні амаранту. Згідно схеми дослідів вивчали сім норм добрив: $N_0P_0K_0$ (контроль), $N_{40}P_{20}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{80}$, $N_{120}P_{40}K_{80}$, $N_{160}P_{60}K_{120}$, $N_{200}P_{80}K_{120}$, $N_{200}P_{80}K_{160}$. Дослідження проводили на дослідному полі Львівського національного університету природокористування на темно-сірому опідзоленому ґрунті в 2019–2021 рр. в умовах західного Лісостепу України. Виявлено, що збільшення норм внесення мінеральних добрив при вирощуванні амаранту сорту Харківський 1 сприяло підвищенню урожайності зерна та покращенню показників економічної ефективності. Встановлено, що сума витрат на технологію за норми мінеральних добрив $N_{200}P_{80}K_{160}$ найвища і становить 52130 грн, що у два рази вище, ніж на контролі. Витрати на добрива на цьому варіанті зросли до 27450 грн. Собівартість 1 т зерна амаранту, незважаючи на зростання витрат на технологію вирощування, знаходилась у досить вузькому діапазоні і коливалась у межах 10087–10682 грн. Це пояснюється високою ефективністю мінеральних добрив в умовах достатнього зволоження, які забезпечили зростання врожайності з 2,31 т/га на контролі до 4,88 т/га за внесення $N_{200}P_{80}K_{160}$, тобто на 2,57 т/га. Чистий прибуток на контролі без добрив був досить високим і становив 33067 грн/га. За внесення норми добрив $N_{40}P_{20}K_{40}$ чистий прибуток зріс до 43673 грн. Подвоєння норми добрив на варіанті з внесенням $N_{80}P_{40}K_{80}$ забезпечило зростання чистого прибутку до 51529 грн. На варіанті з нормою добрив $N_{120}P_{40}K_{80}$ він підвищився до 58908 грн, а за внесення $N_{160}P_{60}K_{120}$ збільшився на 66514 грн. Найбільшим цей показник був на варіанті з внесенням $N_{200}P_{80}K_{120}$ і становив 70813 грн. Збільшення норми калійних добрив на K_{60} на останньому варіанті виявилось економічно неефективним і призвело до зниження чистого прибутку на 943 грн. Рівень рентабельності в дослідженнях коливався в межах 134–149 %.

Ключові слова: амарант, мінеральні добрива, показники економічної ефективності.**Бібліографічний опис для цитування:** Тирус М. Л. Економічна ефективність різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування амаранту. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 20–24.

Вступ

Амарант відносно нова культура для України, яку відносять до нішових. Характеризується високим вмістом і збалансованістю білка, високою врожайністю, підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних речовин. Глобальне потепління робить вирощування амаранту особливо актуальним завдяки його унікальній особливості пристосовуватись до різних умов навколишнього середовища [17].

Амарант добре росте на всіх основних видах ґрунтів [16]. Холодостійкі та посухостійкі сорти амаранту можуть вирощуватися практично в будь-якому регіоні України [13]. Урожайність зерна в різних ґрунтово-кліматичних умовах України коливається в значних межах і може досягати 5,0 т/га [10, 20].

Важливим показником якості є високий вміст білка в зерні амаранту який коливається в діапазоні 11,66–14,47 % [7].

Висока харчова цінність і унікальний хімічний склад зерна амаранту роблять його культурою майбутнього [19]. Необхідно відмітити високу якість олії з амаранту. Цінність амарантової олії полягає в тому, що вона містить сквален (8 %), який у сполученні з токоферолом регулює ліпідний обмін. Амарант вважається "природною біофармацевтичною рослиною [14, 15]. Унікальний склад олії насіння амаранту робить її корисним інгредієнтом у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості [18].

У сучасних системах удобрення значна частина витрат припадає на мінеральні добрива [10, 20]. Для росту і розвитку рослин у найбільшій кількості потрібні азот, фосфор та калій. Проте зустрічаються дуже різні рекомендації щодо норм внесення мінеральних добрив та доцільності застосування тих чи інших елементів живлення.

Вирощування амаранту, як і будь-якої іншої культури, має забезпечувати добрі економічні показники [1, 5]. Це високорентабельна сільсько-господарська культура, відмінний попередник у сівозмінах [11]. Дослідники зазначають, що амарант має економічний потенціал, зумовлений високою ціною реалізації. Встановлено, що найбільшу практичну цінність при вирощуванні на зерно в східній частині Лівобережного Лісостепу України мають сорти: Лера, Сем і Харківський 1 [2].

За умов високої вартості матеріальних ресурсів важливо всебічно оцінити ефективність як окремих елементів вирощування амаранту, так і технології в цілому. Адже за інтенсифікації технології вирощування для досягнення урожайності на рівні 5,0 т/га зерна амаранту необхідні значні витрати коштів. Вкладені у технологію кошти повинні супроводжуватись збільшенням виробництва продукції, а вартість приросту врожаю чи поліпшення його якості, випереджувати збільшення витрат.

Отже, аналіз наукових публікацій показує доцільність і важливість оцінки економічної

ефективності вирощування амаранту, особливо в умовах нестабільності цін на матеріальні ресурси.

Мета дослідження

Мета роботи – з'ясувати економічну ефективність різних норм мінеральних добрив при вирощуванні амаранту в умовах Лісостепу західного. Завдання досліджень – визначити структуру витрат коштів залежно від варіанту удобрення.

Матеріали і методи

Дослідження, які стали основою для встановлення показників економічної ефективності, проводили на дослідному полі Львівського національного університету природокористування на темно-сірому опідзоленому ґрунті в 2019–2021 рр. Згідно схеми дослідів вивчали сім норм добрив: $N_0P_0K_0$ (контроль), $N_{40}P_{20}K_{40}$, $N_{80}P_{40}K_{80}$, $N_{120}P_{40}K_{80}$, $N_{160}P_{60}K_{120}$, $N_{200}P_{80}K_{120}$, $N_{200}P_{80}K_{160}$. Польовий дослід проводився у чотириразовій повторності. Загальна площа дослідної ділянки становила 30 м², облікова – 20 м². Попередник амаранту озима пшениця. Передпосівний обробіток ґрунту проводився на глибину загортання насіння, 1–2 см, за допомогою комбінованого знаряддя «Компактор». Мінеральні добрива вносили згідно схеми дослідження. Фосфорні та калійні добрива вносили восени під оранку. Азотні – навесні під передпосівний обробіток ґрунту. Висівали сорт Харківський 1 широкорядним способом з міжряддями 45 см, 25 квітня, норма висіву становила 0,8 кг/га. Використовували сівалку *Хорш Пронто 4 ДС*. Насіння перед сівбою протруювали препаратом Кінто Дуо.

Для боротьби з бур'янами застосовували гербіцид Фюзілад Форте. Посіви обприскували двічі інсектицидами Енжіо та Бі-58-новий та фунгіцидом Амістар Екстра. Збирання амаранту проводилося у два етапи: скошування – у фазі повної стиглості насіння в нижній і середній частинах волоті, після підсихання волоті амарант обмолочували. Економічну ефективність встановлювали за загально-прийнятою методикою.

Результати та їх обговорення

Економічну ефективність встановлювали за такими показниками: вартість вирощеної на 1 га продукції, затрати на 1 га, собівартість 1 т зерна, чистий прибуток з 1 га та рівень рентабельності. *Вартість продукції* з 1 га встановлювали з врахуванням цін у 2024–2025 роках за 1 т зерна амаранту. За даними асоціації виробників амаранту [4, 8] закупівельна ціна насіння амаранту становила 25–30 тис грн. Аналіз показує, що вартість продукції з 1 га залежить від рівня врожайності та ціни за 1 т. За ціни 25000 грн вартість продукції у наших дослідженнях на контролі становила 57750 грн,

а за внесення найвищої норми добрив зросла до 122000 грн.

У структурі затрат на технологію вирощування найбільший відсоток займають мінеральні добрива, витрати на пальне та засоби захисту рослин (рис. 1).



Рис. 1. Структура витрат на вирощування амаранту за рівня удобрення $N_{200}P_{80}K_{160}$, грн на 1 га

Таблиця 1

Орієнтовна технологічна схема вирощування амаранту і підрахунок витрат на 1 га за цінами 2025 року

Види робіт	Оплата праці за 1 га	С.-г. техніка	Вартість: пальне, насіння, добрива, пестициди та ін., грн	Амортизація та ін. витр., грн	Всього витрат, грн
Дискування стерні	40	Джон Дір + БДВП-4,2	Пальне: 10 л х 60 = 600 грн	250	890
Внесення мінеральних добрив двічі: $P_{80}K_{160}$	40	МТЗ-82 + МВД 900	Амофос: 1,5 ц х 3500 = 5250 грн Хлористий калій: 2,7 ц х 2900 = 7830 грн	200	13920
Оранка	60	Джон Дір + ПН-4-35	Пальне: 5 л х 2 х 60 = 600 грн	200	1460
Культивація, закриття вологи	30	МТЗ-82 + КПС-4	Пальне: 20 л х 60 = 1200 грн	90	600
Внесення мінеральних добрив: N_{200}	30	МТЗ-82 + МВД 900	Пальне: 8 л х 60 = 480 грн	150	14850
Культивація, загортання добрив	30	МТЗ-82 + КПС-4	Аміачна селітра: 2 ц х 2400 = 4800 грн Карбамід: 2,9 ц х 3300 = 9570 грн Пальне: 5 л х 60 = 300 грн	90	600
Передпосівний обробіток	30	Джон Дір + Компактор	Пальне: 8 л х 60 = 480 грн	90	720
Сівба	50	МТЗ-82 + СН-16	Пальне: 10 л х 60 = 600 грн	300	3440
Внесення гербіциду	30	МТЗ-82 + Харді	Насіння: 1 кг х 500 = 500 грн Протруйник: Кінто Дуо 2,5 л х 700 = 1750 грн Пальне: 14 л х 60 = 840 грн	200	1780
Перше внесення інсектициду	20	МТЗ-82 + Харді	Гербіцид: Фюзилат Форте 1,5 л х 1000 = 1250 грн Пальне: 5 л х 60 = 300 грн	200	840
Внесення Фунгіциду	20	МТЗ-82 + Харді	Інсектицид: Енжіо 0,2 л х 1600 = 320 грн Пальне: 5 л х 60 = 300 грн	200	1020
Друге внесення інсектициду	20	МТЗ-82 + Харді	Фунгіцид: Амістар Екстра 0,5 л х 1000 = 500 грн Пальне: 5 л х 60 = 300 грн	200	940
Збирання амаранту	100	Сампо-500	Інсектицид: Бі-58 новий 1 л х 420 = 420 грн Пальне: 5 л х 60 = 300 грн	400	2000
Відвезення зерна	10	Газ-53	Пальне: 25 л х 60 = 1500 грн	50	360
Сушіння зерна	10	Сушарка	Пальне: 5 л х 60 = 300 грн	200	710
Орендна плата за землю			Вартість енергії – 500 грн		8000
Всього	520		48790	2820	52130

Ціни за 1 т добрив взяті наступні: хлористий калій – 29000 грн; амофос – 35000 грн; аміачна селітра – 24000 грн; карбамід – 33000 грн. Найменша

Тому важливо з'ясувати доцільність внесення високих норм мінеральних добрив, використання гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів, встановити які саме елементи технології вирощування забезпечують найкращі показники економічної ефективності.

Витрати на вирощування амаранту у 2023 році становили 15000 грн на га [8]. Загалом витрати на вирощування амаранту в травневих посівах можуть не перевищувати 10 тис грн/га, у після-жнивних – 4 тис грн/га. Враховуючи ціну на насіння від 25 тис грн/т, а також відносну невибагливість культури до умов вирощування та її користь як попередника, економіка її вирощування за урожайності 2 т/га, є досить привабливою [4]. Як вказують інші дослідники, амарант це досить конкурентоспроможна рослинницька продукція [3].

Для встановлення суми затрат на 1 га використовували технологічну схему вирощування амаранту, яка розрахована для варіанту з внесенням найвищої ($N_{200}P_{80}K_{160}$) норми мінеральних добрив (табл. 1).

сума витрат, з врахуванням орендної плати за землю, була на варіанті без внесення мінеральних добрив – 24683 грн (табл. 2).

Таблиця 2

Показники економічної ефективності вирощування амаранту залежно від норм добрив

Норма добрив	Урожайність, т/га	Вартість продукції з 1 га, грн	Виробничі затрати на 1 га*, грн	Витрати на добрива на 1 га, грн	Собівартість 1 т зерна, грн	Чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
N ₀ P ₀ K ₀ контроль	2,31	57750	24683	-	10685	33067	134
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	2,98	74500	30827	6147	10345	43673	142
N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀	3,54	88500	36971	12291	10444	51529	139
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀	3,95	98750	39842	15162	10087	58908	149
N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	4,50	112500	45986	21306	10219	66514	145
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₂₀	4,84	121000	50187	25507	10369	70813	141
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀	4,88	122000	52130	27450	10682	69870	134

Примітка: * за цінами станом на 1.01.2024 р.

З внесенням мінеральних добрив витрати на вирощування амаранту значно збільшуються. За норми N200P80K160 вони зросли до 52130 грн, що у два рази вище, ніж на контролі. Витрати на добрива на цьому варіанті зросли до 27450 грн.

У розрахунках до **табл. 2** використовували такі показники:

- Вартість хлористого калію (K₄₀) становить: 0,67 ц х 2900 = 1943 грн.
- Вартість карбаміду (N₄₀) становить: 0,87 ц х 3300 = 2871 грн.
- Вартість фосфору (P₂₀) становить: 0,38 ц х 3500 = 1330 грн.
- Вартість добрив N₄₀P₂₀K₄₀ становить: 2871 + 1330 + 1943 = 6144 грн.

Незважаючи на дуже високі ціни на добрива та високі норми їх внесення, вирощування амаранту за інтенсивною технологією забезпечувало високі показники економічної ефективності.

Собівартість 1 т зерна амаранту, незважаючи на зростання витрат на технологію вирощування, знаходилась у досить вузькому діапазоні і коливалась у межах 10087-10682 грн. Це пояснюється високою ефективністю мінеральних добрив, які забезпечили зростання врожайності з 2,31 т/га до 4,88 т/га, тобто на 2,57 т/га.

Найважливішим показником економічної ефективності вирощування амаранту є **чистий прибуток** з 1 га. Збільшення норми внесення добрив, а отже і суми витрат, повністю компенсувалось вартістю одержаного додаткового врожаю. Навіть на контролі без добрив чистий прибуток був досить високим і становив 33067 грн/га (**рис. 2**).

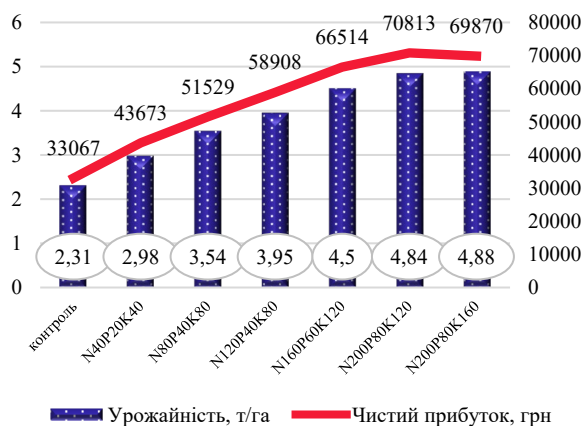


Рис. 2. Чистий прибуток, грн.

Це можна пояснити інтенсифікацією технології вирощування амаранту завдяки внесенню гербіцидів, дворовим захистом від шкідників та використанням фунгіциду для захисту від ураження хворобами. За внесення норми добрив N₄₀P₂₀K₄₀ чистий прибуток зріс на 10606 грн. Подвоєння норми добрив на варіанті з внесенням N₈₀P₄₀K₈₀ забезпечило зростання чистого прибутку на 18462 грн. На варіанті з нормою добрив N₁₂₀P₄₀K₈₀ чистий прибуток підвищився на 25841 грн, а за внесення N₁₆₀P₆₀K₁₂₀ збільшився на 33447 грн. Найбільшим цей показник був на варіанті з внесенням N₂₀₀P₈₀K₁₂₀, де становив 70813 грн. Збільшення норми калійних добрив на K₆₀ на останньому варіанті виявилось економічно неефективним і призвело до зниження чистого прибутку на 943 грн.

Незважаючи на великі витрати на технологію вирощування амаранту, завдяки високому прибутку, рівень рентабельності становив 134–149 %.

Подібні результати одержані також іншими дослідниками. Як зазначає Рижков О. – це культура номер один за рентабельністю [9]. За вирощування в умовах Одеської області марант забезпечує найвищу рентабельність серед усіх польових культур [12]. Сівба амаранту волотистого на зерно ширококорядним (45 см) способом з нормою висіву насіння 1,0 кг/га забезпечує одержання найнижчих показників його собівартості (7773 грн/т), найвищого прибутку на одиницю площі (39341 грн/га) за рівня рентабельності зерновиробництва 285,9 % [5].

Висновки

На основі експериментальних матеріалів та проведених розрахунків встановлено, що найвища врожайність (4,88 т/га) формується за норми добрив N200P80K120. На цьому ж варіанті одержали найкращі показники економічної ефективності, чистий прибуток підвищився до 70813 грн. Рівень рентабельності в дослідженнях коливався в межах 134–149 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні економічної ефективності інших елементів технології вирощування амаранту.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bezuhla, L. (2021). Economic aspect of territorial production of amaranth, hemp and sorgho in Ukraine. *Economy and Society*, 25. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-79>
2. Hoptsi, T. I., Lymanska, S. V., & Hudym, O. V. (2022). Prospects for growing amaranth as a niche crop in the eastern part of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 2, 11–17. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-11-17>
3. Horobets, N. M. (2018). Osoblyvosti upravlinnia biznes-protsesamy v systemi zbutu nishyvoi roslynnytskoi produktsii. *Ahrosvit*, 5, 28–34. [in Ukrainian]
4. Duda, O. (2022). Amaranth: yak vyroshchuvaty, chym zbyrati ta skilky koshtuie tekhnolohiia? *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/874-amarant-yak-vyroshchuvati-chim-zbirati-ta-skilky-koshtuie-tehnolohiia> [in Ukrainian]
5. Dudka, M. I. (2020). Ahrotekhnolohichni osnovy pidvyshchennia produktyvnosti odnorichnykh kormovykh kultur v pivnichnomu Stepu Ukrainy. *Doctor's thesis*. Derzhavna ustanova Instytut zernovykh kultur, Dnipro [in Ukrainian]
6. Dudka, M. I. (2020). Agrotechnical and economic efficiency of growing of love-lies-bleeding (*Amaranthus paniculatus* L.) for green forage in the northern Steppe of Ukraine. *The Scientific Journal Grain Crops*, 3 (2), 293–304. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0089>
7. Kononenko, L. M. (2022). Formation of amaranth productivity as affected by the timing of sowing in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 10 (2). <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270470>
8. Makovei, Yu. (2023). Vyroshchuvannia amarantu: pro rentabelnist, perevahy ta nedoliki. *Kurkul – onlain-asystent fermeru*. <https://kurkul.com/spetsproekty/1416-alternativa-2023-kultura-scho-daye-do-35-000-grn-pributku-z-ga> [in Ukrainian]
9. Ryzhkov, O. (2021). Chempion iz rentabelnosti. *Zerno*, 4, 116–117. [in Ukrainian]
10. Tyrus, M. (2022). Productivity of amaranth grain depending on the variety and levels of fertilizer. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, 26, 77–80. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.077>
11. Tsybul'ska, S. (2019). Yak znaity svoiu nishu, abo na chomu mozhe zarobyt ukrainskyi fermer. *Propozytsiia*, 6, 30–33. [in Ukrainian]
12. Shcherbakov, V. Ya., Yakovenko, M. T., & Kohut, S. H. (2003). Vyroshchuvaty amaranth – ekonomichno vyhidno. *Propozytsiia*, 3, 34–35. [in Ukrainian]
13. Yaniuk, T., & Hriunvald, N. (2022). Amaranth production in Ukraine: state and prospects. *Food Resources*, 10 (18), 179–192. <https://doi.org/10.31073/foodresources2022-18-18>
14. Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). Amaranth. *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*, 439–473. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.439>
15. Weerasekara, A. C., & Waisundara, V. Y. (2020). Amaranth as a Pseudocereal in Modern Times: Nutrients, Taxonomy, Morphology and Cultivation. *Nutritional Value of Amaranth*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90927>
16. Das, S. (2016). *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1469-7>
17. Gendy, A. N. G. E., Tavarini, S., Conte, G., Pistelli, L., Hendawy, S. F., Omer, E. A., & Angelini, L. G. (2018). Yield and qualitative characterisation of seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. and *Amaranthus cruentus* L. grown in central Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 13 (1), 993. <https://doi.org/10.4081/ija.2017.993>
18. Nasirpour-Tabrizi, P., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, J., & Piravi-Vanak, Z. (2020). Amaranth seed oil composition. *Nutritional Value of Amaranth*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91381>
19. Topwal, M. A. (2019). Review on amaranth: Nutraceutical and virtual plant for providing food security and nutrients. *Acta Scientific Agriculture*, 3 (1), 9–15. Retrieved from: <https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASAG-03-0285.pdf>
20. Tyrus, M., & Lykhochvor, V. (2022). Yielding capacity of amaranth grain (*Amaranthus hypochondriacus*) depending on fertilizers. *Journal of Central European Agriculture*, 23 (4), 800–806. <https://doi.org/10.5513/jcea01/23.4.3528>

ORCID

M. Tyrus 

<https://orcid.org/0000-0002-9882-9540>



2025 Tyrus 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.

Crop capacity of corn hybrids depending on fertilizer rates and plant growth regulators on typical chernozems of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

S. Kalenska | Yu. Svystunov | T. Antal✉

Article info

Correspondence Author

T. Antal

E-mail:

antaltani@ukr.netNational University of Life
and Environmental Sciences
of Ukraine,
12a, Heroes of Defense St.,
Kyiv, 03041, Ukraine

Citation: Kalenska, S., Svystunov, Yu., & 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. doi: 10.31210/spi2025.28.01.05

The article investigates the influence of the plant growth regulator Vitazym on the grain yield of corn hybrids, grown on two mineral fertilizer backgrounds on typical chernozems of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The study is particularly relevant during the current military operations in Ukraine, as it seeks to reduce the cost of producing a product unit in the specific conditions of the growing regions, corn in particular. The research aims to study the influence of mineral fertilizer rates, the plant growth regulator Vitazym, the genetic potential of hybrid productivity, and weather conditions on the formation of corn grain yield. The effectiveness of the growth regulator Vitazym use on corn crops with an established optimal consumption rate of 1.0 l/ha in the 17th micro stage of plant growth according to the international BBCH scale on both mineral nutrition backgrounds (calculated for the planned yield (Background 1) and at 50 % of the calculated rate (Background 2) was substantiated. The studies determined the feasibility of introducing into production the most high-yielding hybrid Alekksandra, whose yield on average over 3 years was on the background of $N_{120}P_{90}K_{90}$ kg a.s./ha for the best option 11.11 t/ha. And on the background of half calculated mineral fertilizers rate – $N_{60}P_{45}K_{45}$ kg a.s./ha – 7.96 t/ha. The yield increases compared to the control option were 1.03 t/ha (10.22 %) and 0.93 t/ha (13.23 %), respectively. The yield of the Alekksandra hybrid in the most favorable 2016 year reached 11.90 t/ha. The practical significance of the obtained results lies in the development of recommendations aimed at increasing corn yields on the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine through the integrated use of the high-yielding hybrid Alekksandra in production conditions. Use of growth regulator Vitazym at a rate of 1.0 l/ha in the 17th micro stage on the BBCH scale, corn cultivation with a calculated rate of fertilizer $N_{120}P_{90}K_{90}$ kg a.s./ha for farms with a high level of resource provision and 50 % of mineral fertilizers rate – $N_{60}P_{45}K_{45}$ kg a.s./ha for agricultural enterprises with medium and low levels of resource provision.

Keywords: corn, hybrid, growth regulator, mineral fertilizers, trace elements, brassinosteroids.

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від норм мінеральних добрив та регулятору росту рослин на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України

С. М. Каленська | Ю. В. Свистунов | Т. В. Антал

Національний університет
біоресурсів
і природокористування
України,
м. Київ, Україна

В статті досліджено вплив регулятору росту рослин Вітазім на урожайність зерна гібридів кукурудзи за вирощування на двох фонах мінеральних добрив на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України. Особливої актуальності дослідження набуває в сучасних умовах періоду військових дій на території України, що обумовлено пошуком шляхів зменшення витрат на виробництво одиниці продукції в конкретних умовах регіонів вирощування, зокрема й зерна кукурудзи. Мета досліджень полягає у вивченні впливу норм мінеральних добрив, регулятору росту рослин Вітазім, генетичного потенціалу продуктивності гібридів та погодних умов на формування урожайності зерна кукурудзи. Обґрунтовано ефективність застосування регулятору росту Вітазім на посівах кукурудзи зі встановленою оптимальною нормою витрати 1,0 л/га у 17-ту мікростадію росту рослин за міжнародною шкалою BBCH на обох фонах мінерального живлення (розрахунковому на запланований урожай (Фон 1) та за 50 % норми від розрахункової (Фон 2). У дослідженнях визначено доцільність впровадження у виробництво найбільш високоврожайного гібриду Александра, урожайність якого в середньому за 3 роки становила на фоні $N_{120}P_{90}K_{90}$ кг/га д. р. за кращого варіанту 11,11 т/га та на фоні половинної норми мінеральних добрив від розрахункової $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг/га д. р. – 7,96 т/га. Прирости врожаю до варіанту контролю становили відповідно 1,03 т/га (10,22 %) та 0,93 т/га (13,23 %). Урожайність, гібриду Александра, у найбільш сприятливому 2016 році досягла рівню 11,90 т/га. Практична значимість отриманих результатів полягає в розробці рекомендацій, спрямованих на підвищення урожайності кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України за комплексного застосування у виробничих умовах високопродуктивного гібриду Александра, регулятору росту Вітазім у нормі 1,0 л/га у 17-ту мікростадію за шкалою BBCH, вирощування кукурудзи за розрахункової норми добрив $N_{120}P_{90}K_{90}$ кг/га д. р. для господарств високого рівня ресурсного забезпечення та 50% норми мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг/га д. р. для сільськогосподарських підприємств середнього та низького рівнів ресурсного забезпечення.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, регулятор росту, мінеральні добрива, мікроелементи, брасиностероїди.

Бібліографічний опис для цитування: Каленська С. М., Свистунов Ю. В., Антал Т. В. Урожайність гібридів кукурудзи залежно від норм мінеральних добрив та регулятору росту рослин на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 25–31.

Вступ

Важливим напрямком розвитку аграрного виробництва України є збільшення обсягів продовольчого та фуражного зерна. Вагоме місце у вирішенні цього завдання належить кукурудзі [10].

За прогнозом USDA світове виробництво кукурудзи у сезоні 2024/25 МР планується на рівні 1224,79 млн т, що перевищує показники попереднього прогнозу на 4,25 млн т. Оцінка світового експорту кукурудзи – 191,81 млн т (+0,06 млн. т) [14, 25]. Прогноз щодо виробництва кукурудзи в Україні – 27,7 млн т, експорт прогнозується на рівні – 24,5 млн т [14].

Попри зростання врожаїв кукурудзи, не менш важливе значення має підвищення якості зерна. На сьогодні є ціла низка шляхів вирішення цієї проблеми. Це інноваційні агротехнічні заходи, раціональні та сучасні системи живлення, нові види комплексних добрив, в тому числі з ріст регулюючим ефектом та комплексом макро- і мікроелементів, тощо [19, 22].

Урожайність та якість зерна в значній мірі залежить і від умов вирощування, які особливо різняться в останні роки. Значно зросла роль живлення та застосування ріст регуляторів росту рослин, в тому числі на посівах кукурудзи. Ними обробляють насіння перед сівбою та посіви під час вегетації рослин. Обробку насіння регуляторами росту рослин поєднують з протруєнням, обробкою мікроелементами. Відомо, що найбільш вибагливою культурою до елементів живлення є кукурудза. Вченими доведено її велику потребу не лише в макро-, але і мікроелементах в достатній кількості [1, 23].

Науковими дослідженнями вчених встановлено, що саме кукурудза характеризується і найбільшим виносом та коефіцієнтом засвоєння мікроелементів з ґрунту. Варто зазначити особливу чутливість кукурудзи до нестачі мікроелементів цинку, міді, марганцю, бору [14, 21]. При внесенні мікроелементів при вирощуванні кукурудзи варто враховувати два основних періоди, коли культура найбільше їх потребує. Перший період пов'язаний з формуванням рослинами кукурудзи первинної кореневої системи (це фенологічна фаза 3–5 листка). Саме у цей період рослинам кукурудзи потрібен фосфор, а для стимуляції росту вузлових коренів саме мікроелементи – цинк, марганець, бор.

Не менш важливим є і другий період, який характеризується інтенсивним розвитком вторинної кореневої системи, що відповідає фенологічній фазі розвитку 6–8 листків та співпадає з початком закладання качана і інтенсивним ростом листової поверхні. Окрім елементів, зазначених для першого періоду розвитку рослин, культура потребує елементу міді [16, 18, 20].

Оцінюючи ефективність застосування ріст регуляторів росту варто звернути увагу на позитивний вплив їх у період особливо стресових ситуацій, пов'язаних з глобальними змінами клімату у критично важливі періоди розвитку рослин.

До таких препаратів належить і органо – мінеральне добриво, регулятор росту рослин – Вітазим [16, 17], який був одним із факторів у проведених нами наукових дослідженнях за темою дисертаційної роботи. Крім макро- і мікроелементів до складу Вітазиму також входять: брасиностероїди, тріаконтанол, глюкозида та вітаміни В1, В2, В6, які відносяться до фізіологічно-активних речовин, або різновиду стимуляторів росту. Вітазим у своєму складі містить більше 12 активних компонентів, в той час як більшість препаратів з подібним механізмом дії не більше 3–5 [13].

Вітазим – це потужний біостимулятор, створений на основі брасиностероїдів, що допомагає реалізувати максимальний генетичний потенціал кукурудзи [4, 5, 13, 17]. Препарат виробляється шляхом ферментації рослинної сировини, а його головними діючими компонентами і є брасиностероїди. Вперше вчені виявили їх у пилку ріпаку наприкінці ХХ століття. Цей клас фітогормонів викликає поділ клітин та стимулює вегетативний ріст рослин [6].

Встановлено, що в низькій концентрації брасиностероїди впливають не тільки на процеси росту і розвитку рослин, а й підвищують їхню стійкість до різних стресових чинників, у тому числі до посухи, різних коливань температур та пестицидного ураження [12]. Вітазим, завдяки брасиностероїдам та іншим компонентам відповідає за імунітет рослин та збільшує кількість корисної мікрофлори в ґрунті. Його прикореневе використання підсилює інтенсивність перебігу фотосинтезу, при цьому багаті на енергію сполуки надходять до кореневої системи рослин, живлячи ґрунтову біоту. Отримуючи весь необхідний комплекс речовин, культура може збільшити свою урожайність на 10–20 і більше відсотків [3, 8, 9, 11].

Вітазим присутній на ринку вже 25 років і за цей час встиг пройти наукову перевірку вченими та виробничу аграріями. Було проведено значну кількість наукових досліджень в країнах світу, в тому числі в Україні та відомих університетах Міссурі та Південної Дакоти у США, які підтвердили тривалу дію після внесення препарату – 60–80 діб, у той час, як конкурентні препарати можуть забезпечити ефективну дію лише протягом 10–15 діб [12].

За результатами проведених наукових досліджень агроекспертом В. Плотніковим встановлено, що Вітазим сприяє зменшенню потреби в азотних добривах та поліпшенню їх ефективності. Зменшення обсягу використання азотних добрив на 25–50 % з одночасним використанням Вітазиму в технологіях вирощування кукурудзи часто забезпечує урожаї на рівні, що відповідає 100 %-му обсягу застосування азотних добрив та зазначено, що німецькі вчені досліджували, ефективність дії Вітазиму на посівах пшениці у порівнянні з іншими регуляторами росту рослин. За результатами їх досліджень відмічено, що Вітазим – єдиний стимулятор росту, який ефективно працює на всіх типах пшениці та на низьких і середніх фонах живлення може гарантувати отримання зерна 3–1-го класів [13].

Опрацьований огляд постановки проблеми та аналіз останніх досліджень вчених показав, що питаннями встановлення оптимальних норм мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи вченими та практиками аграрної сфери приділено багато уваги, проте у їх дослідженнях не достатньо висвітлені питання визначення реакції гібридів кукурудзи на застосування регулятора росту рослин Вітазим, встановлення ефективної норми його внесення та мікростадії застосування за різних норм мінеральних добрив на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України, що і стало передумовою мети, завдань та проведення нами експериментальних наукових досліджень.

Мета дослідження

Мета дослідження полягала в науковому та практичному обґрунтуванні елементів технології вирощування гібридів кукурудзи залежно від комплексного застосування норм мінеральних добрив та ріст регулятору росту рослин і норм та термінів його внесення на посівах кукурудзи на чорноземах типових.

Матеріали і методи

Польові та лабораторні дослідження проводилися впродовж 2015–2017 років на полях ТОВ «ПКЗ-АГРО» Пирятинського району Полтавської області.

В досліді вивчалися три фактори: гібриди кукурудзи Дніпровський 257 СВ, Алєксандра та Оксїжен (Фактор А); мінеральні добрива – розрахункова норма добрив на заплановану урожайність 12 т/га (Фон 1- $N_{120}P_{90}K_{90}$ кг/га д. р.)

та 50 % норма добрив від розрахункової (Фон 2 – $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг/га д. р.); Фактор В – обробка посівів кукурудзи регулятором росту Вітазим нормою 0,5; 1,0; 1,5 л/га у 15 та 17-ту мікростадії за міжнародною шкалою BBCH.

Досліди закладалися за методом розщеплених ділянок відповідно до методики дослідної справи [15]. Був закладений дослід по кожному гібриду на двох фонах мінеральних добрив. Посівна площа ділянки 84 м², облікова – 51 м². Повторність досліду чотириразова. Погодні умови років дослідження в цілому були сприятливими для росту, розвитку і формування продуктивності гібридів кукурудзи, за виключенням 2015 року, який характеризувався, як більш посушливий.

Агротехніка вирощування кукурудзи у польових дослідах була загальноприйнята для умов Лівобережного Лісостепу за виключенням факторів, що досліджувалися. Для сівби використовували насіння з лабораторною схожістю 98 %, сівбу проводили сівалкою СУПН – 8 на глибину загортання насіння 4–5 см з міжряддям 70 см. Попередником кукурудзи на зерно була пшениця озима.

Вихідними даними для встановлення норм добрив були: рівень прогнозованої урожайності; використання основних елементів живлення рослинами на формування одиниці основної та побічної продукції, запаси елементів живлення у ґрунті, де було закладено дослід, норми добрив, які потрібно внести з урахуванням коефіцієнтів засвоєння елементів живлення рослинами з добрив.

Мінеральні добрива вносили в нормі: $N_{120}P_{90}K_{90}$ кг/га д. р. – розрахункова (фон 1) та $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг/га д. р. – 50 % від розрахункової (фон 2) згідно схеми досліду під першу культивуацію (*табл. 1*).

Таблиця 1

Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від удобрення та застосування у період вегетації комплексного препарату Вітазим з рістрегулюючим ефектом

Фактор А. Гібрид	Фактор В. Норма добрив (Ф ₁ та Ф ₂)	Фактор С. Обробка посівів регулятором росту Вітазим		
		варіант	норма, л/га	мікростадія за шкалою BBCH
Дніпровський 257 СВ (контроль)	*Фон 1	B1-K	Без обробки - К	-
		B2	0,5	15
		B3	1,0	15
		B4	1,5	15
		B5	0,5	17
		B6	1,0	17
		B7	1,5	17
Дніпровський 257 СВ (контроль)	*Фон 2	B1-K	Без обробки - К	-
		B2	0,5	15
		B3	1,0	15
		B4	1,5	15
		B5	0,5	17
		B6	1,0	17
		B7	1,5	17

Примітки: * Фон – 1 розрахункова норма – $N_{120}P_{90}K_{90}$; Фон – 2 50 % від розрахункової – $N_{60}P_{45}K_{45}$.

Регулятори росту, які вносилися на посівах, занесені до Державного реєстру та препарати, що використовувалися для захисту рослин кукурудзи, внесені до «Переліку пестицидів та препаратів

дозволенних до використання в Україні». Критерієм для встановлення дати сівби кукурудзи була температура ґрунту 6–8 °С на глибині заробки насіння.

Гібриди кукурудзи, що висівали в дослідках – Дніпровський 257 СВ, занесений до Державного Реєстру сортів рослин України в 2007 році, оригінатор Інститут зернових культур НААН. Гібрид Оксїжен, занесений до Державного Реєстру сортів рослин України в 2010 році та гібрид Алєксандра в 2012 році, оригінатором яких є компанія "РЖТ Семенс Україна".

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий середньосуглинковий на лесовидному суглинку, багатий на гумус з цінною зернисто-грудочкуватою структурою, яка забезпечує оптимальне мінеральне живлення рослин кукурудзи та забезпечує їх високу продуктивність.

Результати та їх обговорення

Проведені нами дослідження показали, що підвищення урожайності зерна кукурудзи є сукупним результатом дії мінеральних добрив та норм їх внесення, регулятору росту Вітазім, потенційних можливостей гібридів кукурудзи та впливу метеорологічних чинників років досліджень. За погодними умовами роки досліджень різнилися і по сукупності оцінювальних показників сприятливим виявився 2016 рік, найменш сприятливий – 2015 рік та середнім – 2017 рік. Погодні умови 2015 року виявилися найменш сприятливими для формування урожайності зерна кукурудзи.

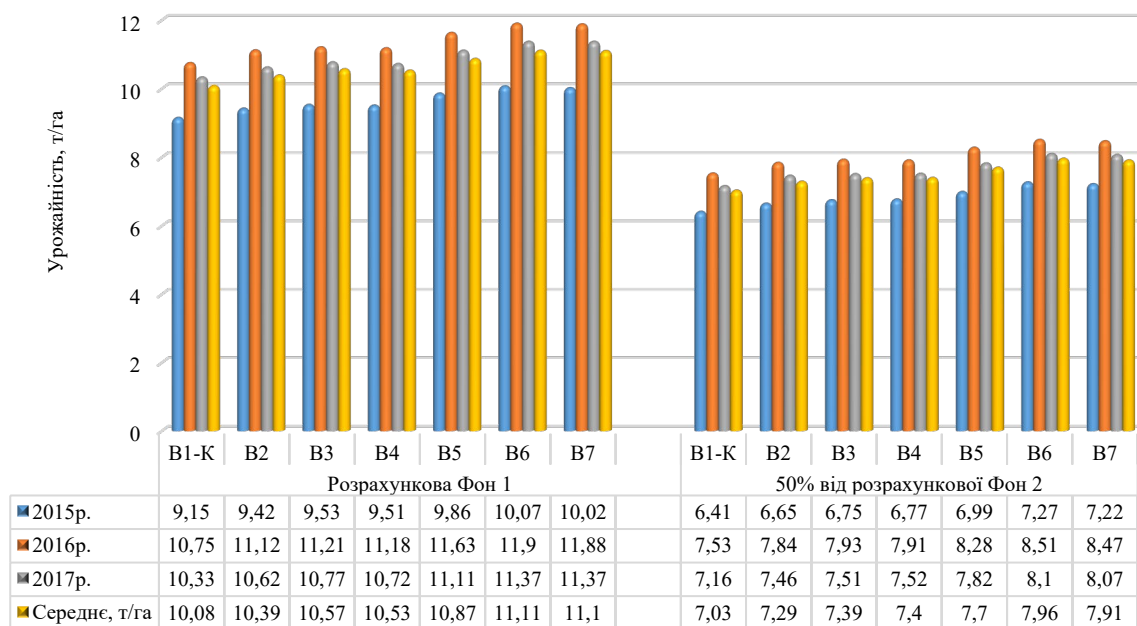
У найбільш сприятливому 2016 році всі досліджувані гібриди мали високу урожайність, проте з різницею у рівнях урожайності, яка становила за кращого варіанту дослідів відповідно: у гібриду Дніпровський 257 СВ – 11,09 т/га, Алєксандра – 11,90; Оксїжен – 11,35 т/га. Урожайність у 2017 році

не значно поступалася рівнями урожайності сприятливого 2016 року.

В середньому за 2015–2017 рр. найвищу урожайність сформовано гібридом Алєксандра – 11,11 т/га у варіанті з внесенням розрахункової норми мінеральних добрив – $N_{120}P_{90}K_{90}$ кг/га д. р. (Фон 1), регулятору росту Вітазім з нормою 1,0 л/га у 17-ту мікростадію за шкалою ВВСН. За застосування 50 % норми мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг/га д. р. урожайність була меншою, але з аналогічною закономірністю щодо норми внесення та мікростадії застосування регулятора росту і становила відповідно: 7,76; 7,96; 7,66 т/га у гібридів Дніпровський 257 СВ, Алєксандра, Оксїжен.

На ділянці контрольного варіанту, завдяки природній родючості чорноземів типових та внесених норм мінеральних добрив, було одержано в середньому 9,62 т/га зерна у гібриду Дніпровський 257 СВ; 10,08 т/га гібриду – Алєксандра та 10,08 т/га гібриду Оксїжен за розрахункової норми мінеральних добрив та відповідно: 6,73; 7,03 та 6,89 т/га за половинної норми мінеральних добрив і застосування регулятора росту Вітазім у зазначеному варіанті дослідів № 6.

Отримані результати урожайності кукурудзи усіх трьох гібридів у досліді високі, проте виявлена чітка залежність рівня урожайності від погодних умов років досліджень, норм мінеральних добрив та норми і мікростадії внесення регулятора росту рослин Вітазім. Нами проведений аналіз отриманої урожайності в розрізі гібридів показав, що найбільший урожай в середньому за три роки сформовано гібридом Алєксандра за розрахункової норми добрив на заплановану урожайність (Фон 1) в умовах Лівобережного Лісостепу на чорноземах типових (рис. 1).



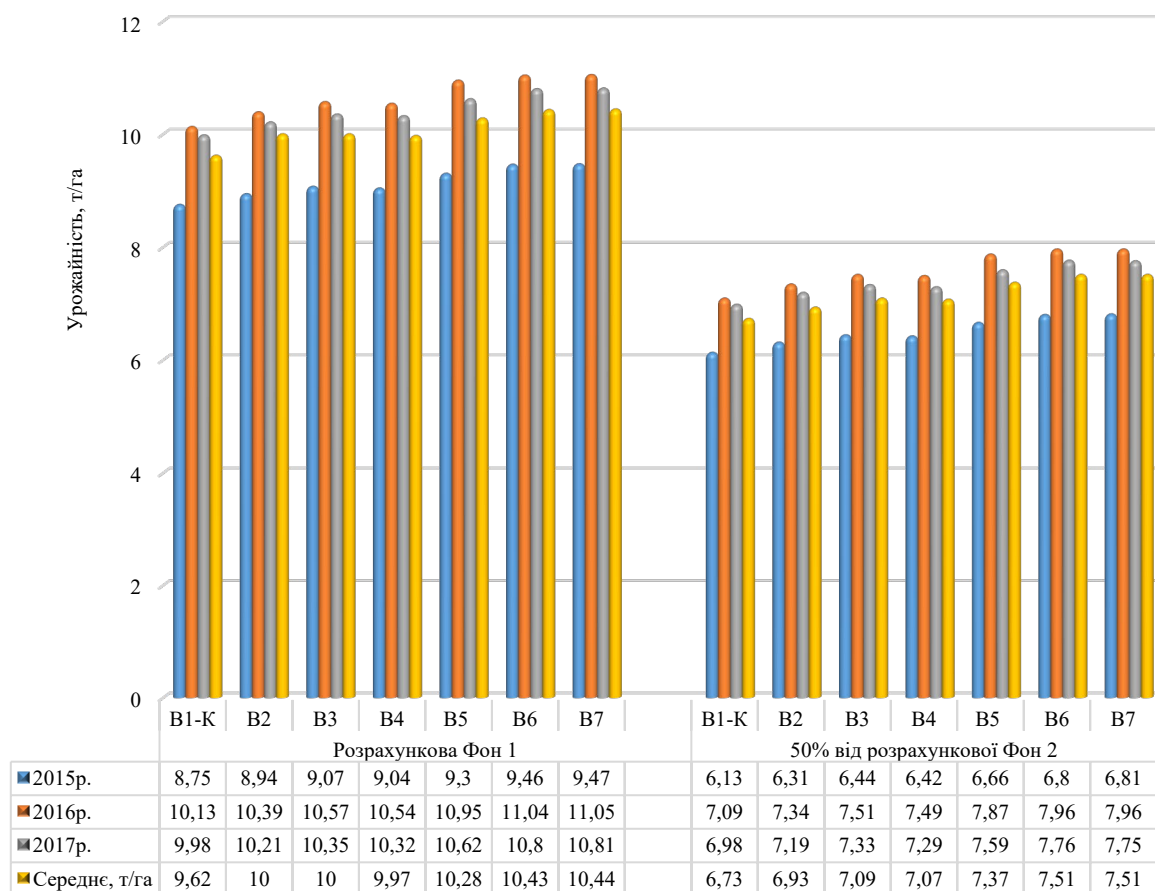
$HIP_{05, m/za}$: по фактору А – 0,34; по фактору В – 0,28; по фактору С – 0,53

Рис. 1. Вплив регулятору росту рослин та норм мінеральних добрив на урожайність гібриду кукурудзи Алєксандра, т/га

Вона становила у варіанті контролю (Фон 1) – 10,08 т/га. Приріст урожаю до контролю за варіантами дослідів різнився та залежав від норми внесення регулятора росту і мікростадії його застосування.

Встановлено, що внесення регулятора росту у фенологічну фазу 5-го розгорнутого листка (15 мікростадія за шкалою ВВСН) виявилось менш ефективним порівняно з застосуванням його на посівах кукурудзи у фенологічну фазу 7-го розгорнутого листка (17 мікростадія). Приріст урожайності був в межах 0,31–0,49 т/га, що становить 3,21–5,58 % та 0,78–1,23 т/га (8,07–12,72 %) відповідно у найбільш урожайного гібриду кукурудзи Александра.

Цей гібрид проявив свій потенціал урожайності і за роками досліджень. Так у сприятливому 2016 році за мінерального живлення Фон 1 рівень урожайності був найбільший і досяг рівня 11,90 т/га у варіанті № 6 за норми внесення регулятора росту рослин 1,0 л/га у 17 мікростадію розвитку рослин. По двох інших гібридах зберіглася загальна закономірність по нормах препарату та мікростадіях застосування, але рівні урожайності різнилися. Так, середня урожайність гібриду кукурудзи вітчизняної селекції Дніпровський 257 СВ була в межах від 9,62 т/га на контролі (Ф1) без застосування регулятора росту Вітазим та до 10,43 т/га за його внесення. Відповідно приріст врожаю варіював від 0,15 на контролі до 0,81 т/га за варіантами дослідів (рис. 2).



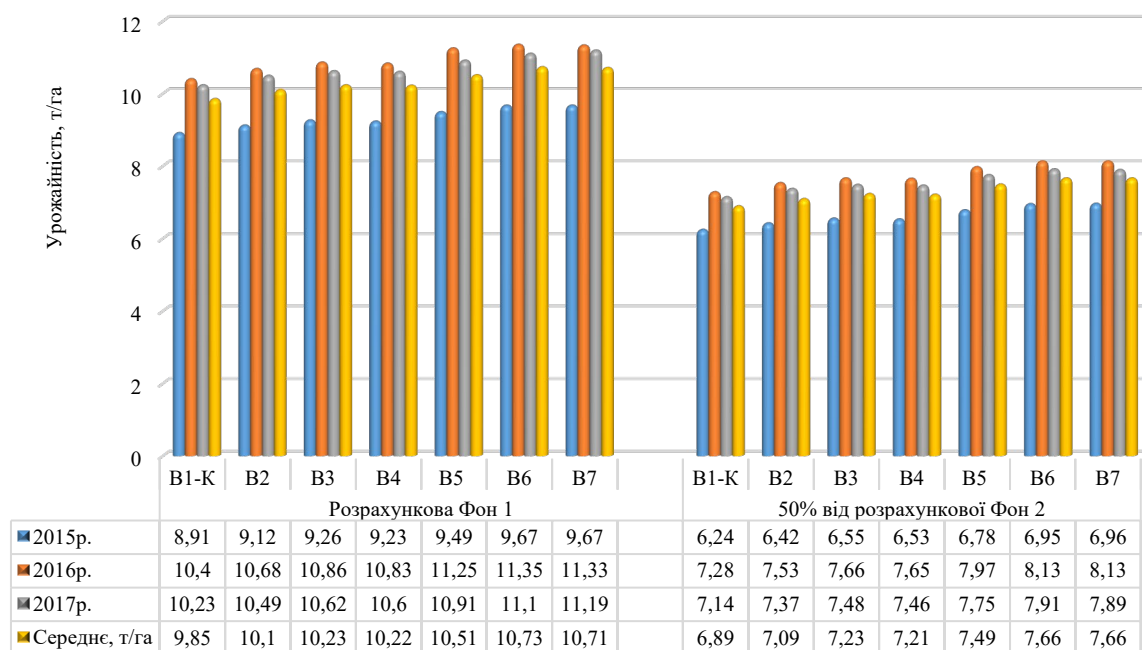
$HIP_{05, m/га}$: по фактору А – 0,32; по фактору В – 0,30; по фактору С – 0,51

Рис. 2. Вплив регулятора росту рослин та норм мінеральних добрив на урожайність гібриду кукурудзи Дніпровський 257 СВ, т/га

Варто зазначити, що норма внесення Вітазиму 0,5 л/га. мала найменший ефект, а прирости врожаю були не суттєвими з загальною закономірністю по трьох досліджуваних гібридах. Найбільші прирости до контролю забезпечувала норма внесення 1,0 л/га. Вона виявилася оптимальною, тоді як за збільшення норми внесення до 1,5 л/га прирости врожаю мало відрізнялися від варіанту внесення 1,0 л/га і переважно були не суттєвими. Це свідчить про не доцільність витрат на придбання більших

норми препарату та збільшення загальних витрат на вирощування.

Гібрид Оксіджен в середньому за 2015–2017 рр. проявив позитивну реакцію на внесення регулятора росту Вітазим у варіантах його застосування на обох фонах мінеральних добрив, а урожайність зростає від 9,85 т/га на контролі до 10,73 т/га у варіанті застосування у 17 мікростадію за норми внесення 1,0 л/га (приріст врожаю за варіантами дослідів варіював від 0,25 до 0,88 т/га (рис. 3).



НІР05, т/га: по фактору А – 0,35; по фактору В – 0,27; по фактору С – 0,50

Рис. 3. Вплив регулятора росту рослин та норм мінеральних добрив на урожайність гібриду кукурудзи Оксіджен, т/га

Отже, за результатами проведених досліджень у досліді 1 з вивчення особливостей формування урожайності гібридів кукурудзи на двох фонах мінеральних добрив та за обробки посівів регулятором росту Вітазим виявлено, що саме комплексне застосування різних норм мінеральних добрив у поєднанні з регулятором росту рослин Вітазим в умовах Лівобережного Лісостепу України

на чорноземах типових забезпечує суттєві прирости врожаю зерна кукурудзи.

Проведений розрахунок частки участі факторів у формуванні урожайності зерна кукурудзи в середньому за 2015–2017 рр. дав змогу встановити різний вплив та вагомість досліджуваних факторів у її формуванні (*рис. 4*).

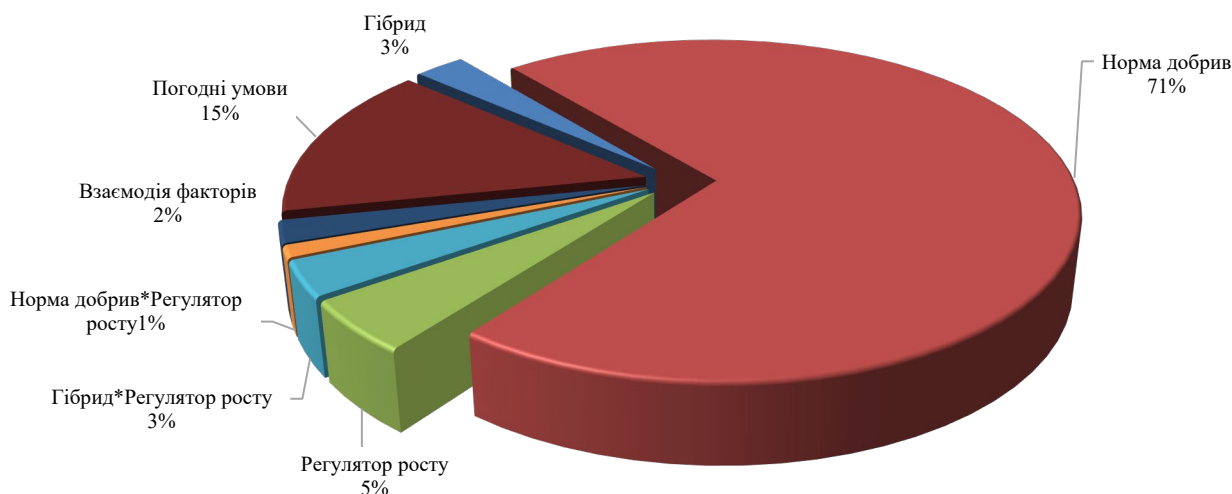


Рис. 4. Частка участі факторів у формуванні урожайності зерна гібридів кукурудзи, %

Математичний аналіз урожайних даних свідчить про те, що найважливішим фактором у підвищенні урожайності є мінеральні добрива, частка участі яких становить – 72 %, частка впливу фактору гібрид – 2 %, регулятор росту – 8 %, взаємодія факторів – 2 %, погодні умови – 15 %.

Висновки

Для отримання високих і сталих врожаїв зерна кукурудзи та з метою максимально можливої реалізації генетичного потенціалу продуктивності гібридів в Лівобережному Лісостепу України варто

запроваджувати комплексне застосування мінеральних добрив відповідно до запланованої урожайності на 11–12 т/га в нормі $N_{120}P_{90}K_{90}$ кг/га д. р. та внесення регулятора росту рослин Вітазім на посівах з нормою 1,0 л/га у 17-ту мікростадію за шкалою ВВСН. Для господарств з середнім та низьким рівнем ресурсного забезпечення доцільним є застосування половинної від розрахункової норм мінеральних добрив $N_{60}P_{45}K_{45}$ кг/га д. р. у комбінації з застосуванням регулятора росту рослин Вітазім у нормі 1,0 л/га та у 17-ту мікростадію росту і розвитку рослин. Рекомендованим до впровадження у виробництво гібридом є Алєксандра, що проявив найбільші адаптивні властивості до умов вирощування та сформував найвищу урожайність зерна.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bagan, A. V.. (2015). Forming of the productivity and quality of grain corn hybrid depending on predecessor. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 32–35. <https://doi.org/10.31210/visnyk2015.04.07>
2. Voropai, Yu. V., Chygryn, O. V., & Potashova, L. M. (2024). Influence of pre-sowing seed stimulation on oilseed flax productivity. *Agrarian Innovations*, 23, 32–37. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.5>
3. Shevchuk, V. K., Yuzvenko, L. V., Radavchuk, A. I., & Savchuk, O. P. (2014). Vplyv preparatu Vitazym na stikist hrechky do khvorob. *Zbirnyk Naukovykh Prats Derzhavnoho Ahrrarno-Tekhnichnoho Universytetu*, 22, 7–11. [in Ukrainian]
4. Melnyk, A. V., Kutsehub, H. O., Zherdetska, S. V., & Shakhid, Ali. (2015). Vplyv rehuliatoriv rostu na produktyvnist hirchytis v umovakh pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrraroho Universytetu. Seriya: Ahronomiia i Biologiia*, 9 (30), 73–175. [in Ukrainian]
5. Hlushko, T. V., & Voitashenko, D. P. (2013). Urozhainist ta yakist zerna kukurudzy pid vplyvom biopreparativ v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 59, 44–47. [in Ukrainian]
6. Peredposivna obrobka nasinnia preparatom Vuksal (2019). *Propozytsiia*. Retrieved from: <https://propozytsiya.com.ua/peredposivna-obrobka-nasinnya-preparatom-vuksal> [in Ukrainian]
7. Korshevniuk, S. P. (2022). The yield of lentil depends on pre-sowing treatment and extra-root nutrition in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 128, 94–106. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.13>
8. Kalenska, S. M., Yermenko, O. A., Taran, V. H., Krestianinov, Y. V., & Ryzhenko, A. S. (2017). Adaptability of field crops to changing conditions of cultivation. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 25, 48–57. <https://doi.org/10.47414/np.25.2017.216867>
9. Kalenska, S. M., Taran, V. H., & Danyliv, P. O. (2017). Rozvytok korenevoi systemy kukurudzy na rannikh etapakh rozvytku. *Naukovyi Visnyk NUBIP Ukrainy. Seriya Ahronomiia*, 269, 10–17. [in Ukrainian]
10. Lykhochvor, V. V., & Prots, R. R. (2002). *Kukurudza : navchalno-praktychne vydannia*. Lviv: Ukrainski tekhnologii [in Ukrainian]
11. Maksin, V. I. (2021). Mikrodobryva v roslynnytstvi: formy, vydy ta osoblyvosti zastosuvannia. *Ahronom*, 2 (80). Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/mikrodobryva-v-roslynnytstvi-vchora-sogodni-zavtra/> [in Ukrainian]
12. Plotnikov, V. V., Kornichuk, O. V., Chernelivska, O. O., & Hylchuk, V. H. (2011). Efektyvnist zastosuvannia novoho ridkoho dobrova Vitazym v suchasnykh tekhnolohiakh vyroshchuvannia ozymoї pshenytsi. *Zbirnyk Naukovykh Prats VNAU Roslynnytstvo*, 8 (48), 55–60. [in Ukrainian]
13. Basanets, O. (2024). Prohnoz svitovoho vyrobnytstva kukurudzy v sezoni 2024/25 zнову pidskochyv. *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/19240-prognoz-svitovogo-vyrobnitstva-kukurudzi-v-sezoni-2024-25-znovu-pidskochiv> [in Ukrainian]
14. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., Bukhalo, V. Ya., & Kryshtop, Ye. A. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Knyha 1*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
15. Sendetskyi, V. M. (2017). Vplyv rehuliatoriv rostu na rist, rozvytok ta formuvannia vrozhaivosti roslyn soniashnyku. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrraroeconomichnoho Universytetu*, 3 (45), 40–43. [in Ukrainian]
16. Sendetskyi, V. M. (2017). Vplyv rehuliatoriv rostu na rist, rozvytok ta formuvannia vrozhaivosti roslyn soniashnyku. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrraroeconomichnoho Universytetu*, 3, 40–43. [in Ukrainian]
17. Skrynnyk, Ya. T. (2010). Osoblyvosti zastosuvannia kompleksnykh ridkykh dobrov pry vyroshchuvanni kukurudzy v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy. *Biuletyn Insytutu Zernovoho Hospodarstva*, 39, 103–106. [in Ukrainian]
18. Bertoia, L. M., & Aulicino, M. B. (2014). Maize forage aptitude: Combining ability of inbred lines and stability of hybrids. *The Crop Journal*, 2 (6), 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2014.07.002>
19. Grain: World Markets and Trade. (2025). *United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service*. Retrieved from: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>
20. Hajibabae, M., Azizi, F., & Zargari, K. (2012). Effect of drought stress on some morphological, physiological and agronomic traits in various foliage corn hybrids. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 12 (7), 890–896.
21. Pellerin, S., Mollier, A., & Plénet, D. (2000). Phosphorus deficiency affects the rate of emergence and number of maize adventitious nodal roots. *Agronomy Journal*, 92 (4), 690–697. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.924690x>
22. Petrychenko, V. F., & Tomashuk, O. V. (2019). Peculiarities of formaton of the quality indicators of corn grains by different cultivatun technologies in the right-bank forest-steppe. *Plant And Soil Science*, 10 (2), 29–37. <https://doi.org/10.31548/agr2019.02.029>
23. Church, R. (1980). Use of fertilizers in England and wales. *Stat Parpenden*, 2, 101–105.
24. Sverida, V. M. (2024). Hormony u rehuliatorakh rostu roslyn. Eridon. Retrieved from: <https://www.eridon.ua/gormoni-u-regulyatorah-rostu-roslin> [in Ukrainian]
25. Plotnikov, V. (2019). 5 unikalnykh vlastyvostey biostymuliatora Vitazym. *SuperAgronom.com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/articles/233-5-unikalnih-vlastivostey-biostimulyatora-vitazim-agroekspert-vadim-plotnikov> [in Ukrainian]

ORCID

- S. Kalenska  <https://orcid.org/0000-0002-3392-837X>
 Yu. Svystunov  <https://orcid.org/0009-0005-0264-7144>
 T. Antal  <https://orcid.org/0000-0002-6225-9347>



2025 Kalenska 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.

Feed and seed productivity of alfalfa in the conditions of the Southern Forest Step of Ukraine

O. Antonets¹ | V. Kocherga²

Article info

Correspondence Author
O. Antonets
E-mail:
apisaaa61@gmail.com¹ Poltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine² Ustymivka experimental
station of plant growing
of the Institute of Plant growing
named after V. Ya. Yuriev of
NAAS of Ukraine,
25, academician Vavilova str.,
v. Ustymivka, 39074, Ukraine**Citation:** Antonets, O., & Kocherga, V. (2025). Feed and seed productivity of alfalfa in the conditions of the Southern Forest Step of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 32–36. doi: 10.31210/spi2025.28.01.06

Alfalfa is one of the oldest perennial leguminous crops used for animal feed. It is well eaten in its pure form and in a mixture with perennial cereal grasses. This grass is a source of high-protein feed, rich in vitamins, carbohydrates, macro- and microelements. In terms of feed value, this plant is an unsurpassed crop. It contains over 200 g of digestible protein in 1 feed unit of leaf and stem mass. Alfalfa has a high yield of green mass, namely 50–60 t/ha and hay 10–12 t/ha. The unique biological features of alfalfa are its perennial and multi-mowing use as a herbage. Alfalfa also improves soil fertility and structure. Therefore, the relevance of the study was to analyze collection samples of alfalfa and bastard lucerne for feed and seed productivity in the conditions of the Southern Forest-Steppe of Ukraine. The aim of the study is to determine the biological potential of alfalfa collection samples. The experiment studied 19 collection samples of bastard lucerne (*Medicago varia* Martyn) and 3 collection samples of alfalfa (*Medicago sativa* L.) – UJ070001, UJ700003 and UJ700456. The studies were conducted on crops of the second and third years in 2022 and 2023 at the Ustymivka Experimental Station of Plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine (Ustymivka ESP). The station is located in the southern part of the Forest-Steppe of Ukraine. The largest total weight of green mass for two slopes in 2023 was given by collection samples of alfalfa UJ070001 (5280 g/m²), UJ700003 (5350 g/m²) and bastard lucerne UJ700053 (5430 g/m²), UJ700518 (5240 g/m²), UJ700486 (5230 g/m²). The highest hay yield for two slopes in 2023 was also shown by the collection samples of alfalfa UJ070001 (1520 g/m²), UJ700003 (1340 g/m²) and the bastard lucerne UJ700053 (1550 g/m²), UJ700518 (2480 g/m²), UJ700486 (1460 g/m²). The seed yield per plot of all collection samples of alfalfa was higher in 2023. So, the best over the years of research on feed and seed productivity were the collection samples of alfalfa (*Medicago sativa* L.) UJ070001 and UJ700003 and the collection samples of bastard lucerne (*Medicago varia* Martyn) UJ700053, UJ700518, UJ700486.

Keywords: alfalfa, bastard lucerne, collection samples, weight from the plot of green mass, hay and seeds.

Кормова і насіннєва продуктивність люцерни в умовах Південного Лісостепу України

О. А. Антонєць¹ | В. Я. Кочерга²¹ Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна² Устимівська дослідна
станція рослинництва
Інституту рослинництва імені
В. Я. Юр'єва НААН України,
с. Устимівка,
Полтавська область, Україна

Люцерна є однією з найстародавніших багаторічних бобових культур, що використовуються на корм тваринам. Вона добре поїдається у чистому вигляді та у суміші з багаторічними злаковими травами. Ця трава є джерелом високобілкового корму, багата на вітаміни, вуглеводи, макро- та мікроелементи. За кормовою цінністю ця рослина є неперевершеною культурою. У неї в 1 кормовій одиниці листостеблової маси міститься понад 200 г перетравного протеїну. Люцерна має високу урожайність зеленої маси, а саме 50–60 т/га та сіна 10–12 т/га. Унікальними біологічними особливостями люцерни є багаторічне і багатоукісне використанням травостою. Також люцерна покращує родючість і структуру ґрунту. Тому актуальність дослідження полягала в аналізі колекційних зразків люцерни посівної і люцерни мінливої на кормову і насіннєву продуктивність в умовах Південного Лісостепу України. Метою дослідження є з'ясування біологічного потенціалу колекційних зразків люцерни. В експерименті вивчали 19 колекційних зразків люцерни мінливої (*Medicago varia* Martyn) і 3 колекційних зразки люцерни посівної (*Medicago sativa* L.) – UJ070001, UJ700003 and UJ700456. Дослідження проводилися на посівах другого і третього років у 2022 і 2023 на Устимівській дослідній станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України (Устимівська ДСР). Станція розташована у південній частині Лісостепу України. Найбільшу сумарну вагу зеленої маси за два укоси у 2023 році дали колекційні зразки люцерни посівної UJ070001 (5280 г/м²), UJ700003 (5350 г/м²) та люцерни мінливої UJ700053 (5430 г/м²), UJ700518 (5240 г/м²), UJ700486 (5230 г/м²). Найбільшу урожайність сіна за два укоси у 2023 році також показали колекційні зразки люцерни посівної UJ070001 (1520 г/м²), UJ700003 (1340 г/м²) та люцерни мінливої UJ700053 (1550 г/м²), UJ700518 (2480 г/м²), UJ700486 (1460 г/м²). Урожайність насіння з ділянки у всіх колекційних зразків люцерни була вищою у 2023 році. Отже, найкращими за роки досліджень щодо кормової і насіннєвої продуктивності були колекційні зразки люцерни посівної (*Medicago sativa* L.) UJ070001 і UJ700003 та колекційні зразки люцерни мінливої (*Medicago varia* Martyn) UJ700053, UJ700518, UJ700486.

Ключові слова: люцерна посівна, люцерна мінлива, колекційні зразки, вага з ділянки зеленої маси, сіна і насіння.**Бібліографічний опис для цитування:** Антонєць О. А., Кочерга В. Я. Кормова і насіннєва продуктивність люцерни в умовах Південного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 32–36.

Introduction

Russia's aggressive war against Ukraine led to the destruction of territories where natural forage lands were located. Their restoration after the end of the war is possible due to perennial leguminous grasses. Growing these crops will significantly increase the productivity, protein content and energy saturation of newly created hayfields and pastures. Perennial leguminous grasses are the main source of crude protein. Compared to cereal crops, they are better absorbed by animals and are balanced in amino acid composition. In Ukraine, the harvest of digestible protein from 1 ha of perennial grass crops is 5.3–6.9 centners. According to V. Zharinov, the yield of green mass of perennial grasses in the Forest-Steppe zone is 215 centners/ha [1].

Since ancient times, the people have grown forage grasses to feed animals. Even at the creation of the world, God said to man: «I have given you every herb bearing seed, which is upon the face of all the earth ... and to every beast of the earth, and to every fowl of the air, and to every thing that creepeth upon the earth, wherein there is life, I have given every green herb for meat» [2].

Among the perennial grasses that are promising in Ukraine, the leading place belongs to alfalfa. This crop has high fodder qualities, as well as useful agrotechnical properties. At the current stage of development of feed production, it creates a strong and complete feed base for animals. Alfalfa is eaten well by all types of animals, even fur-bearing ones. Krishna B. Bhandari, Hannah L. Rusch and Deborah J. Heuschele note, that the alfalfa leaf cell walls are highly digestible, but stem cell walls of alfalfa are not readily digestible. The cell wall component of alfalfa has a large source of dietary energy, but ruminant animals can digest less than half of this component due to the presence of high lignin content. They discuss the potential future strategies for improving alfalfa cell wall digestibility [3].

This grass is a source of high-protein feed, rich in vitamins, carbohydrates, macro- and microelements. *Medicago sativa* L. is used to treat many diseases and has anti-inflammatory and antioxidant effects. 100 kg of alfalfa hay contains 43.3–62.8 feed units and 10.3–13.7 kg of digestible protein, and 100 kg of green mass contains 21.7–72.8 feed units and 4.1–10.2 kg of digestible protein" [4]. "This crop in different soil and climatic conditions makes it possible to obtain up to 35–40 c/ha of cheap feed protein" [5]. N. Getman, M. Kvitko and V. Tsygansky note that alfalfa can show sufficient feed productivity for about eight years. The grass has a high yield of green mass – 50–60 t/ha and hay – 10–12 t/ha, good eating in pure form and in a mixture with perennial cereal grasses. Alfalfa proteins are classified as physiologically active, unlike the reserve proteins of most cereals [6].

Due to the significant decrease in the number of cattle in recent years in Ukraine, O. Kulinich recommends using alfalfa as a green fertilizer in intensive grain production technologies, since this legume absorbs 200 kg/ha of nitrogen from the air during the year [7]. Ammara Latif, Ying Sun, Ali Noman note that «this crop also has eco-friendly behavior since it controls soil erosion

by binding the soil particles together and makes atmospheric nitrogen available to the plants by fixing it in the soil» [8]. «Atmospheric nitrogen fixation makes it an indispensable precursor for other agricultural crops» [9].

V. Petrichenko, N. Getman and Yu. Veklenko noted that "during three years of research, alfalfa provided the highest yield of leaf and stem mass – 47.03 t/ha, dry matter yield – 11.09 t/ha and crude protein – 2.07 t/ha during the early spring sowing period" [10]. N. Getman and B. Danylyuk noted that "mowing three slopes of alfalfa at the beginning of the flowering phase contributes to the effective use of the light regime of the growing season as the main factor in increasing productivity" [11]. N. Getman, L. Burko and I. Svystunova established that the highest productivity of alfalfa was provided by the third mode of using the grass stand "three slopes at the beginning of the flowering phase" [12]. N. Telekalo and M. Melnyk found that "due to the use of pre-sowing treatment of alfalfa seeds and crops with growth stimulants and microfertilizers, the conditions for growth and development of the crop are improved and the yield of green mass is increased" [13]. Hungarian scientists note that «sustainable management of potassium nutrition in alfalfa crop production is one of the major key factors for achieving optimum seed and biomass yields» [14].

R. Vozhegova, A. Tyshchenko, O. Tyshchenko, K. Fundyrat and V. Konovalova focus on the modern continuous selective process with its constant improvement to ensure stability and growth of alfalfa fodder and seed productivity by creating and introducing new varieties [15]. Ukrainian scientists assessed the reactions of alfalfa populations of the second year of life to fodder use and identified the best not only in terms of drought resistance, but also in terms of productivity under stress conditions for further use in the selective process [16]. Brazilian scientists also studied alfalfa with the objective of evaluating and selecting genotypes using methods of adaptability and phenotypic stability, for the production of dry matter in harvests during the rainy and drought seasons [17].

Moroccan scientists studied on the adverse effects of salinity on growth, nodulation, and some physiological parameters in 4 symbiotic combinations involving 2 Moroccan alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations (Demnate and Tata) and 2 rhizobial strains (rhLAr 1 and rhLAr 4). The results showed that salinity significantly reduced the height of plants, their dry biomass, and nodulation [18]. L. Mykhalkiv, S. Kots, R. Yakymchuk noted that "the use of plant growth regulators PS-K, PS-A-6 and TMFP in the latent budding phase intensifies nitrogen fixation in alfalfa of the Yaroslavna variety inoculated with *S. meliloti* M6. PS-K and PS-A-6 have a significant impact on growth processes in case of insufficient water» [19].

Alfalfa adapts well to various climatic conditions, however, is sensitive to acidic soils. «Aluminium toxicity is one of the factors limiting alfalfa (*Medicago sativa* L.) production on acid soils» [20]. Lithuanian scientists and Vasily Buhaiov evaluated the reaction of alfalfa genotypes to acidic soils. The main feature of these acidic soils is the toxic concentration of mobile aluminum [21].

An important aspect in growing alfalfa is increasing its seed productivity. This problem is solved by creating new high-yielding varieties and improving existing crop cultivation technologies. Modern scientists are developing a set of agrotechnical techniques that improve the processes of plant growth and development and promote the formation of generative organs. These technologies significantly increase the seed productivity of alfalfa. A. Tyshchenko notes that “the use of the growth regulator Plantafol 30 contributed to a significant increase in the yield of alfalfa seeds” [22].

Therefore, the relevance of the topic lies in the importance of analyzing collection samples of alfalfa for fodder and seed productivity in the conditions of the Southern Forest-Steppe of Ukraine. This is necessary for selecting good starting material in analytical breeding and solving the problem of seed production.

The aim of the study

The aim of the research is to determine the biological potential of alfalfa collection samples.

In order to achieve the set goal, the following tasks must be solved:

- 1) to evaluate the collection samples of alfalfa for green mass and hay yield;
- 2) to evaluate the collection samples for seed yield.

Materials and methods

The experiments were planned on the Ustymivka Experimental Station of Plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine (Ustymivka ESP) in 2021. The studies were conducted on second and third year alfalfa stands in 2022 and 2023. The station is located in the southern part of the Forest Steppe of Ukraine. The soils are represented by medium loamy, saline, powerful chernozem with a humus content of up to 3.84 %. The Ustymivka ESP is located on the border of the central warm zone of insufficient moisture and the southern warm arid zone. The climate at the station is moderately continental, with unstable humidity. The average long-term air temperature is 8.2 °C. The amount of precipitation varies from 253.8 mm to 777.4 mm per year.

The object of the research is 19 collection samples of the bastard lucerne (*Medicago varia Martyn*) and 3 collection samples of the alfalfa (*Medicago sativa* L.) – UJ070001, UJ700003 and UJ700456. The length of the plot, on which the collection samples grew, was 5 m, the width was 1.4 m. Sowing took place in a row method with a row spacing of 0.70 m. The yield of green mass and hay was determined from the first and second slopes. The mowing was carried out at the beginning of flowering. The seed productivity was determined from the first slope in individual plots. The biometric analysis of collection samples was organized according to the method of conducting examination of plant varieties [23].

Results and discussion

In a market economy, almost 75 % of crop production in the agricultural sector is directly or indirectly used for feed needs. Therefore, modern feed production must provide animal husbandry with a sufficient amount of high-quality feed, balanced in terms of nutrient content. At the XIV International Congress on Grassland, the slogan was: "Grasses feed humanity!" It reflects the importance attached to natural forage lands worldwide [4].

A. Babich notes that alfalfa is one of the oldest perennial legumes, grown only for animal feed. It has deservedly earned the reputation of the queen among perennial legumes because it forms the highest yields of hay and vegetable protein and provides the soil with nitrogen and animals with high-quality feed [24]. S. Antoniv, S. Kolisnyk and O. Zapruta claim that alfalfa is the most widespread and most useful fodder plant. The total area of cultivation of this crop on arable lands of the planet is 33 million hectares. In Ukraine, the area of alfalfa ranges from 0.57 to 1.8 million hectares [25].

N. Getman, M. Kvitko and V. Tsygansky note that the problem of producing feeds balanced in amino acid composition has been and remains one of the priority directions of development of field feed production. Alfalfa is an extremely valuable legume grass, which is widely used in field grass sowing and improvement of natural forage lands mainly in the Forest-Steppe and Steppe zones [6].

To improve the feed base of Ukraine, modern agricultural production puts forward reasonable requirements for new varieties of alfalfa. As a result of the study, the assessment of the feed and seed productivity of collection samples of alfalfa for 2022–2023 showed that ecological conditions in 2023 were more favorable for the realization of the biological potential of the crop. The data in Table 1 show that in 2023, almost all indicators of feed and seed productivity of collection samples of *Medicago varia* Martyn and *Medicago sativa* L. were higher than in 2022.

The largest total weight of green mass for two slopes in 2023 were given by the collection samples of alfalfa UJ070001 (5280 g/m²), UJ700003 (5350 g/m²) and bastard lucerne UJ700053 (5430 g/m²), UJ700518 (5240 g/m²), UJ700486 (5230 g/m²). In 2022, the collection sample of the bastard lucerne UJ700053 of all samples gave the largest total weight of green mass for two slopes (4500 g/m²). Analysis of green mass yield by years showed that in 2023, the weight of green mass from the first slope in all collection samples of alfalfa was greater compared to 2022.

But in 2022, the weight of green mass from the second slope in all collection samples of alfalfa was greater compared to 2023, except for sample UJ700003. It had a green mass yield of 1180 g/m² from the second slope in 2022, and 1850 g/m² in 2023. If we compare the green mass yield by slopes, then in 2022, 11 collection samples on the second slope had a higher yield. In 2023, all collection samples had a higher green mass yield on the first slope.

Table 1
Productivity of collection samples of the alfalfa for 2022–2023

No. according to the national catalog	Years	Weight of green mass, g/m ²			Hay weight, g/m ²			Seed weight from the plot, g/m ²
		First slope	Second slope	Together on the slopes	First slope	Second slope	Together on the slopes	
UJ070001	2022	1930	2100	4030	490	530	1020	3.09
	2023	4040	1240	5280	1160	360	1520	9.25
UJ700003	2022	850	1180	2030	200	270	470	1.7
	2023	3500	1850	5350	960	380	1340	8.46
UJ700456	2022	1400	1500	2900	340	350	690	5.9
	2023	3500	800	4300	1000	250	1250	11.96
UJ700053	2022	2150	2350	4500	520	600	1120	3.03
	2023	3750	1680	5430	1050	500	1550	6.4
UJ700064	2022	2100	2390	4490	550	580	1130	2.09
	2023	3650	1070	4720	1010	310	1320	3.94
UJ700058	2022	1900	1930	3830	440	450	890	3.01
	2023	3450	1020	4470	990	300	1290	4.1
UJ700060	2022	1900	2100	4000	480	500	980	6.08
	2023	3650	1050	4700	860	460	1320	10.32
UJ700576	2022	1650	1680	3330	390	370	760	5.03
	2023	3500	830	4330	950	240	1190	13.39
UJ700073	2022	2250	2150	4400	590	540	1130	2.07
	2023	3500	1080	4380	1040	300	1340	9.11
UJ700518	2022	2100	2000	4100	470	450	920	2.06
	2023	3900	1340	5240	2100	380	2480	7.76
UJ700531	2022	2000	1800	3800	410	410	820	5.08
	2023	3320	800	4120	1150	220	1370	12.43
UJ700450	2022	2200	1940	4140	480	380	860	1.6
	2023	3740	1170	4910	1050	330	1380	8.62
UJ700528	2022	1750	1700	3450	400	360	760	6.6
	2023	3550	1130	4680	1150	300	1450	10.43
UJ700486	2022	1800	2000	3800	420	420	840	2.5
	2023	4050	1180	5230	1130	330	1460	8.84
UJ700523	2022	1300	1080	2380	300	250	550	5.5
	2023	2200	570	2770	660	180	840	9.04
UJ700153	2022	1350	1350	2700	310	290	600	5.7
	2023	1750	280	2030	520	110	630	10.95
UJ700081	2022	1850	2180	4030	420	480	900	1.9
	2023	2870	820	3690	960	260	1220	7.31
UJ700090	2022	2000	2400	4400	470	570	1040	1.2
	2023	3620	400	4020	1110	300	1410	7.21
UJ700652	2022	1920	1800	3720	460	460	920	2.6
	2023	2680	620	3300	830	190	1020	8.72
UJ700588	2022	2000	1100	4100	500	530	1030	2.2
	2023	2850	800	3650	870	240	1110	8.59
UJ700664	2022	1770	1600	3370	410	350	760	2.7
	2023	2850	500	3350	810	150	960	7.1
UJ700569	2022	1550	1420	2970	400	330	730	5.39
	2023	2900	520	3420	880	290	1170	9.2

Analyzing the data in *Table 1*, it can be seen that the highest total hay weight for two slopes in 2023 was shown by the collection samples of alfalfa UJ070001 (1520 g/m²) and bastard lucerne UJ700053 (1550 g/m²), UJ700518 (2480 g/m²), UJ700486 (1460 g/m²). The collection sample of alfalfa UJ700003 also showed a good result in 2023. It had a total hay weight for two slopes of 1340 g/m² compared to the lowest result, which was shown by the collection sample of bastard lucerne UJ700153 (630 g/m²). Analysis of hay yield by years showed that in 2023, the weight of hay from the first slope in all alfalfa collection samples was greater compared to 2022.

In 2022, all alfalfa collection samples from the second slope gave a greater weight of hay compared to 2023, except for sample UJ700003. This alfalfa sample had a hay yield of 270 g/m² from the second slope in 2022, and 380 g/m² in 2023. Comparing hay yield by slopes, the result shows that in 2022, 11 collection samples on the second slope also had a higher yield. In 2023, all collection samples had a higher hay yield on the first slope.

The seed weight per plot in all alfalfa collection samples was higher in 2023, especially in samples that showed high results in green mass and hay yield on slopes.

Therefore, analyzing the data in *Table 1*, it is worth noting the feed and seed productivity of the collection samples of alfalfa *Medicago sativa* L. UJ070001 and UJ700003. The collection samples of bastard lucerne *Medicago varia* Martyn UJ700053, UJ700518, UJ700486 stand out significantly among all the samples.

Conclusions

The results of the study of the feed and seed productivity of collection samples of alfalfa *Medicago sativa* L. and bastard lucerne *Medicago varia* Martyn will be used to increase the productivity of natural meadows and pastures in Ukraine. Alfalfa is also advisable to use in field feed production, namely for the creation of cultivated pastures and hayfields and their restoration after the war. As a result of research in 2022–2023, the biological potential of collection samples of alfalfa was

determined. Collection samples of alfalfa were assessed for the yield of green mass, hay and seeds. For 2022–2023, the best collection samples of alfalfa UJ070001 and UJ700003 and bastard lucerne UJ700053, UJ700518, UJ700486 were selected for the yield of green mass and hay for two slopes and seeds.

Selected collection samples of alfalfa and bastard lucerne are recommended as starting material for analytical selection to improve the feed and seed productivity of this unique perennial legume.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Iermakova, L.M., Ivanovska, R. T., & Shevnikov, M. Ia. (2008). *Kormovyrobnytstvo*. Kyiv: Intas [in Ukrainian]
- King James Version of the Bible. (n.d.). [dataset]. In *Religion Past and Present*. Brill. https://doi.org/10.1163/1877-5888_rpp_dum_11577
- Bhandari, K. B., Rusch, H. L., & Heuschele, D. J. (2023). Alfalfa stem cell wall digestibility: Current knowledge and future research directions. *Agronomy*, 13 (12), 2875. <https://doi.org/10.3390/agronomy13122875>
- Hryhoriev, V. I., Ohurtsov, Ye. M., Bobro, M. A., & Mikhieiev, V. H. (2021). *Kormovyrobnytstvo ta lukivnytstvo*. Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian]
- Antonets, O. A. (2007). Istorychne znachennia vprovadzhennia liutserny u vyrobnytstvo. *Pytannia Istorii Nauky i Tekhniky*, 3–4, 14–18. [in Ukrainian]
- Hetman, N. Ia., Kvitko, M. H., & Tsyhanskyi, V. I. (2021). *Liutserna posivna*. Vinnytsia: TVORY [in Ukrainian]
- Kulinich, O. M. (2005). Vnosymo azot z bobovymy. *Propozytsiia*, 5, 50. [in Ukrainian]
- Latif, A., Sun, Y., & Noman, A. (2023). Herbaceous Alfalfa plant as a multipurpose crop and predominant forage specie in Pakistan. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1126151>
- Tyshchenko, A. V., Tyshchenko, O. D., Kuts, G. M., Piliarska, O. O., Liuta, Yu. O., & Galchenko, N. M. (2021). Seed productivity of alfalfa in the first year of life, depending on pest control measures. *Agrarian Innovations*, 6, 69–81. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.6.12>
- Petrychenko, V., Getman, N., & Veklenko, Ju. (2020). Justification of productivity of lucerne in long-term use of grass biomass in the context of climate change. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (3), 20–26. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-03>
- Hetman, N. Y., & Danyliuk, B. M. (2024). Scientific substantiation of the productivity of sowing alfalfa depending on soil and climatic conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Biorosursiv i Prirodokoristuvannia Ukraini*, 2024 (1/107). [https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.003](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.003)
- Hetman, N., Burko, L., & Svystunova, I. (2023). Productivity of alfalfa in the system of organic production under the conditions of climate change. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 19 (2). [https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.006](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.006)
- 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>
- Appiah, E. A., Balla-Kovács, A., Ocwa, A., Csajbók, J., & Kutasy, E. (2024). Enhancing Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Productivity: Exploring the Significance of Potassium Nutrition. *Agronomy*, 14 (8), 1806. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081806>
- Vozhehova, R. A., Tyshchenko, A. V., Tyshchenko, O. D., Fundyrat, K. S., & Konovalova, V. M. (2023). Adaptivni oznaky ta yikh proiav u populatsii liutserny drugoho roku za kormovoho vykorystannia. *Ahrarni Innovatsii*, 18, 143–155. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.20> [in Ukrainian]
- Vozhehova, R. A., Tyshchenko, A. V., Tyshchenko, O. D., Piliarska, O. O., Fundyrat, K. S., & Konovalova, V. M. (2023). Posukhostiikist populatsii liutserny drugoho roku za kormovoho vykorystannia. *Ahrarni Innovatsii*, 17, 25–36. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.4> [in Ukrainian]
- Vasconcelos, E. S. de, Barioni Júnior, W., Cruz, C. D., Ferreira, R. D. P., Rassini, J. B., & Vilela, D. (2008). Seleção de genótipos de alfafa pela adaptabilidade e estabilidade Da produção de matéria seca. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30 (3). <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i3.3511>
- Latrach, L., Farissi, M., Mauradi, M., Makoudi, B., Bouizgaren, A., & Ghoulam, C. (2014). Growth and nodulation of alfalfa-rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38, 320–326. <https://doi.org/10.3906/tar-1305-52>
- 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>
- Buhaiov, V., Horenskyi, V., & Liatukienė, A. (2018). The response of *Medicago sativa* to aluminium toxicity under laboratory and field conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 105 (2), 141–148. <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.018>
- Liatukienė, A., Skuodienė, R., Kemešytė, V., & Buhaiov, V. (2024). Crops of alfalfa genotypes in the soil with very low and very toxic concentrations of mobile aluminium. *Cogent Food & Agriculture*, 10 (1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2294543>
- Tyshchenko, A. V. (2014). Nasinnieva produktyvnist liutserny zalezho vid umov zvolozhennia ta zastosuvannia rehuliatora rostu Plantafol 30 u Pivdennomu stepu. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 90, 102–107. [in Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Red.). (2017). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy tekhnichnykh ta kormovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini: 3-tie vydannia, vypravlene i dopovnene*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
- Babych, A. O. (1996). *Kormovi i likarski roslyny v XX i XXI stolittiakh*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian]
- 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/kormovyrobnytstvo202396-19>

ORCID

- O. Antonets  <https://orcid.org/0000-0001-6741-9023>
V. Kocherga  <https://orcid.org/0000-0002-0596-0567>



2025 Antonets O. and Kocherga 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.

Formation of corn grain yield and quality depending on mineral nutrition rates and nitrification inhibitors

V. Bidnyna✉

Article info

Correspondence Author

V. Bidnyna

E-mail:

vitalii.bidnyna@astarta.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Bidnyna, V. (2025). Formation of corn grain yield and quality depending on mineral nutrition rates and nitrification inhibitors. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 37–42. doi: 10.31210/spi2025.28.01.07

Corn is a globally consumed cereal crop that has found widespread application in numerous industries due to its physiological properties. This has led to an increase in its cultivation volumes, which currently exceed 1 billion tons, requiring significant amounts of synthetic nitrogen fertilizers. To enhance their efficiency in agricultural practice, nitrification inhibitors are used, reducing nitrification and N₂O emissions from soils. The aim of this study is to determine the impact of mineral nutrition rates and nitrification inhibitors on corn grain yield and quality. The research was conducted in 2023 under field conditions at VP "Hoholeve" LLC "Agrofirma imeni Dovzhenka" (Poltava region) using the RGT Lipexx corn hybrid (FAO 290). The study established that after the application of UAN-32 with Ultra Boost for NH₃ (1.5 L/ha), the nitrogen level in the soil increased on average by 28.4 %, 15.5 %, and 13.4 % in the respective horizons of 0–20 cm, 20–40 cm, and 40–60 cm. The highest nitrogen content was recorded in the plot where 300 kg/ha of UAN-32 was applied, exceeding the levels in plots with lower fertilizer doses by 7.9–18.0 %. It was determined that a positive nitrogen content dynamic in the soil after six months was observed only in the plots with 250 and 300 kg/ha of UAN-32 in the upper horizons. The highest yield (70.6 q/ha) was obtained in the plot with 300 kg/ha of UAN-32 and UBfNH₃, which was 22.1 % higher than the control. It was found that grain bulk density varied from 792 to 816 g/L, and the weight of 1000 kernels ranged from 264 to 306 g depending on the UAN-32 application scheme combined with UBfNH₃, indicating the influence of fertilizers on grain production. The protein, starch, and fat content increased with higher UAN-32 application rates, with the maximum values (11.0 %, 70.0 %, and 7.0 %, respectively) recorded in the plot with 300 kg/ha of UAN-32. The research results confirm the high efficiency of using UAN-32 (300 kg/ha) in combination with UBfNH₃ to improve corn grain yield and quality.

Keywords: *Zea mays* L., efficiency, bulk density, 1000 kernel weight, moisture, protein, fat, starch.

Формування врожайності й якості зерна кукурудзи залежно від норм мінерального живлення й інгібіторів нітрифікації

В. Ю. Біднина

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Кукурудза є зерновою культурою, що споживається у всьому світі, та набула широкого використання у багатьох галузях завдяки своїм фізіологічним властивостям. Це обумовлює збільшення обсягів її вирощування, що наразі перевищують 1 млрд т, і потребують значних норм синтетичних азотних добрив. Для підвищення ефективності їх використання у сільськогосподарській практиці використовують інгібітори нітрифікації, що призводить до зниження нітрифікації та викиду N₂O з ґрунтів. Метою дослідження є визначення впливу норм мінерального живлення й інгібіторів нітрифікації на врожайність і якість зерна кукурудзи. Дослідження проведено у 2023 р. в польових умовах на території ВП «Гоголеве» ТОВ «Агрофірма імені Довженка» (Полтавська область) з використанням гібриду кукурудзи RGT Ліпекс (FAO 290). У статті встановлено, що після внесення КАС-32 з Ultra Boost for NH₃ (1,5 л/га) рівень азоту в ґрунті збільшився в середньому на 28,4, 15,5 та 13,4 % у відповідних горизонтах 0–20 см, 20–40 см і 40–60 см. Найвищий рівень азоту зафіксовано на ділянці з внесенням 300 кг/га КАС-32, що перевищувало показники ділянок із меншими дозами добрива на 7,9–18,0 %. Визначено, що позитивна динаміка вмісту азоту в ґрунті через пів року спостерігалася лише на ділянці з внесенням 250 і 300 кг/га КАС-32 у верхніх горизонтах. Найвища врожайність (70,6 ц/га) отримана на ділянці з внесенням 300 кг/га КАС-32 та UBfNH₃, що на 22,1 % більше за контроль. Встановлено, що натура зерна змінювалася від 792 до 816 г/л, а маса 1000 зерен – від 264 до 306 г залежно від схеми внесення КАС-32 разом з UBfNH₃, що свідчить про вплив добрив на формування зернової продукції. Вміст білка, крохмалю та жиру підвищувався зі збільшенням норми КАС-32, а максимальні значення (11,0 %, 70,0 % та 7,0 % відповідно) зафіксовані на ділянці з 300 кг/га КАС-32. Результати дослідження підтверджують високу ефективність використання КАС-32 (300 кг/га) у поєднанні з UBfNH₃ для підвищення врожайності та якості зерна кукурудзи.

Ключові слова: *Zea mays* L., ефективність, натура, маса 1000 зерен, вологість, білок, жир, крохмаль.

Бібліографічний опис для цитування: Біднина В. Ю. Формування врожайності й якості зерна кукурудзи залежно від норм мінерального живлення й інгібіторів нітрифікації. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 37–42.

Вступ

Останнім часом популярність і значення кукурудзи зросли [1, 2], що пов'язано з фізіологічними властивостями рослини та напрямками використання (кормовий, продовольчий і технічний, що включає виробництво біогазу та біопалива) [3]. Зерно кукурудзи містить кілька основних компонентів, які є важливими для його харчового та технічного використання, а саме: крохмаль – 67–70 %, воду – 12–15 %, білок – 8–11 %, жир – 5–7 %, вітаміни групи В і Е, мікроелементи (цинк, магній, кальцій, марганець, залізо) [4]. Ці компоненти роблять кукурудзу важливим продуктом для харчування та корму для тварин.

Кукурудза (*Zea mays* L.) є найбільш урожайної зерновою сільськогосподарською культурою, посівні площі якої в світі перевищують 180 млн га [5]. При цьому обсяги виробництва зерна у 2024 р. становили 1214,3 млн т, з яких 31,1 і 24,3 % приходились на США і Китай відповідно. Україна з обсягами в 2,2 % (26,5 млн т) посідала 7 місце після Індії у світовому виробництві кукурудзи [6]. Це найнижчий врожай культури з 2017 р. (24,1 тис. т) за найменших посівних площ у 4,1 тис. га з 2015 р. та низької врожайності в 6,46 т/га з 2022 р. [7]. Причинами таких негативних тенденцій є повномасштабна війна на території України та несприятливі кліматичні умови 2024 р. (висока температура повітря за низьких опадів).

Оскільки кукурудза – швидкозростаюча рослина, вона має високу потребу в основних поживних речовинах, брак яких може уповільнити ріст і знизити її продуктивність [8]. При вирощуванні кукурудзи дефіцит поживних речовин на ключових стадіях росту може вплинути на продуктивність рослин [9]. Наукові дослідження підтверджують, що підвищення врожайності завдяки внесенню добрив може становити 30–50 % [10, 11]. Однак це можливо лише за умови застосування науково обґрунтованих методів захисту культур від шкідників, хвороб і бур'янів, використання ефективних технологій обробітку ґрунту [12].

Важливим фактором є забезпечення рослин усіма необхідними макро- та мікроелементами як із ґрунту, так і з внесених добрив [13]. Дослідники рекомендують звернути увагу на те, що кукурудза створює певний стрес для ґрунту через високу потребу в поживних речовинах, оскільки для досягнення високої продуктивності рослин використовуються необґрунтовані норми азотних добрив [14]. Азот є одним із основних елементів живлення рослин при інтенсифікації рослинництва [15]. Правильне та раціональне використання азоту не тільки забезпечує стабільність урожайності, а й покращує біологічну та технологічну цінність посівів, змінює хімічний склад ґрунту, може негативно впливати на природне середовище [16]. Під час вирощування кукурудзи азот слід використовувати у вищих нормах, але без шкоди екологічним вимогам [17], щоб не погіршувати хімічні, біологічні та фізичні властивості ґрунту [18].

Для зменшення втрат азоту (N) з ґрунтів використовуються інгібітори нітрифікації [19–21], які також виявили свою ефективність щодо підвищення врожайності сільськогосподарських культур і зменшенні викидів оксиду азоту (N_2O) [22]. Виробництво N_2O в ґрунті залежить від нітратів (NO_3^-) і амонію (NH_4^+), що забезпечуються мінеральними або органічними азотними добривами [23]. Інгібітори нітрифікації уповільнюють перетворення NH_4^+ в NO_3^- шляхом зниження ферментативної активності бактерій, які окиснюють амоній, що призводить до зниження нітрифікації та викиду N_2O з ґрунтів [24]. Однак їх ефективність у підвищенні врожайності й ефективності використання азоту з добрив суттєво різниться в залежності від типів ґрунтів [25].

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у визначенні впливу норм мінерального живлення й інгібіторів нітрифікації на врожайність і якість зерна кукурудзи в умовах лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження:

- дослідити зміну вмісту азоту в різних шарах ґрунту за різних схем внесення КАС-32 з інгібітором нітрифікації;
- дослідити врожайність кукурудзи за різних схем удобрення;
- проаналізувати якість зерна кукурудзи залежно від норм внесення КАС-32;
- за результатами визначити ефективність різних схем удобрення.

Матеріали і методи

Дослідження проведено у 2023 р. в польових умовах на території ВП «Гоголеве» ТОВ «Агрофірма імені Довженка» (с. Гоголеве, Шишацький район, Полтавська область). Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений чорноземом типовим малогумусним із високим ступенем деградації, що містить: N – 126,0 мг/кг; P – 140,7 мг/кг; K – 122,7 мг/кг.

За схемою досліду восени було внесено добриво КАС-32 у поєднанні з інгібітором нітрифікації Ultra Boost for NH_3 на чотирьох експериментальних ділянках, кожна з яких займала 7 га (*табл. 1*).

Препарат Ultra Boost for NH_3 ($UBfNH_3$) є рідким засобом, який застосовується разом із КАС або безводним аміаком та виконує функцію інгібітора нітрифікації. До його складу входять такі кислоти: гумінові (17,8 %), фульвові (4,77 %) та ульмінові (1,19 %).

Передпосівний обробіток ґрунту включав:

1. Осінню культивування трактором Case-310 і культиватором Wil-Rich Quadx (ширина захвату – 11,2 м, глибина обробітку – 12 см із заробкою добрив).
2. Весняне боронування (закриття вологи) трактором Fendt 936 Vario із зубовою бороною БШЗ 21.
3. Передпосівну культивування трактором Fendt 936 Vario з дисковою бороною LEMKEN Gigant 10/1000 (ширина захвату – 10 м).

Сівбу гібриду кукурудзи RGT Ліпекс (ФАО 290) проведено 8 квітня 2024 р. (72 тис. шт./га) трактором John Deere 8345 R із сівалкою HORSH Maestro 24SW. Сходи були зафіксовані 16 квітня, а збирання врожаю – 7 жовтня.

Протягом вегетаційного періоду внесено: ґрунтовий гербіцид – Аценіт А (2 л/га); страхові гербіциди – Пріма (0,5 л/га) + Міладар (1,2 л/га) + Тренд 90 (0,2 л/га).

Крім того, виконано такі агротехнічні заходи:

1. Міжрядний обробіток ґрунту – трактором Case IH Magnum 260 з міжрядним культиватором Toscana КТУСАУ (ширина захвату – 6 м).

2. Дискування – трактором МТЗ-1221 із дисковою бороною АГ-2,4.

Щоб оцінити вплив поєднання КАС-32 та інгібітора нітрифікації на вміст азоту в ґрунті, трічі здійснено відбирання зразків на різних глибинах (0–20 см, 20–40 см, 40–60 см) для кожної ділянки. Повторність аналізу – триразова.

Визначення натурі зерна кукурудзи виконано згідно з вимогами ДСТУ 10840:2019 «Зерно. Метод визначення натурі» [26]. Маса 1000 зерен

визначалася відбором двох проб по 500 зерен, які зважувалися на лабораторних вагах, після чого показник розраховували відповідно до ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [27]. Облік врожаю проводили шляхом повного обмолочування зерна з кожної ділянки з подальшим коригуванням показників до 100 % чистоти та 14 % базисної вологості [28]. Показники якості зерна наведено за результатами лабораторних досліджень.

Результати та їх обговорення

У попередніх дослідженнях [29, 30] встановлено, що після внесення азотних добрив рівень азоту в ґрунті на дослідних ділянках підвищився в середньому на 28,4, 15,5 та 13,4 % у відповідних горизонтах 0–20 см, 20–40 см і 40–60 см (*рис. 1*). Серед ділянок, де застосовувався інгібітор нітрифікації, найвищий рівень азоту зафіксовано на ділянці, де вносили КАС-32 у нормі 300 кг/га. Вміст азоту тут перевищував аналогічні показники на ділянках із внесенням 250 і 150 кг/га КАС-32 на 7,9–18,0 %.

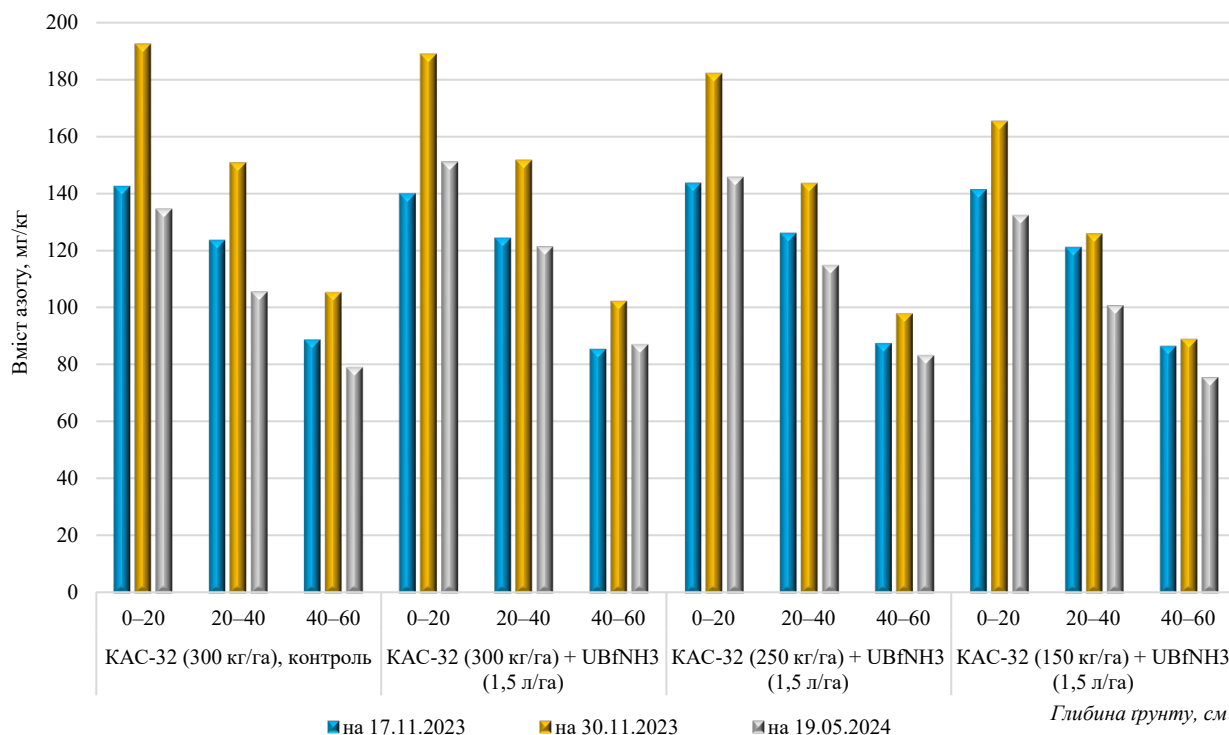


Рис. 1. Вміст азоту в різних горизонтах ґрунту залежно від схеми удобрення, 2023–2024 рр.

Аналізи ґрунту на вміст азоту, проведені 19.05.2024 р., засвідчили, що позитивне відхилення від початкових показників (станом на 17.11.2023 р.) спостерігалось лише на ділянці з внесенням 300 кг/га КАС-32 у горизонтах 0–20 см і 40–60 см, а також на ділянці з внесенням 250 кг/га КАС-32 у шарі 0–20 см (див. *рис. 1*). Це підтверджує високу ефективність удобрення КАС-32 (300 кг/га) у поєднанні з UBfNH₃ (1,5 л/га). Основна маса кореневої системи кукурудзи розміщується

на глибині 30–60 см, проте частина коренів проникає ще глибше, забезпечуючи рослину вологою з горизонту 1,5–4 м [31].

За попередніми розрахунками рівень урожайності гібриду кукурудзи RGT Ліпекс мав тісний зв'язок із рівнем вмісту азоту в ґрунті [32]. Найвищий показник урожайності (70,6 ц/га) отримано на ділянці з внесенням 300 кг/га КАС-32 та UBfNH₃, тоді як найнижчий – на контрольній ділянці (57,8 ц/га), що становить 81,9 % від максимального рівня (*табл. 1*).

Таблиця 1

Показники якості та врожайності кукурудзи за різних схем удобрення

Дослідна ділянка за схемою удобрення	Натура зерна, г/л	Маса 1000 зерен, г	Вологість, %	Смітна домішка, %	Масова частка, %			Урожайність, ц/га
					білка	жиру	крохмалю	
Контроль	792	264	13,9	2,0	8,0	5,0	65,0	57,8
КАС-32 (300 кг/га) + UBfNH ₃	816	306	13,4	1,9	11,0	7,0	70,0	70,6
КАС-32 (250 кг/га) + UBfNH ₃	805	294	13,7	2,0	9,0	6,0	68,0	63,8
КАС-32 (150 кг/га) + UBfNH ₃	796	273	13,4	2,0	9,0	5,0	67,0	62,4

Врожайність на ділянці з внесенням 250 кг/га КАС-32 та UBfNH₃ виявилась нижчою на 9,6 % порівняно з максимальним показником, що відповідає зменшенню вмісту азоту на глибині 40–60 см на 4,4 % (див. *рис. 1*). При цьому, порівняно з контрольною ділянкою врожайність за цієї схеми удобрення вища на 10,4 %, а вміст азоту в шарі 40–60 см перевищує контрольний показник на 5,3 %.

На ділянці з внесенням 150 кг/га КАС-32 та UBfNH₃ отримано врожайність на рівні 88,4 та 108,0 % від максимального та мінімального рівня відповідно. При цьому, рівень азоту у всіх горизонтах ґрунту залишався найнижчим як до внесення добрив, так і після.

Фізичні та хімічні показники продукції, яку отримують в результаті вирощування кукурудзи регулюються ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови» [33].

Згідно з отриманими результатами (див. *табл. 1*) показники якості зерна кукурудзи різнились залежно від схеми дослідження.

До важливих фізичних показників зерна у круп'яному виробництві відносяться показники натури та маси 1000 зерен. З урахуванням достатньо великих розмірів зерна кукурудзи й особливостей його морфологічної будови, для нього є характерними значення натури в межах 700–900 г/л, що є найбільшими з-поміж традиційних злакових культур [34, 35]. На масу 1000 зерен кукурудзи впливають сортові особливості та агрокліматичні умови, в зв'язку з чим вона змінюється від 150 до 600 г [4].

Натура зерна є важливим якісним параметром, що визначається його масою в певному об'ємі (насіпна щільність). Цей показник безпосередньо пов'язаний із процесом дозрівання зерна та свідчить про завершення синтезу поживних речовин. За результатами досліджень, між натурою зерна та фізико-хімічними змінами продукції в ньому зв'язку не виявлено [36].

Показники натури зерен із дослідних ділянок знаходились у межах від 792 до 816 г/л, де найменший показник отримано на контролі, а найбільший – за внесення КАС-32 в нормі 300 кг/га у поєднанні з UBfNH₃. Необхідно відмітити, що показник натури зменшується зі зниженням внесення норми КАС-32.

Відповідна динаміка характерна і для маси 1000 зерен, показник якої коливався у межах від 264 до 306 г, що нижче сортових показників у 320–340 г [37]. Виконуючи аналіз отриманих даних,

доцільно відмітити, що отримані показники маси 1000 зерен і врожайності є меншими (на 11,1 і 12,0 % відповідно), ніж сортові [38] навіть за удобрення КАС-32 (300 кг/га) у поєднанні з UBfNH₃, що може бути наслідком впливу несприятливих погодних умов (високі температури та недолік опадів).

Показник маси 1000 зерен є ключовим для оцінки продуктивного потенціалу кукурудзи, визначає якість насіннєвого матеріалу та дозволяє оптимізувати технології вирощування культури. Встановлено, що зі збільшенням розміру насіння зростає його питома маса, а також вміст поживних речовин, що сприяє отриманню вищого врожаю з покращеними якісними характеристиками [39].

Вміст вологи в зерні кукурудзи впливає на його придатність до зберігання. Надмірна вологість сприяє активізації процесів дихання зерна, створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, що може призвести до значних втрат та погіршення якості продукції. Вологість є ключовим показником, який має як технологічне, так і фізіологічне значення для насіння кукурудзи [40].

Згідно з ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови» вологість зерна кукурудзи не має перевищувати 15 %, що відповідає отриманим результатам з дослідних ділянок (див. *табл.*) і перебуває в межах 13,4–13,9 %. При цьому, найбільш вологе зерно отримано на контрольній ділянці, а найменш – за внесення удобрення КАС-32 у нормах 300 і 150 кг/га у поєднанні з UBfNH₃.

Рівень смітної домішки в зерні не має перевищувати 1 % для зерна 1 класу (продукти дитячого харчування) та 2 класу (харчові концентрати та продукти) [33]. Якщо її рівень 2 %, як у нашому випадку, зерно відноситься до 2 класу (круп, борошно).

Важливими показниками якості зерна кукурудзи є вміст білка, крохмалю та жиру, баланс між якими визначає якість і призначення зерна – від продовольчого до технічного та кормового використання. Білок визначає харчову та кормову цінність зерна, впливає на поживність кормів для тварин і якість переробленої продукції. Крохмаль є основним джерелом енергії, важливим для виробництва крохмалопродуктів, біоетанолу та використання в харчовій промисловості. Жир підвищує енергетичну цінність зерна, що важливо для кормового використання, а також впливає на технологічні властивості при переробці [41].

Результати наших досліджень (див. *табл. 1*) свідчать, що норми внесення КАС-32 значно впли-

вають на вміст білку, крохмалю та жиру в зерні кукурудзи. Дослідженнями виявлено пряму залежність між накопиченням вмісту цих компонентів за застосування різних норм КАС-32 – чим більше норма внесення, тим більше їх вміст. Найбільший вміст білка визначено за внесення 300 кг/га КАС-32 – 11,0 %, що перевищує контроль на 3 %, та відповідає сортовим характеристикам (8,8 %) [38]. Вплив удобрення на вміст жиру в зерні був не значний – 6,0–7,0 % за внесення КАС-32 в нормі 250 і 300 кг/га відповідно, тоді як на контролі та внесенні 150 кг/га КАС-32 – 5 %.

Показники вмісту крохмалю в зерні були в межах 65,0–70,0 %, що 5,3–12,0 % менше за сортові характеристики [38]. Це пов'язано зі стресовими факторами (посуха, високі температури, дефіцит поживних речовин, що в значній мірі можна зменшити шляхом застосування гумінових препаратів) [42, 43], що сприяли зниженню синтезу крохмалю в зерні. При цьому, найбільший вміст крохмалю отримано за внесення 300 кг/га КАС-32 – 107,7 % від контролю, та зі зменшенням норми КАС-32 на 50–100 кг/га зменшувався на 1,0–2,0 %.

Наші дослідження підтверджують, що клімат є важливим чинником, який впливає на стабільне формування якісних показників зерна кукурудзи, зокрема на засвоєння рослиною елементів живлення. Окрім цього, кліматичні умови визначають ефективність реалізації інших технологічних заходів, що необхідно враховувати у сучасних методах вирощування [44].

Висновки

Результати проведених досліджень свідчать, що внесення КАС-32 у поєднанні з інгібітором нітрифікації $UBfNH_3$ значно впливає на рівень вмісту азоту в ґрунті. Максимальний рівень азоту зафіксовано при застосуванні КАС-32 у нормі 300 кг/га, що забезпечило його найбільше накопичення у всіх горизонтах ґрунту. Визначено, що врожайність гібриду кукурудзи RGT Ліпекс тісно корелює з рівнем азоту в ґрунті. Максимальний показник урожайності (70,6 ц/га) отримано при внесенні 300 кг/га КАС-32, що на 22,1 % вище, ніж на контрольній ділянці. Натура зерна та маса 1000 зерен зростають зі збільшенням норми внесення КАС-32. Найбільші значення (816 г/л і 306 г відповідно) отримано при внесенні 300 кг/га КАС-32, що свідчить про кращу якість зерна. Вологість зерна кукурудзи на всіх дослідних ділянках перебувала в межах стандартних норм (13,4–13,9 %), що забезпечує його придатність до зберігання. Виявлено, що вміст білка, жиру та крохмалю в зерні кукурудзи залежить від рівня азотного живлення. Найвищий вміст білка відзначено при внесенні 300 кг/га КАС-32 – 11,0 %, що перевищує контрольний показник на 3,0 %.

Внесення КАС-32 у нормі 300 кг/га у поєднанні з інгібітором нітрифікації $UBfNH_3$ є оптимальною

стратегією для підвищення урожайності та поліпшення якості зерна кукурудзи, що підтверджується отриманими даними аналізу ґрунту та врожайності.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні впливу погодних умов на врожайність і якість зерна кукурудзи за різних схем мінерального живлення у поєднанні з інгібіторами нітрифікації.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Amnuaylojaroen, T., Chanvichit, P., Janta, R., & Surapipith, V. (2021). Projection of rice and maize productions in northern thailand under climate change scenario RCP8.5. *Agriculture*, 11, 23. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010023>
2. Neumann, K., Verburg, P. H., Stehfest, E., & Müller, C. (2010). The yield gap of global grain production: A spatial analysis. *Agricultural Systems*, 103, 316–326. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.02.004>
3. Azurkin, V. O., Polishchuk, I. S., & Mazur, V. A. (2011). Produktivnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia dlia vyrobnytstva bioetanolu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya Silskohospodarski Nauky*, 8 (48), 27–35. [in Ukrainian]
4. Shapovalenko, O. I., Rybchynskyi, R. S., & Kustov, I. O. (2019). Technological characteristics of maize grain. *Scientific Works*, 83 (2), 39–43. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v2i83.1531>
5. Tkachuk, O., & Bondarenko, M. (2022). Ecological assessment of repeated corn crops in Ukraine. *Agriculture and Forestry*, 1, 182–191. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-1-13>
6. Global corn production in 2024/2025, by country. (2025). *Statista*. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/254292/global-corn-production-by-country>
7. Ukraine corn area, yield and production. *USDA*. Retrieved from: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Corn>
8. Bender, R. R., Haegele, J. W., Rufo, M. L., & Below, F. E. (2013). Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. *Agronomy Journal*, 105, 161–170. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0352>
9. Marschner, H. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press.
10. Fauziah, L., Anggraeni, L., Latifah, E., Istiqomah, N., & Khamidah, A. (2023). Increased yield and quality of corn by inorganic fertilizers and utilization of corn as food to support food security. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1253 (1), 012129. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1253/1/012129>
11. Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., Chaika, T. O., & Keda, L. Yu. (2023). Peculiarities of growth, development, and formation of corn hybrids' productivity depending on sowing time. *Taurian Scientific Herald*, 134, 79–88. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.12>
12. Balawejder, M., Szostek, M., Gorzelany, J., Antos, P., Witek, G., & Matlok, N. (2020). A study on the potential fertilization effects of microgranule fertilizer based on the protein and calcined bones in maize cultivation. *Sustainability*, 12 (4), 1343. <https://doi.org/10.3390/su12041343>
13. Kukurudza na zerno: vysoka efektyvnist startovykh dobyv «Elixir Zorka» v umovakh enerhetychnoi ta ekonomichnoi kryzy. (2021). *Elixir Ukraine*. Retrieved from: <https://elixir-ukraine.com/kukurudza-na-zerno-vysoka-efektyvnist-startovykh-dobryv-elixir-zorka-v-umovah-enerhetychnoy-ta-ekonomichnoyi-kryzy/?form=MG0AV3> [in Ukrainian]
14. Drulis, P., Kriauciūnienė, Z., & Liakas, V. (2022). The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*, 12 (3), 741. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030741>
15. Asibi, A. E., Chai, Q., & Coulter, J. A. (2019). Mechanisms of nitrogen use in maize. *Agronomy*, 9 (12), 775. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120775>

16. Andraski, T. W., Bundy, L. G., & Brye, K. R. (2000). Crop management and corn nitrogen rate effects on nitrate leaching. *Journal of Environmental Quality*, 29, 1095–1103. <https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900040009x>
17. Szulc, P., Bocianowski, J., & Rybus, M. (2012). Response of nitrogen nutritional indices of maize leaves to different mineral-organic fertilization. *Maydica*, 57, 260–265.
18. Chaika, T. O., Korotkova, I. V., & Lotysh, I. I. (2024). Osoblyvosti vyroshchuvannya kukurudzy metodamy orhanichnoho silskoho hospodarstva. *Urozhainist ta yakist produktii rosllynnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannya, prysviachena pamiati profesora H. P. Zhemely: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
19. Lam, S. K., Suter, H., Bai, M., Walker, C., Davies, R., Mosier, A. R., & Chen, D. (2018). Using urease and nitrification inhibitors to decrease ammonia and nitrous oxide emissions and improve productivity in a subtropical pasture. *Science of The Total Environment*, 644, 1531–1535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.092>
20. Wang, H., Köbke, S., & Dittert, K. (2020). Use of urease and nitrification inhibitors to reduce gaseous nitrogen emissions from fertilizers containing ammonium nitrate and urea. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00933. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00933>
21. Korotkova, I. V., & Bidnyna, V. Yu. (2024). Vplyv azotnykh dobryv ta inhibitoriv nitryfikatsii na fazy rozvytku pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno. *Khimii, biotekhnolohiia, ekolohiia ta osvita: VIII Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Poltava : PDAU [in Ukrainian]
22. Akiyama, H., Yan, X., & Yagi, K. (2010). Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biology*, 16 (6), 1837–1846. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02031.x>
23. Ruser, R., Fuß, R., Andres, M., Hegewald, H., Kesenheimer, K., Köbke, S., Rübiger, T., Quinones, T. S., Augustin, J., Christen, O., Dittert, K., Kage, H., Lewandowski, I., Prochnow, A., Stichnothe, H., & Flessa, H. (2017). Nitrous oxide emissions from winter oilseed rape cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 249, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.039>
24. Ruser, R., & Schulz, R. (2015). The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils – a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178 (2), 171–188. <https://doi.org/10.1002/jpln.201400251>
25. Liu, S.-Y., Wu, D., Ju, X.-T., Shen, J.-P., Cheng, Y., Deng, N., Song, X.-T., Di, H.-J., Li, P.-P., Han, L.-L., Ge, A.-H., Wu, C.-F., & Zhang, L.-M. (2024). Nitrification inhibitor induced microbial NH₄⁺-N immobilization improves maize nitrogen use efficiency in strong ammonia oxidation soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 202, 109687. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109687>
26. DSTU 10840:2019. Zerno. Metod vyznachennia natyry. Chynnyi vid 2019-01-01. (2019). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=89079 [in Ukrainian]
27. DSTU 4138-2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti. Chynnyi vid 2004-01-01. (2003). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91465 [in Ukrainian]
28. Volkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur. Vypusk. 2. Zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury*. Kyiv: Alefa [in Ukrainian]
29. Korotkova, I. V., & Bidnyna, V. Yu. (2024). Effect of nitrogen fertilizers and nitrification inhibitors on the soil nitrogen content when growing corn. *Taurian Scientific Herald*, 1 (135), 98–105. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.13>
30. Bidnyna, V. Yu. (2024). Potentsiina vrozhaunist kukurudzy zalezno vid hustoty rosllyn, riznykh norm azotnykh dobryv z vykorystanniam inhibitoriv nitryfikatsii. In T. O. Chaika (Ed.), *Zbalansovanyi rozvytok ekosystem: suchasnyi stan i perspektyvy: kolektyvna monohrafiia*. (s. 144–153). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
31. Morfolohichni oznaky kukurudzy. (2014). *Syngenta*. Retrieved from: <https://www.syngenta.ua/en/news/kukurudza/morfolohichni-oznaki-kukurudzy> [in Ukrainian]
32. Bidnyna, V. Yu., & Korotkova, I. V. (2024). Urozhainist hibrydiv kukurudzy za riznykh norm azotnykh dobryv z vykorystanniam inhibitoriv nitryfikatsii. *Urozhainist ta yakist produktii rosllynnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannya, prysviachena pamiati profesora H. P. Zhemely: Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Poltava : PDAU [in Ukrainian]
33. DSTU 4525:2006. Kukurudza. Tekhnichni umovy. Chynnyi vid 2007-04-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73139 [in Ukrainian]
34. Shutenko, Ye. I., & Sots, S. M. (2010). *Tekhnolohiia krupianoho vyrobnytstva: navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Osvita Ukrainy [in Ukrainian]
35. Owens, G. (2001). *Cereals processing technology*. Elsevier.
36. Shcho take natura zerna ta yak yii vyznachyty? (2022). *Ventalab*. Retrieved from: <https://ventallab.ua/shcho-take-natura-zerna-ta-yak-yii-vyznachyty/> [in Ukrainian]
37. Nasinnia kukurudza R.A.G.T. LIPEKKS (FAO 290). Retrieved from: <https://plant-agro.prom.ua/ua/p1106140008-nasinnia-kukurudza-ragt.html> [in Ukrainian]
38. Sort RZHT LIPEKKS (kukurudza, kukurudza zvychna). *Informatsiino-analitychna systema "Ahrarii razom"*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/rjt-lipekks> [in Ukrainian]
39. Mazur, V. A., Polishchuk, I. S., Telekalo, N. V., & Mordvaniuk, M. O. (2020). *Roslynnytstvo: navchalnyi posibnyk (I chastyna)*. Vinnytsia: Vydavnytstvo TOV «Druk» [in Ukrainian]
40. Kyrpa, M. Ia., & Lukianenko, T. M. (2024). Volohist nasinnia kukurudzy – tekhnolohichne znachennia ta metody vyznachennia. *Ahrarni innovatsii*, 23, 151–155. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.23> [in Ukrainian]
41. Garcia, A., & Shultz, K. (2021). Feeding value of corn grain from different origins. *Feedstuffs*. Retrieved from: <https://dellait.com/wp-content/uploads/2022/09/70-FS-Feeding-value-of-corn-grain-from-different-origins.pdf>
42. Palamarchuk, V., Krychkovskiy, V., & Neilyk, M. (2024). Quality indicators of corn grain depending on the fractional composition and depth of wrapping. *Agriculture and Forestry*, 2 (33), 100–112. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-2-9>
43. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymy dobryvamy v tekhnolohiiakh vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi. In T. O. Chaika (Ed.), *Ekolohoortientovani pidkhody vidnovlennia tekhnolohii zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (S. 279–322). Poltava : Astraia [in Ukrainian]
44. Polyakov, V. (2020). Features of quality indicators of corn grain formation depending on the complex of elements of growing technology. *Agrobiologia*, 2 (161), 132–138. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-161-2-132-138>

ORCID

V. Bidnyna 

<https://orcid.org/0009-0006-9089-2592>



2025 Bidnyna 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.

Yield and grain quality of corn depending on nitrogen fertilizer forms

A. Liakhno✉

Article info

Correspondence Author

A. Liakhno

E-mail:

andrii.liakhno@astarta.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Liakhno, A. (2025). Yield and grain quality of corn depending on nitrogen fertilizer forms. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 43–49. doi: 10.31210/spi2025.28.01.08

Nitrogen is the most limiting nutrient for crop growth and development. However, its inefficient use leads to negative consequences, including greenhouse gas emissions, soil degradation, and reduced production profitability. This necessitates the optimization of nitrogen fertilization for corn using synthetic fertilizers under climate change conditions and increasing demands for agroecosystem sustainability. The aim of the study is to determine the effect of different nitrogen fertilizer forms on corn yield and grain quality. The field experiment was conducted under the soil and climatic conditions of the Shyshaky district in Poltava region, using the RGT Maxxalia corn hybrid. The experimental design included the following nitrogen fertilizer application variants: (1) control (no fertilizers applied); (2) UAN-32 (200 kg/ha); (3) urea (150 kg/ha); and (4) anhydrous ammonia (85 kg/ha). Soil analysis at different depths showed that the highest nitrogen concentration was observed with UAN-32 application, which contributed to a greater residual nitrogen content after six months. It was established that the application of UAN-32 (200 kg/ha) ensured maximum nitrogen uptake and increased the yield to 7.25 t/ha, which was 21.3 % higher compared to the control. The application of urea (150 kg/ha) and anhydrous ammonia (85 kg/ha) also increased productivity, but their efficiency was lower due to nitrogen transformation processes in the soil. The highest 1000 kernel weight was recorded with UAN-32 fertilization – 301 g, while it was lower in other treatments: by 6 g (2.0 %) with anhydrous ammonia, by 15 g (5.0 %) with urea, and by 35 g (11.6 %) in the control. The test weight of corn grains ranged from 785 to 793 g/L and depended on the nitrogen fertilizer form, being the highest with UAN-32 application and the lowest in the control treatment. A similar impact of fertilizer systems was found on protein, fat, and starch content: control – 7.2 %, 5.5 %, 65.0 %; UAN-32 – 11.0 %, 6.8 %, 69.0 %; urea – 8.5 %, 6.0 %, 66.5 %; anhydrous ammonia – 10.0 %, 6.4 %, 68.0 %, respectively. The obtained results emphasize the importance of the rational use of nitrogen fertilizers to enhance corn yield while minimizing the negative impact on the ecosystem.

Keywords: UAN-32, urea, anhydrous ammonia, moisture, test weight, 1000 kernel weight, protein, fat, starch.

Врожайність і якість зерна кукурудзи залежно від форм азотних добрив

А. Ю. Ляхно

Полтавський державний

аграрний університет,

м. Полтава, Україна

Азот є поживною речовиною, яка найбільше обмежує ріст і розвиток культур; однак його нерациональне використання спричиняє негативні наслідки, зокрема викиди парникових газів і деградацію ґрунтів, зменшує прибутковість виробництва. Це обумовлює необхідність оптимізації азотного живлення кукурудзи з використанням синтетичних добрив в умовах змін клімату та зростаючих вимог до екологічної стійкості агросистем. Метою дослідження є визначення впливу форм азотних добрив на врожайність і якість зерна кукурудзи. Полевий дослід закладено у ґрунтово-кліматичних умовах Шишацького району Полтавської області з використанням гібриду кукурудзи RGT Максалия. Схема дослідження передбачала наступні варіанти внесення азотних добрив: 1 – контроль (без внесення добрив); 2 – КАС-32 (200 кг/га); 3 – карбамід (150 кг/га); 4 – безводний аміак (85 кг/га). Результати аналізу ґрунтів у різних шарах засвідчили, що найбільша концентрація вмісту азоту отримана за внесення КАС-32, що сприяло його більшому залишку через 6 місяців. Встановлено, що застосування КАС-32 (200 кг/га) сприяє максимальному засвоєнню азоту та підвищенню врожайності до 72,5 ц/га, що на 21,3 % більше порівняно з контролем. Внесення карбаміду (150 кг/га) та безводного аміаку (85 кг/га) також сприяло зростанню продуктивності, однак їхня ефективність була нижчою через особливості трансформації азоту в ґрунті. Визначено найбільшу масу 1000 насінин за удобрення КАС-32 – 301 г, тоді як на всіх інших варіантах удобрення вона є меншою: за удобрення безводним аміаком – на 6 г (2,0 %), карбамідом – на 15 г (5,0 %), контролі – на 35 г (11,6 %). Показник натури зерен кукурудзи перебував у межах від 785 до 793 г/л і залежав від форми азотного удобрення: найбільший – за внесення КАС-32, тоді як найменший – на контролі. Відповідний вплив систем удобрення визначено й для вмісту білка, жиру та крохмалю: контроль – 7,2 %, 5,5 %, 65,0 %; КАС-32 – 11,0 %, 6,8 %, 69,0 %; карбамід – 8,5 %, 6,0 %, 66,5 %; безводний аміак – 10,0 %, 6,4 %, 68,0 % відповідно. Отримані результати підкреслюють важливість раціонального використання азотних добрив для підвищення врожайності кукурудзи та мінімізації негативного впливу на екосистему.

Ключові слова: КАС-32, карбамід, безводний аміак, вологість, натура, маса 1000 зерен, білок, жир, крохмаль.

Бібліографічний опис для цитування: Ляхно А. Ю. Врожайність і якість зерна кукурудзи залежно від форм азотних добрив. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 43–49.

Вступ

Кукурудза вирощується в усьому світі з щорічним обсягом виробництва понад 1,2 млрд тон, що свідчить про 45 % ріст врожаю зерна для задоволення потреб очікуваного зростання населення до 9,7 млрд осіб до 2050 р. [1]. У світі кукурудза разом з пшеницею (793,2 млн т) і рисом (532,9 млн т) є важливими продовольчими культурами у світовому виробництві зерна [2], відіграє різноманітну та динамічну роль у глобальних агропродовольчих системах та продовольчій/харчовій безпеці [3, 4]. У світі близько 20 % зерна кукурудзи йде на продовольчі потреби, 15–20 % – на технічні потреби, 60–65 % – на корм для сільськогосподарських тварин [5].

Площа посівів кукурудзи в Україні, яка в 2024 р. посіла 7 місце у світовому виробництві кукурудзи з показником у 26,5 млн т, становить 4,1 тис. га з продуктивністю – 6,46 т/га. Доцільно відмітити, що до повномасштабного вторгнення площа посівів була на 13,7 % більше, як і врожайність на 18,9 %, що дозволило отримати продукції у 2,7 рази більше [6]. В 2023 р. відбулось поступове збільшення посівних площ і врожайності до 4,2 тис. га і 7,74 т/га відповідно, що дозволило отримати врожай у 32,5 млн га, але несприятливі кліматичні умови (посуха за високих температур) зменшили врожайність на 16,5 % і обсяг продукції на 18,5 %. Лідерами за обсягами вирощування кукурудзи є Полтавська (13 %), Чернігівська (11 %), Вінницька та Сумська (по 10 %), Черкаська (8 %) області.

Беручи до уваги високий продуктивний потенціал сучасних гібридів кукурудзи (14–15 т/га) та середній рівень урожайності (7 т/га) в Україні, можна констатувати недостатню реалізацію генетичного потенціалу культури [7]. Азотні добрива відіграють важливу роль у підвищенні врожайності кукурудзи та покращенню поживної цінності [8, 9]. Важливо підкреслити, що підвищений рівень внесення азотних добрив призводить до врожайності, близької до максимальної, а надлишок азоту призводить до забруднення навколишнього середовища [10], погіршує хімічні, біологічні та фізичні властивості ґрунту [11].

За даними досліджень [12], близько 26 % продуктивності культури визначається рівнем азотного живлення, тоді як погодні фактори впливають на врожайність на 27 %. У сприятливих кліматичних умовах ці чинники взаємодіють, забезпечуючи понад половину загального врожаю. Водночас у посушливі періоди вплив погоди стає лімітуючим фактором, що знижує ефективність засвоєння азоту рослинами.

Однак неоднозначність щодо оптимальної норми азоту може призвести до втрати прибутку. Надмірне споживання добрив може призвести до надлишку азоту, який може потрапити в ґрунтові та поверхневі водні шляхи [13]. Автори [14] повідомили, що надмірне внесення азотних добрив призводить до забруднення повітря та води внаслідок випаровування, денітрифікації, вимивання та стоку. Невизначеність щодо найефективнішої норми азотних добрив може призвести до фінансових втрат. Ціни на добрива продовжують щорічно зростати, зменшуючи прибутки фермерів.

Ефективність засвоєння азоту рослинами залежить від їхньої здатності поглинати його з ґрунту у формі нітратів амонію та органічного азоту, трансформованого мікробіотою [15]. Оптимальна норма внесення мінерального азоту визначається відповідно до запланованої врожайності та становить приблизно N 15 для родючих ґрунтів і N 20 для малородючих. Для підвищення засвоюваності кожні 10 кг азоту необхідно збалансувати 1 кг сірки [16].

Здатність кукурудзи ефективно засвоювати азот також визначається її генетичними особливостями. Зокрема, інтенсивні гібриди позитивно реагують на підвищене азотне живлення, тоді як пластичні генотипи здатні забезпечувати стабільну продуктивність навіть на бідних ґрунтах і за низьких рівнів азоту [17, 18]. Необхідно також відзначити, що ефективність засвоєння азоту залежить не тільки від норми, але й від його форми, технології та строків внесення, використання поливу тощо. Нерівномірність і нестабільність внесення добрив досягає 20–40 % [19] і призводить до втрати врожаю зерна [20].

Отже, для досягнення максимальної ефективності використання ресурсів і забезпечення високої врожайності культури необхідно визначити оптимальну систему удобрення, дозування та строки внесення азотних добрив залежно від попередника та стану ґрунтів [21].

Мета дослідження

Мета дослідження – визначення впливу форм азотних добрив на врожайність і якість зерна кукурудзи.

Завдання дослідження:

- розглянути зміну вмісту азоту в різних шарах ґрунту за різних форм азотного удобрення;
- проаналізувати врожайність кукурудзи за різних форм азотних добрив;
- визначити вплив форми азотних добрив на якість зерна кукурудзи.

Матеріали і методи

Для досягнення поставленої мети нами закладено польовий дослід у ґрунтово-кліматичних умовах ВП «Гоголеве» ТОВ «Агрофірма імені Довженка» (с. Гоголеве, Шишацький район, Полтавська область) [22]. Дослідні ділянки характеризуються чорноземом типовим малогумусним і сильно реґрадованим із вмістом азоту – 130,2 мг/кг, фосфору – 144,0 мг/кг, калію – 136,3 мг/кг.

Після збирання цукрових буряків було проведено розпушування ґрунту на глибину 26 см за допомогою трактора Case IH 600 Steiger з глибокорозпушувачем Wil-Rich Soilpro SP 513 7-24, після чого виконано вирівнювання поверхні трактором John Deere 8295 R з агрегатом БШЗ-21. Дослід передбачав виділення чотирьох ділянок площею по 7 га, на яких було відібрано ґрунтові проби для визначення вмісту азоту на глибинах 0–20 см, 20–40 см і 40–60 см з триразовою повторністю.

18 листопада 2023 р. було закладено наступні варіанти дослідів:

- 1 – контроль (без внесення добрив);
- 2 – КАС-32 (200 кг/га);
- 3 – карбамід (150 кг/га);
- 4 – безводний аміак (85 кг/га).

Того ж дня на дослідних ділянках було проведено культивування ґрунту трактором John Deere 8295R з культиватором Wil-Rich Quad-X3 (ширина захвату – 11,2 м) на глибину 12 см із заробкою добрив. Після цього повторно відібрано проби ґрунту для визначення вмісту азоту на глибинах 0–20 см, 20–40 см і 40–60 см, з триразовою повторністю.

Передпосівні операції включали:

1. Боронування (закриття вологи) – борона шлейфова зубова БШЗ-21 з трактором John Deere 8345 R.
2. Передпосівну культивування – трактор Fendt 936 Vario з дисковою бороною LEMKEN Gigant 10/1000 (ширина захвату – 10 м);
3. Внесення ґрунтового гербіциду Аценіт А (2 л/га) – самохідний обприскувач John Deere 4730 (норма виливу робочого розчину – 200 л/га).

12 квітня 2024 р. проведено посів кукурудзи гібриду RGT Максалия (ФАО 250) сівалкою KINZE 3600 в агрегаті з трактором John Deere 8345 R із нормою висіву 60 тис. насінин/га.

У травні внесено страхові гербіциди Таск Екстра (0,44 кг/га) + Тренд 90 (0,25 л/га) самохідним обприскувачем John Deere 4730.

19 травня повторно відібрано проби ґрунту для визначення вмісту азоту на глибинах 0–20 см,

20–40 см і 40–60 см з кожної ділянки, з триразовою повторністю.

У червні проведено міжрядний обробіток ґрунту трактором МТЗ-1221 з міжрядним культиватором КРН (ширина захвату – 5,6 м) та дискування між варіантами дослідів трактором МТЗ-82 з дисковою бороною АГ-2,4.

Облік врожаю проведено шляхом повного обмолочування зерна з кожної дослідної ділянки з подальшим коригуванням показників до 100 % чистоти та 14 % базисної вологості [23]. Аналіз якості зерна зазначено за результатами лабораторних досліджень. Фізичні та хімічні показники якості зерна кукурудзи аналізувались згідно з ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови» [24], ДСТУ 10840:2019 «Зерно. Метод визначення натури» [25], ДСТУ 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [26].

Результати та їх обговорення

На основі отриманих результатів аналізу визначимо вплив різних форм азотних добрив на його вміст у ґрунті на різних глибинах впродовж з листопада 2023 р. по травень 2024 р. (рис. 1). Проведені дослідження засвідчили різний вміст азоту в ґрунті за різної глибини в результаті внесення різних форм і норм синтетичних азотних добрив, згідно з схемою дослідження [27].

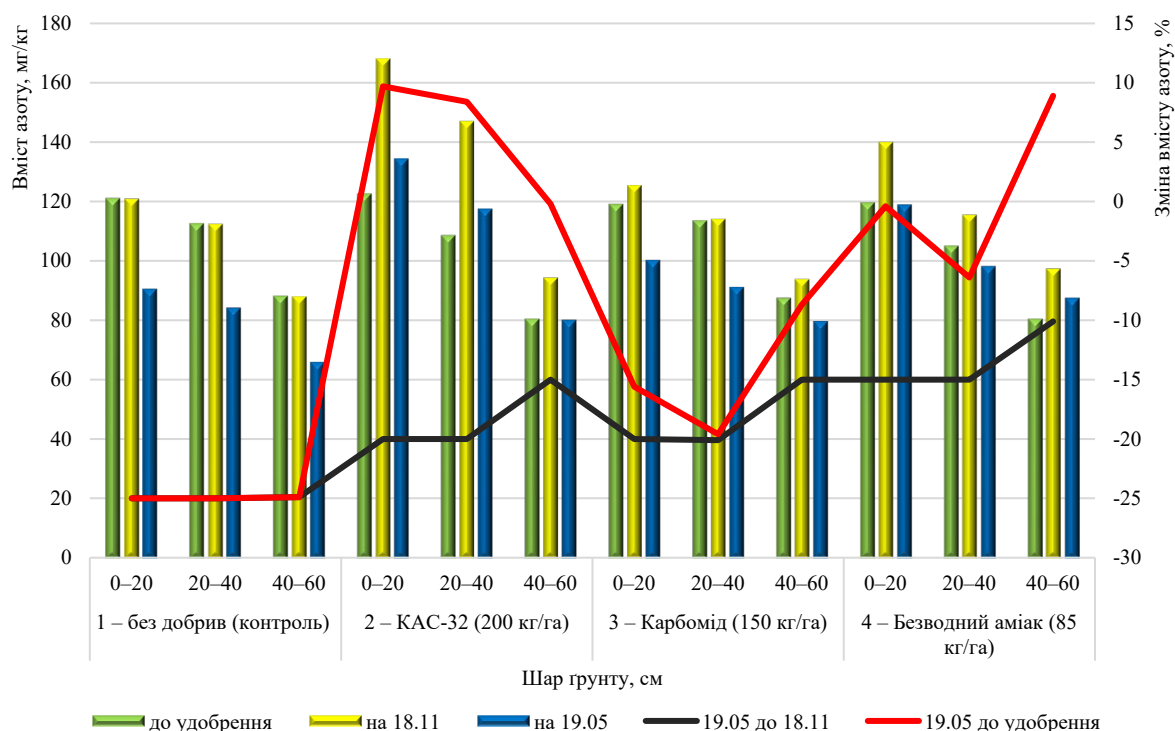


Рис. 1. Аналіз вмісту та втрат азоту в шарах ґрунту за різних форм азотних добрив

Результати досліджень засвідчили, що найбільший вплив на вміст азоту в ґрунті спостерігався на ділянці, де внесено КАС-32 (200 кг/га). Це призвело до підвищення концентрації азоту на 37,1 %, 36,5 % і 17,4 % у шарах ґрунту 0–20 см, 20–40 см і 40–60 см відповідно. Завдяки цьому

залишковий вміст азоту через 6 місяців становив від 80,3 до 134,4 мг/кг [28]. Найбільші втрати азоту (20,0 %) зафіксовано у верхньому та середньому шарах ґрунту, але при цьому його вміст залишався найбільшим серед інших дослідних ділянок.

На ділянці, де внесено карбамід (150 кг/га), зафіксовано найменше зростання вмісту азоту в ґрунті – на 5,5–7,4 %, причому найбільші зміни спостерігалися в шарі 40–60 см. Низька ефективність карбаміду пояснюється тим, що він ще не повністю трансформувався у доступні для рослин форми. Порівняно з внесенням КАС-32, рівень азоту в ґрунті на цій ділянці був нижчим на 10,0–31,6 %. Протягом 6 місяців втрати азоту становили 15,0–20,0 %, що призвело до його зменшення відносно початкового рівня на 8,7–19,6 %, із залишковими показниками 79,9–100,4 мг/кг (рис. 1).

На ділянці, де застосовано безводний аміак (85 кг/га), найбільше підвищення вмісту азоту відбулося в шарі 0–20 см (на 20,5 мг/кг або 17,2 %) і в шарі 40–60 см (на 17 мг/кг або 21,1 %). Оскільки аміачна форма азоту поступово фіксується в ґрунті та не вимивається в осінньо-зимовий період, очікуваний ефект його доступності для рослин розрахований на період їх вегетації. Через 6 місяців втрати азоту на ділянці були найнижчими (10,1–15,0 %), а його залишковий рівень у шарі

40–60 см виявився найбільшим, порівнюючи з іншими варіантами, та перевищував початковий показник на 8,9 %.

На контрольній ділянці вміст азоту в усіх шарах ґрунту виявився найменшим, а втрати азоту становили 25 %, що підтверджує необхідність внесення азотних добрив і необхідність визначення їх оптимальних форм і доз.

Результати обліку врожайності (табл. 1) свідчать, що вона залежить від форми та норми внесених азотних добрив, оскільки впливає на вміст цього елемента в ґрунті. Так, найменшу врожайність отримано на контрольній ділянці – 59,8 ц/га, що становить 82,5 % за удобрення КАС-32, 87,4 % – карбамідом і 85,8 % – безводним аміаком. Найбільшу врожайність за удобрення КАС-32 отримано завдяки найбільшому вмісту азоту у верхньому шарі ґрунту, оскільки 80 % урожаю кукурудзи на чорноземних ґрунтах утворюється за рахунок елементів живлення із шару ґрунту 0–35 см [29]. Також за цієї форми удобрення отримано найбільших густоту стояння рослин – 53 тис. шт./га [30].

Таблиця 1

Показники врожайності й якості зерна кукурудзи гібриду RGT Максалия за різних форм азотного удобрення

Дослідна ділянка	Урожайність, ц/га	Маса 1000 насінин, г	Натура зерна, г/л	Вологість, %	Масова частка, %		
					білка	жиру	крохмалю
Контроль	59,8	266	785	13,6	7,2	5,5	65,0
КАС-32 (200 кг/га)	72,5	301	793	12,4	11,0	6,8	69,0
Карбамід (150 кг/га)	68,4	286	788	13,0	8,5	6,0	66,5
Безводний аміак (85 кг/га)	69,7	295	790	13,1	10,0	6,4	68,0

Таким чином, найбільш ефективним виявилось удобрення КАС-32 (200 кг/га), але навіть за цих умов фактична врожайність становила 71,1 % від потенційно можливої в 102 ц/га, яку отримано в 2021 р. у Лубенському районі [31]. При цьому гібрид характеризується високою посухостійкістю та вологовіддачею (на рівні 9 балів), що забезпечили його лідерство у кліматичних зонах від достатнього зволоження до посух, а рекомендована густота стояння рослин в умовах Лісостепу складає 68–72 тис. шт./га [32].

Розглянемо реакцію гібриду КВС 2370 (ФАО 280) за різних погодних умов вирощування впродовж двох років поспіль в одній місцевості (Миргородський район, Полтавська область). У посушливому 2017 р. (105 мм опадів) максимальна врожайність становила 6,2 т/га за густоти 58 тис. шт./га. В більш сприятливому 2016 р. (286 мм опадів) даним гібридом сформовано максимальну врожайність 10,4 т/га за достатньо високої густоти стояння рослин – 94 тис. шт./га. При цьому, мінімальна врожайність у 2016 р. становила не менше 9,6 т/га за густоти 66,5 тис. шт./га [33]. Отже, врожайність гібрида RGT Максалия за різних форм азотного удобрення необхідно досліджувати за різних погодних умов і густоти, щоб визначити їх вплив.

За даними результатів дослідження (див. табл. 1) показники структури врожаю й якості зерна кукурудзи змінювались залежно від схеми дослідження.

Так, найбільшу масу 1000 насінин отримано за удобрення КАС-32 – 301 г, тоді як на всіх інших дослідних ділянках вона є меншою: за удобрення безводним аміаком – на 6 г (2,0 %), карбамідом – на 15 г (5,0 %), контролі – на 35 г (11,6 %). Однак, за сортовим потенціалом маса 1000 насінин гібриду RGT Максалия має становити 310–330 г [34].

Результати досліджень свідчать, що на масу 1000 насінин кукурудзи істотно впливають кліматичні умови року, генетичні особливості кожного гібриду та спосіб сівби [35]. Отже, недоотримання врожаю гібрида RGT Максалия напряму пов'язано з меншою масою 1000 насінин, що може бути як наслідком несприятливих погодних умов 2024 р. (недолік опадів за високих температур), так і через недолік поживних речовин, що можливо виправити за рахунок використання гумінових препаратів [36]. Так, для формування 1 тонни зерна кукурудзи за відповідної маси стебел і листя споживається приблизно 24–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору, 25–30 кг калію, по 6–10 кг магнію та кальцію, 3–4 кг сірки, 11 г бору, 14 г міді, 110 г марганцю, 0,9 г молібдену, 85 г цинку, 200 г заліза [37].

Показник натури зерна кукурудзи не регулюється ДСТУ 4525:2006 і не є обов'язковим для оцінки партії, як це вимагається для пшениці, вівса, жита й ячменю. Але цей показник важливий з точки зору оцінки виповненості зерна пов'язаний із процесом його дозрівання та свідчить про завершення синтезу поживних речовин [38].

Показник натурн зерен кукурудзи гібрида RGT Максалия перебував у межах від 785 до 793 г/л і залежали від форми азотного удобрення. Найбільший показник отримано за внесення КАС-32, тоді як найменший – на контролі. При цьому проміжні значення натурн в 790 і 788 г/л отримано за удобрення безводним аміаком і карбамідом відповідно.

Вміст вологи в зерні позначається на його придатності до зберігання. За надмірної вологості відбувається активізація процесів дихання зерна, створюються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, що може призвести до псування зерна та погіршення якості продукції. Вологість – це ключовий показник, який має технологічне та фізіологічне значення для насіння кукурудзи [39].

Відповідно ДСТУ 4525:2006 вологість зерна кукурудзи повинна бути не більше 15 %, що відповідає отриманим результатам дослідження (див. *табл. 1*) і перебуває в межах 12,4–13,6 %. Найбільш вологе зерно отримано на контрольній ділянці, а найменш – за удобрення КАС-32.

Склад зерна кукурудзи визначається переважно генетичними факторами, умовами навколишнього середовища та агротехнічними заходами. До важливих показників його якості належать білок, жир і крохмаль. Їх концентрація у зерні кукурудзи визначає його придатність для різних сфер використання: тваринництво (високий вміст білка), харчова промисловість (баланс білка і крохмалю), виробництво біопалива (високий вміст крохмалю), промисловість (високий вміст жиру) [40].

Накопичення білка в зерні кукурудзи значною мірою залежить від наявності азоту в ґрунті. Використовуючи високопротеїнові гібриди й ефективні стратегії азотного живлення можна суттєво впливати на кінцеву концентрацію білка. При цьому необхідно враховувати, що температурний режим і кількість опадів також впливають на засвоєння азоту та синтез білка [15, 41].

За результатами наших досліджень вміст білка у зерні кукурудзи був найбільшим за удобрення КАС-32 – 11,0 %, тоді як за удобрення безводним аміаком – менше на 1,0 %, карбамідом – на 2,5 %, контролі – на 3,8 %.

Біосинтез жирів у кукурудзі відбувається переважно в зародку зерна, де накопичення олії регулюється генетичними особливостями та рівнем живлення. Вміст жиру варіюється залежно від гібриду, а окремі сорти спеціально виведені для отримання високого виходу олії. Однак, на ліпідний обмін і кінцеву концентрацію жиру значний вплив мають співвідношення азоту та інших макроелементів [42].

В нашому дослідженні вміст жиру визначено в межах 5,5–6,8 %, де найбільший показник – з удобрення КАС-32, а найменший – на контролі. За удобрення безводним аміаком і карбамідом вміст жиру становив 94,1 і 88,2 % від удобрення КАС-32, що свідчить про більшу ефективність останнього.

Крохмаль є основним компонентом зерна кукурудзи, його синтез відбувається в процесі вуглеводного обміну на етапі наливу зерна. Його накопичення залежить від рівня фотосинтетичної активності, доступності води та калію в ґрунті. Колювання

температури та посухи можуть змінювати структуру крохмалю, що впливає на твердість зерна та його технологічні властивості [43].

Відповідно до отриманих даних по гібриду RGT Максалия показник вмісту крохмалю в зерні були в межах 65,0–69,0 %. При цьому, найбільший вміст крохмалю отримано за внесення КАС-32, а найменший – на контролі. Удобрення безводним аміаком і карбамідом сприяли вмісту крохмалю на рівні 98,6 і 96,4 % від удобрення КАС-32, що демонструє його більшу ефективність.

Таким чином, забезпечення оптимальних умов і форм азотного удобрення сприяє формуванню більшої врожайності й якості зерна кукурудзи, що підвищує її поживну цінність і робить її більш важливою для сільського господарства в майбутньому [44].

Висновки

Результати проведеного дослідження засвідчили значний вплив форми та норми внесення азотних добрив на вміст азоту в ґрунті, рівень його засвоєння рослинами та кінцеву врожайність кукурудзи. Найвищий рівень засвоєння азоту було зафіксовано при застосуванні КАС-32 (200 кг/га), що забезпечило максимальну врожайність (72,5 ц/га) та високі показники якості зерна. Внесення карбаміду (150 кг/га) та безводного аміаку (85 кг/га) також сприяло підвищенню продуктивності культури, проте меншою мірою, що зумовлено особливостями трансформації азоту в ґрунті.

Встановлено, що ефективність засвоєння азоту залежить не лише від його форми, а й від технології та строків внесення, що впливає на кінцеві показники врожайності та якісні характеристики зерна. Зокрема, оптимальні умови живлення сприяли підвищенню маси 1000 насінин та вмісту білка в зерні, що є важливими показниками його товарної якості. Тому необхідно визначити найбільш ефективні форми азотного удобрення, враховуючи стан ґрунту, потреби культури та агрокліматичні умови.

Перспективи подальших досліджень полягають у дослідженні впливу погодних умов на якість зерна і врожайність кукурудзи за різних форм азотного удобрення.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Hubert, B., Rosegrant, M., van Boekel, M. A. J. S., & Ortiz, R. (2010). The Future of Food: Scenarios for 2050. *Crop Science*, 50, 33–50. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.09.0530>
2. Shahbandeh, M. (2025). Grain production worldwide 2024/25, by type. *Statista*. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/263977/world-grain-production-by-type/>
3. Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T. T., & Erenstein, O. (2021). Food security and the dynamics of wheat and maize value chains in Africa and Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 617009. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.617009>

4. Poole, N., Donovan, J., & Erenstein, O. (2021). Agri-nutrition research: Revisiting the contribution of maize and wheat to human nutrition and health. *Food Policy*, 100, 101976. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101976>
5. Tsyhanskyi, V. I. (2022). Formation of corn productivity depending on the use of modern biological fertilizers in the Forest-steppe right bank. *Agriculture and Forestry*, 27, 15–24. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-4-2>
6. Ukraine corn area, yield and production. *USDA*. Retrieved from: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Corn>
7. Yermakova, L. M., & Krestianinov, Ye. V. (2016). Maize yields in reliance on fertilizers and hybrids on dark gray ashed soils. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 63–65. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.04.12>
8. Selassie, Y. G. (2015). The effect of N fertilizer rates on agronomic parameters, yield components and yields of maize grown on Alfisols of North-western Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 4 (1). <https://doi.org/10.1186/s40068-015-0048-8>
9. Miao, Y., Mulla, D. J., Robert, P. C., & Hernandez, J. A. (2006). Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection. *Agronomy Journal*, 98(1), 129–140. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0120>
10. Kasno, A., Rivaie, A. A., Tafakresnanto, C., Pratiwi, E., Karmawati, E., Siregar, A. F., Hatta, M., & Sutriadi, M. T. (2024). Nitrogen dynamic and precise management to predict corn yield in tropical upland acid soils. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10 (4), 1843–1858. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.04.21>
11. Chaika, T. O., Korotkova, I. V., & Lotysh, I. I. (2024). Osoblyvosti vyroshchuvannya kukurudzy metodamy orhanichnoho silskoho hospodarstva. *Urozhainist ta yakist produktii roslinnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannya, prysviachena pamati profesora H. P. Zhemely: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
12. Below, F. (2018). The seven wonders of the corn yield world. Retrieved from: http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/research/seven_wonders.html
13. Cantarella, H., Otto, R., Soares, J. R., & Silva, A. G. B. (2018). Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. *Journal of Advanced Research*, 13, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.05.008>
14. Morris, T. F., Murrell, T. S., Beegle, D. B., Camberato, J. J., Ferguson, R. B., Grove, J., Ketterings, Q., Kyverga, P. M., Laboski, C. A. M., McGrath, J. M., Meisinger, J. J., Melkonian, J., Moebius-Clune, B. N., Nafziger, E. D., Osmond, D., Sawyer, J. E., Scharf, P. C., Smith, W., Spargo, J. T., van Es, H. M., & Yang, H. (2018). Strengths and limitations of nitrogen rate recommendations for corn and opportunities for Improvement. *Agronomy Journal*, 110 (1), 1–37. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.02.0112>
15. Ivaniuk, V., Hnativ, P., & Olifir, Yu. (2022). Influence of nitrogen fertilizers on the formation of corn grain yield and nitrogen use efficiency. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*, 26, 170–176. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.170>
16. Lykhochvor, V. V., & Petrychenko, V. F. (2021). *Fiziologichna rol elementiv zhyvlennia ta systemy udobrennia polovykh kultur (3-tie vyd., pererobl.)*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian]
17. Lohinova, I. (2019). Sekrety kukurudzianoho uspihu. *Ahroindustrialia*, 7, 22–32. [in Ukrainian]
18. Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., Chaika, T. O., & Keda, L. Yu. (2023). Peculiarities of growth, development, and formation of corn hybrids' productivity depending on sowing time. *Taurian Scientific Herald*, 134, 79–88. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.12>
19. Nukeshv S., Eskhozhin, D., Lichman, G., Karaivanov, D., Zolotukhin, E., & Syzdykov, D. (2016). Theoretical substantiation of the design of a seeding device for differentiated intra soil application of mineral fertilizers. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64 (1), 115–122. <https://doi.org/10.1118/actaun201664010115>
20. Tekin, A. B., & Sindir, K. (2014). Performance assessment of variable rate spinner disc fertilizer spreader – “PreFer”. *Agricultural Engineering*, 2, 43–52.
21. Onoprienko, D. M. (2020). Efficient Use of solid and water soluble fertilizers for corn production in the Northern Part of Steppe Zone of Ukraine. *Series II: Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering*, 13(62)(2), 139–148. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.2.12>
22. Korotkova, I. V., & Liakhno, A. Yu. (2024). Dynamika vmistu azotu u grunti zalezno vid form azotnykh dobryv pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno. *Ahrarni innovatsii*, 23, 92–97. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.13> [in Ukrainian]
23. Volkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur. Vypusk. 2. Zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury*. Kyiv: Alefa [in Ukrainian]
24. DSTU 4525:2006. *Kukurudza. Tekhnichni umovy*. Chynyi vid 2007-04-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73139 [in Ukrainian]
25. DSTU 10840:2019. *Zerno. Metod vyznachennia natury*. Chynnyi vid 2019-01-01. (2019). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=89079 [in Ukrainian]
26. DSTU 4138-2002. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti*. Chynnyi vid 2004-01-01. (2003). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91465 [in Ukrainian]
27. Korotkova, I. V., & Liakhno, A. Yu. (2024). Vplyv azotnykh dobryv na hustotu skhodiv i fazu rozvytku kukurudzy na zerno. *Khimiia, biotekhnolohiia, ekolohiia ta osvita: VIII Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
28. Liakhno, A. Yu. (2024). Otsinka form azotnykh dobryv u zabezpechenni vrozhaivosti kukurudzy. In T. O. Chaika (Ed), *Zbalansovanyi rozvytok ekosystem: suchasnyi stan i perspektivy: kolektyvna monohrafiia*. (s. 183–191). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
29. Masliov, S. V., Matsai, N. Yu., Tsyhankova, N. A., & Sakhno, M. A. (2018). Effect of predecessors, soil cultivation and fertilization on the harvest and the quality of cereal grains of corn in the conditions of Luhansk region. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 18–23. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.02>
30. Liakhno, A. Yu., & Korotkova, I. V. (2024). Efektyvnist form azotnykh dobryv u zabezpechenni vrozhaivosti hibrdiv kukurudzy. *Urozhainist ta yakist produktii roslinnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannya, prysviachena pamati profesora H. P. Zhemely: Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Poltava : PDAU [in Ukrainian]
31. RZHT Makksaliia. *Eridon*. <https://www.eridon.ua/rjt-makksaliya> [in Ukrainian]
32. RZHT Makksaliia. *Eridon*. Retrieved from: <https://ragt.ua/wp-content/uploads/PJKT-MAKKALIYA.pdf> [in Ukrainian]
33. Kalambet, V. (2017). Vplyv strukturnykh pokaznykiv na vrozhaivist kukurudzy. *Kurkul*. Retrieved from: <https://kurkul.com/blog/515-vplyv-strukturnykh-pokaznykiv-na-vrojainist-kukurudzi> [in Ukrainian]
34. Kukurudza Makksaliia (FAO 250). *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-kukurudza/makksaliya-ragt-id10606> [in Ukrainian]
35. Stepanenko, M. V., & Grabovsky, M. B. (2023). Influence of sowing methods on the formation of 1000 grains weight in maize hybrids. *Taurian Scientific Herald*, 133, 159–164. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.21>
36. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymi dobryvamy v tekhnolohiiakh vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi. In T. O. Chaika (Ed.). *Ekolohoorientovani pidkholdy vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (S. 279–322). Poltava : Astraia [in Ukrainian]
37. Tekhnolohiia pidzhyvlennia kukurudzy makro- i mikroelementamy. (2020). *Agronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/tehnologiya-pidzhyvlennya-kukurudzy-makro-i-mikroelementamy-yih-znachennya-ta-zastosuvannya-v-posivah-kukurudzy> [in Ukrainian]
38. Shcho take natura zerna ta yak yii vyznachyty? (2022). *VentaLab*. Retrieved from: <https://ventalab.ua/shcho-take-natura-zerna-ta-yak-yii-vyznachyty/> [in Ukrainian]
39. Kyrpa, M. Ia., & Lukianenko, T. M. (2024). Volohist nasinnia kukurudzy – tekhnolohichne znachennia ta metody vyznachennia. *Ahrarni Innovatsii*, 23, 151–155. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.23> [in Ukrainian]
40. Biswas, D. K., & Ma, B. L. (2016). Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Canadian Journal of Plant Science*, 403, 392–403. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186>

41. Oktem, A. G., & Emeklier, H. Y. (2010). Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41 (7), 832–847. <https://doi.org/10.1080/00103621003592358>
42. Krestianinov, Ye. V., Yermakova, L. M., & Antal, T. V. (2019). formuvannia vrozhaiu ta yakosti zerna kukurudzy zalezno vid fonu ta pozakorenevoho pidzhyvlennia posiviv v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu. *Roslynnystvo ta Gruntoznavstvo*, 10 (1), 18–26. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.018> [in Ukrainian]
43. Zhuikov, O. H., & Davydenko, I. A. (2024). Foliar feeding of corn with microfertilizers – an effective element of technology or a “trend”? *Taurian Scientific Herald*, 1 (136), 116–124. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.16>
44. Omar, S., Ghani, R. A., Khaeim, H., Sghaier, A. H., & Jolánkai, M. (2022). The effect of nitrogen fertilisation on yield and quality of maize (*Zea mays* L.). *Acta Alimentaria*, 51 (2), 249–258. <https://doi.org/10.1556/066.2022.00022>

ORCID

A. Liakhno 

<https://orcid.org/0009-0001-5878-8545>



2025 Liakhno 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.

Use of natural brine and minerals as non-root nutrition on agricultural crops

P. Pysarenko | M. Samoilik | O. Dychenko✉ | V. Lastovka | D. Husynskyi | V. Shpyrna | O. Zhilin

Article info

Correspondence Author

O. Dychenko

E-mail:

ksenijadichenko84@ukr.net

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Pysarenko, P., Samoilik, M., Dychenko, O., Lastovka, V., Husynskyi, D., Shpyrna, V., & Zhilin, O. (2025). Use of natural brine and minerals as non-root nutrition on agricultural crops. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 50–54. doi: 10.31210/spi2025.28.01.09

Today, when drawing up zonal farming systems, special attention should be paid to the use of local raw materials in order to increase the effective fertility of the soil and biologize agriculture, in particular natural brines and minerals. The main purpose of this work is to determine the possibilities of using natural brines and minerals as foliar top dressing for crops. As a result of the conducted research, it was found that the use of mineralized aquifer water (AWW) for fertilizing winter wheat is effective both in the tuberization phase and in the earing phase. However, the use of AWW in the tuberization phase is more appropriate, because in this phase winter wheat spends the most energy on combating weeds that clog it, and therefore the herbicidal effect of AWW allows you to destroy wintering weeds, such as field talaban, common buckwheat and others, and the introduction of nutrients has a positive effect on plant productivity. In particular, when using different AWW norms in the tuberization phase, the maximum yield increase was 5.2 c/ha (16.6 %), and when using it in the earing phase – 4.2 c/ha (13.5 %). Mineralized aquifer water allows not only to create certain conditions for regulating the nutrient regime of the soil, due to the influx of both inorganic and organic chemistry elements, optimization of microbiological and enzymatic activity of the soil, but also to effectively control the contamination of winter wheat crops with weeds. According to the results of physicochemical analyses of the soil sample, it was found that when using mineralized aquifer water in the soil solution, the content of nitrates not only does not increase, but even decreases, although they are part of it. This can be explained by the fact that MPW stimulates the growth and development of not only plants, but also soil biota, which is a direct consumer of anions and cations. It is substantiated that mineralized formation water allows to obtain yield increases at an application rate of 500–1000 l/ha, both due to the influence of the organic and inorganic part (35.5 and 35.9 c/ha, respectively, which is 4.4–4.8 c/ha more than the control). An increase in yield when using bischofite is observed at an application rate of 100–300 l/ha (33.2 c/ha and 34.5 c/ha, which is 2.0–3.3 c/ha higher than the control). Although the use of mineralized formation water leads to a higher yield increase than bischofite, the application of bischofite solution corresponds to the technological capacity of the unit.

Keywords: foliar fertilization, natural brines, winter wheat, soil fertility, mineralized aquifer water.

Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур

П. В. Писаренко | М. С. Самойлік | О. Ю. Диченко | В. П. Ластовка | Д. В. Гусинський |
В. Г. Шпирна | О. С. Жилін

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

На сьогодні для підвищення ефективної родючості ґрунту досить актуальними питаннями є використання біологічних методів удобрення землеробства, зокрема пластової мінералізованої води (ПМВ) та бішофіту. Основною метою даної роботи є визначення можливостей використання бішофіту та пластової мінералізованої води на посівах сільськогосподарських культур для некореневого підживлення рослин. В результаті проведених досліджень встановлено, що застосування пластової мінералізованої води для підживлення пшениці озимої є ефективним як у фазі колосіння, так і виходу в трубку. Але використання пластової мінералізованої води є доцільнішим у фазі виходу в трубку, адже в цій фазі пшениця озима найбільше витрачає енергії на протистояння бур'янам, які її засмічують, а тому гербіцидний ефект пластової води дозволяє знищити зимуючі бур'яни, такі як талабан польовий, грицики звичайні та інші, а також внесення елементів живлення позитивно впливає на продуктивність рослин. Зокрема, при використанні різних норм ПМВ у фазу виходу в трубку максимальна прибавка урожаю склала 5,2 ц/га (16,6 %), а при використанні її у фазу колосіння – 4,2 ц/га (13,5%). Пластова мінералізована вода дозволяє зменшувати засміченість посівів пшениці озимої бур'янами, а також створити певні умови для регулювання поживного режиму ґрунту, оптимізації активності мікробіоти ґрунту. За результатами фізико-хімічних аналізів ґрунтової проби встановлено, що при використанні ПМВ в ґрунтовому розчині вміст нітратів не збільшується, а навпаки зменшується. Пояснюється це тим, що ПМВ стимулює розвиток також мікробіоти у ґрунті. Обґрунтовано, що ПМВ дозволяє отримати прибавки урожаю при нормі внесення 500–1000 л/га, як за рахунок впливу органічної так і неорганічної частини (35,4 та 35,8 ц/га відповідно, що вище контролю на 4,3–4,7 ц/га). Підвищення урожайності при використанні бішофіту спостерігається при використанні 100–300 л/га (33,2 та 34,5 ц/га, що на 2,0–3,3 ц/га вище контролю). Хоча використання і пластової мінералізованої води призводить до отримання вищої прибавки урожаю ніж бішофіт, але внесення розчину бішофіту відповідає технологічній спроможності агрегату.

Ключові слова: некореневе підживлення, пшениця озима, родючість ґрунту, пластова мінералізована вода, бішофіт.

Бібліографічний опис для цитування: Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Ластовка В. П., Гусинський Д. В., Шпирна В. Г., Жилін О. С. Використання пластової мінералізованої води та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 50–54.

Вступ

На сьогодні для підвищення ефективної родючості ґрунту досить актуальними питаннями є використання біологічних методів удобрення, зокрема пластової мінералізованої води (ПМВ) та бішофіту. Попередні дослідження науковців дозволили встановити оптимальну дозу використання пластової мінералізованої води (ПМВ) для покращення якості органічних добрив [1–2]. Також проведені дослідження щодо використання ПМВ та бішофіту на посівах сільськогосподарських культур як основного добрива. Встановлено, що застосування пластової мінералізованої води є неефективним нормою до 900 л/га [3]. При використанні пластової води 1200 л/га урожайність пшениці озимої зростає на 27,5 % у порівнянні з контролем, при цьому зростання урожайності також зафіксовано при використанні 900 л/га (15,1 % у порівнянні з контролем). Використання ПМВ дозволило підвищити не тільки урожайність зерна пшениці озимої, але і його якість [3].

Також досліджувалися можливості щодо використання бішофіту як основного добрива на посівах різних сільськогосподарських культур [4]. При дослідженні впливу бішофіту на продуктивність пшениці озимої не виявлено чіткої тенденції до зростання продуктивності посівів.

Бішофіт є високомінералізованою речовиною з переважанням солей хлору, тому його ефективність особливо залежить від наявності опадів у осінньо-зимовий період, які створюють промивний режим ґрунту і вимивають надлишок хлору з верхнього шару ґрунту [5–6].

Таким чином, ґрунтуючись на попередні вітчизняні та зарубіжні дослідження, можна констатувати перспективність використання пластової мінералізованої води (ПМВ), як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур. Враховуючи, що використання ПМВ не суперечить технології ведення землеробства в контексті сталого функціонування агроєкосистем, використання даних препаратів є актуальним для подальшого наукового дослідження.

Мета дослідження

Мета роботи – визначення можливостей використання бішофіту та пластової мінералізованої води на посівах сільськогосподарських культур для некореневого підживлення рослин.

Матеріали і методи

Протягом 2018–2023 рр. проводилися польові дослідження на території Полтавської обл., Шишацького р-н, с. Баранівка (ПСП «Нива») щодо використання пластової мінералізованої води (ПМВ) та бішофіту як некореневого підживлення на посівах сільськогосподарських культур.

Пластова мінералізована вода – супутньо-пластова вода, що видобувається разом з нафтою. Сухий залишок знаходиться складає до 180 г/дм³, а гідролітична кислотність коливається на різних

родовищах від 5,30 до 7,50 [7–8]. В пластовій мінералізованій воді наявні зеатин та абсцизова кислота, що ефективно впливають на розвиток кореневої системи [3].

Полтавський бішофіт – у складі містить переважно магнію хлорид. Видобувається прозорачний розчин бішофіту на Полтавщині з мінералізацією 380–470 г/л, при цьому рН складає 5,1–5,8 [7–9].

Використовувалися стандартні методики обліку врожаю зернових культур, зокрема збирання у фазі повної стиглості зерна на дослідних ділянках в 3-х кратній повторності снопового зразка [10]. За методикою польового досліду [11] визначали структуру урожаю. У дослідах повторюваність була трьох-чотирикратною, при цьому рендомізоване розміщення ділянок. На початкових етапах наших досліджень площа ділянок складала 10–15 м². При установленні розміру ділянки враховували особливості агротехніки рослин ширину міжряддя, густоту стояння і інше.

Хімічні властивості ґрунту визначали стандартними методами у акредитованій лабораторії агроєкологічного моніторингу ПДАУ [12–21]. За допомогою кореляційного та регресійного аналізу проводили математичну обробку отриманих даних. При цьому достовірність отриманих значень експерименту визначали за допомогою *t*-критерію Стюдента при значенні рівня значимості відповідно 0,05.

Результати та їх обговорення

У наших дослідках по визначенню впливу природних розсолів та мінералів на продуктивність сільськогосподарських культур як підживлення, технологія вирощування була загальноприйнята, але основного внесення мінеральних або органічних добрив не застосовували. Природні розсоли та мінерали вносили у різні фази розвитку за допомогою обприскувача ОП-2000.

Потрібно відзначити, що бішофіт та пластова мінералізована вода під час експерименту виявили ефективність майже однакову, хоча використання бішофіту досить залежало від зволоження. Після використання пластової мінералізованої води та бішофіту як засобу підживлення на посівах пшениці озимої мали місце опіки на листовій поверхні рослин, але все ж при застосуванні пластової води вони були менш значними у порівнянні з бішофітом. Зникали опіки листової поверхні після застосування бішофіту тільки коли рослини отримували оптимальний режим зволоження, а після пластової мінералізованої води – через три-чотири дні.

Застосування пластової мінералізованої води для підживлення пшениці озимої було ефективним як у фазі колосіння, так і виходу в трубку (*табл. 1*).

Але використання пластової мінералізованої води є доцільнішим у фазі виходу в трубку, адже в цій фазі пшениця озима найбільше витрачає енергії на протистояння бур'янам, які її засмічують, а тому гербіцидний ефект пластової води дозволяє знищити зимуючі бур'яни. По-друге, фаза виходу в трубку є критичною фазою, під час якої внесення елементів живлення позитивно впливає на продуктивність рослин.

Як видно з **таблиці 2**, використання ПМВ у різні фази росту пшениці озимої позитивно впливає на її урожайність. Так, при використанні різних

норм ПМВ у фазу виходу в трубку максимальна прибавка урожаю склала 5,2 ц /га (16,6 %), а при використанні її у фазу колосіння – 4,2 ц/га (13,5 %).

Таблиця 1

Вплив некореневого підживлення пластової мінералізованої води на урожайність пшениці озимої, ц/га

Внесення пластової мінералізованої води, л/га	Фенологічна фаза					
	вихід у трубку			колосіння		
	середня урожайність за 2018–2023 рр.	прибавка урожаю ц/га	%	середня урожайність за 2018–2023 рр.	прибавка урожаю ц/га	%
Контроль	31,3	-	-	31,2	-	-
400	35,0	3,7	11,8	33,8	2,6	8,3
600	36,5	5,2	16,6	35,4	4,2	13,5
800	35,4	4,1	13,1	35,1	3,9	12,5
1000	32,4	1,1	3,5	34,1	2,9	9,3
НСР 0,05	2,1			2,4		

Таблиця 2

Вплив внесення як підживлення різних доз природних розсолів та мінералів на 2018–2023 рр.

Внесення ПМВ			Внесення бішофіту		
варіант	урожайність, ц/га	± до контролю, ц/га	варіант	урожайність, ц/га	± до контролю, ц/га
Контроль (без внесення)	31,1	-	Контроль (без внесення)	31,2	-
ПМВ, 500 л/га	35,5	+ 4,4	Бішофіт, 50 л/га	32,8	+ 1,6
ПМВ, 1000 л/га	35,9	+ 4,8	Бішофіт, 100 л/га	33,2	+ 2,0
ПМВ, 1500 л/га	34,1	+ 3,0	Бішофіт, 300 л/га	34,5	+ 3,3
ПМВ, 2000 л/га	28,4	- 2,7	Бішофіт, 600 л/га	25,9	- 5,3
ПМВ, 3000 л/га	26,9	- 4,2	Бішофіт, 900 л/га	24,6	- 6,6
ПМВ, 4000 л/га	26,5	- 4,6	Бішофіт, 1200 л/га	24,3	- 6,9
НІР 0,05	2,3		НІР 0,05	2,5	

Пластова мінералізована вода в різні роки дозволяє отримати прибавки урожаю при нормі внесення 500–1000 л/га, як за рахунок впливу органічної так і неорганічної частини (35,4 та 35,8 ц/га відповідно, що на 4,3–4,7 ц/га більше контролю). Щодо бішофіту, то підвищення урожайності спостерігається при використанні його при нормі витрати 100–300 л/га (33,2 та 34,5 ц/га, що на 2,0–3,3 ц/га вище контролю). Хоча використання пластової мінералізованої води призводить до отримання вищої прибавки урожаю

ніж бішофіт, але внесення розчину бішофіту відповідає технологічній спроможності агрегату.

Для екологічної оцінки стабільності ґрунтової системи при використанні пластової мінералізованої води важливо також оцінити хімічних показників ґрунту, тому що природні розсоли та мінерали в своєму складі крім різноманітних хімічних елементів містить також важкі метали та залишкові кількості нафтопродуктів (**табл. 3**).

Таблиця 3

Зміна деяких хімічних показників ґрунту при використанні пластової мінералізованої води як основного добрива (за 2018–2023 рр. усереднене)

Варіанти використання ПМВ	Проба ґрунту	рН ґрунтового розч.	Катіони / аніони, мг /кг		
			нітрати	хлор.	рух. сірка
1. Контроль	0-10	7,6	9,8	131	42,0
	10-20	7,4	15,5	131	38,2
	20-30	7,5	-	149	36,0
2. ПМВ, 300 л/га	0-10	6,8	9,8	131	42,0
	10-20	6,7	13,7	93	58,6
	20-30	6,8	-	112	58,6
3. ПМВ, 600 л/га	0-10	6,8	4,9	93	10,2
	10-20	6,6	13,7	93	32,8
	20-30	6,7	-	149	36,4
4. ПМВ, 900 л/га	0-10	6,4	8,7	149	40,2
	10-20	6,0	15,5	112	36,4
	20-30	6,4	-	149	48,0
5. ПМВ, 1200 л/га	0-10	6,4	8,7	149	42,8
	10-20	6,2	12,3	149	32,6
	20-30	6,1	-	149	30,8
6. ПМВ, 2400 л/га	0-10	6,2	8,7	149	58,6
	10-20	6,3	17,3	131	58,6
	20-30	6,4	-	131	61,6
7. ПМВ, 4800 л/га	0-10	5,2	19,5	224	64,6
	10-20	5,2	27,5	168	48,0
	20-30	5,4	-	168	36,4
8. N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	0-10	6,4	30,5	149	34,4
	10-20	6,2	15,5	131	46
	20-30	6,2	-	149	26,1

За результатами досліджень встановлено, що істотне підкислення ґрунту відбувається тільки при використанні дози ПМВ більше ніж 2400 л/га. Так при використанні максимальної дози ПМВ 4800 л/га рН ґрунтового розчину становила 5,2. При застосування ПМВ в ґрунтовому розчині вміст нітратів не збільшується, а навпаки зменшується. Пояснюється це тим, що ПМВ стимулює розвиток також мікробіоти у ґрунті.

Аналіз даних **таблиці 4** свідчить про те що,

Таблиця 4

Вміст нафтопродуктів і важких металів у ґрунті при використанні ПМВ як добрива основного (2018–2023 рр. усереднене)

Дослід використання ПМВ	Проба ґрунту	Нафто-продукти	Важкі метали, мг/кг				
			ртуть	мідь	свинець	цинк	кадмій
1. Контроль	0-10	330	0,091	0,6	2	28	-
	10-20	265	0,026	0,7	2	30	-
	20-30	-	-	0,6	2	16	-
2. ПМВ, 300 л/га	0-10	175	-	0,7	3	17	-
	10-20	150	0,072	0,9	6	19	-
	20-30	-	-	0,6	7	18	-
3. ПМВ, 600 л/га	0-10	195	0,065	0,7	3	22	-
	10-20	175	0,078	0,6	4	15	-
	20-30	-	-	0,7	5	15	-
4. ПМВ, 900 л/га	0-10	200	0,065	1,0	4	22	-
	10-20	125	0,039	0,6	6	15	-
	20-30	-	-	0,6	4	15	-
5. ПМВ, 1200 л/га	0-10	200	0,052	0,7	4	14	-
	10-20	210	-	0,6	5	15	-
	20-30	-	-	0,7	5	14	-
6. ПМВ, 2400 л/га	0-10	200	0,052	0,7	6	16	-
	10-20	185	0,065	0,9	9	19	-
	20-30	-	-	0,9	8	19	-
7. ПМВ, 4800 л/га	0-10	320	0,046	0,8	7	24	-
	10-20	255	0,072	1,0	9	27	-
	20-30	-	-	0,9	7	31	-
8. N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	0-10	340	0,090	0,8	6	23	-
	10-20	70	0,093	0,9	7	26	-
	20-30	-	-	0,9	7	27	-

Висновки

Встановлено, що використання пластової мінералізованої води для підживлення рослин, значно відрізняється від добрив, адже дозволяє зменшувати засміченість посівів пшениці озимої бур'янами, а також створити певні умови для регулювання поживного режиму ґрунту, оптимізації активності мікробіоти ґрунту. За результатами фізико-хімічних аналізів ґрунтової проби встановлено, що при використанні ПМВ в ґрунтовому розчині вміст нітратів не збільшується, а навпаки зменшується. Пояснюється це тим, що ПМВ стимулює розвиток також мікробіоти у ґрунті.

Встановлено, що застосування ПМВ для підживлення пшениці озимої є ефективним як у фазі колосіння, так і виходу в трубку. Але використання пластової мінералізованої води є доцільнішим у фазі виходу в трубку, адже в цій фазі пшениця озима найбільше витрачає енергії на протистояння бур'янам, які її засмічують, а тому гербіцидний ефект пластової води дозволяє знищити зимуючі бур'яни (талабан польовий, грицики та інше), а також внесення елементів живлення позитивно впливає на

використання ПМВ в дозах 300–2400 л /га не викликало накопичень у ґрунті важких металів та нафто-продуктів. Вміст нафтопродуктів у верхньому шарі ґрунту через оптимізації життєдіяльність мікробіоти знижувалася. Таким чином, природні розсоли та мінерали завдяки своєму унікальному природному хімічному складу є досить перспективним органіко-мінеральним добривами для сільськогосподарських зернових і технічних просяпних культур.

продуктивність рослин. Зокрема, при використанні різних норм ПМВ у фазу виходу в трубку максимальна прибавка урожаю склала 5,2 ц/га (16,6%), а при використанні її у фазу колосіння – 4,2 ц/га (13,5 %).

Обґрунтовано, що ПМВ дозволяє отримати прибавки урожаю при нормі внесення 500–1000 л/га, як за рахунок впливу органічної так і неорганічної частини (35,4 та 35,8 ц/га відповідно, що вище контролю на 4,3–4,7 ц/га). Підвищення урожайності при використанні бішофіту спостерігається при використанні 100–300 л/га (33,2 та 34,5 ц/га, що на 2,0–3,3 ц/га вище контролю). Хоча використання її пластової мінералізованої води призводить до отримання вищої прибавки урожаю ніж бішофіт, але внесення розчину бішофіту відповідає технологічній спроможності агрегату.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Pysarenko, P., Samoilik, M., Dychenko, O., Taranenko, A., Galytska, M., & Nimets, O. (2022). Agro-ecological peculiarities of natural brines and minerals' impact on soil microorganisms. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 157–164. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.19>
2. Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., Dychenko, O. Y., Sereda, M. S., & Poghosyan, A. A. (2021). Medical, biological and toxicological assessment of using bio-preparations in arable farming. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 187–195. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.23>
3. Khodakivska, O. V. (2011). Ekologizatsiia silskohospodarskykh zemel: suchasnyi vymir ta perspektivy rozvytku. *Ekonomika APK*, 10, 23–30. [in Ukrainian]
4. Tarasova, V. V. (2011). Ekologichnist ahrovyrobnytstva v Ukraini. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu*, 1 (1 (28)), 189–196. [in Ukrainian]
5. Pisarenko, P., Samoilik, M., Taranenko, A., & Tsova, Y. (2022). Improvement of technology of obtaining high quality of organic fertilizers with the use of associated layer water and probiotics. *Agriculture and Forestry*, 1, 192–203. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-1-14>
6. Pysarenko, P. V. (2003). Naukove obgruntuvannia vykorystannia pryrodnykh rozsoliv i mineraliv v ahroekosystemakh. *Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
7. Pysarenko, P., Samojlik, M., Galytska, M., Tsova, Y., & Kalinichenko, A. (2022). Ecotoxicological assessment of mineralized stratum water as an environmentally friendly substitute for agrochemicals. *Agronomy Research*, 20 (4), 785–792. <https://doi.org/10.15159/AR.22.045>
8. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika, T. O. (2019). Soil fertility formation under organic farming. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 85–91. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.11>
9. Reva, M. A. (2016). Suptno-plastova voda v Skhidnomu naftohazonosnomu rehioni Ukrainy yak dzherelo nebezpeky abo tsinnyi resurs. *Visnyk KNU imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 1, 81–85. [in Ukrainian]
10. Bars, Ye. A. (1991). *Orhanichna hidroheokhimiia naftohazonosnykh basiniv*. Kyiv: Nadra [in Ukrainian]
11. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., & Butylo, A. P. (2013). *Zemlerobstvo: navchalnyi pidruchnyk*. Kyiv: Lazuryt-Polihraf [in Ukrainian]
12. DSTU ISO 10390:2021. *Yakist gruntu. Vyznachennia rN*. Chynnyi vid 2021-05-01. (2021). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=97744 [in Ukrainian]
13. DSTU 8347:2015 *Yakist gruntu. Vyznachennia rukhomoi sirky v modifikatsii NNTs IHA imeni O. N. Sokolovskoho*. Chynnyi vid 2003-07-01. (2017). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62892 [in Ukrainian]
14. DSTU ISO/TS 14256-1:2005. *Yakist gruntu. Vyznachennia nitratu, nitrytu i amoniiu v gruntakh polovoi volohosti ekstrahuvanniam rozchynom khloridu kaliu. Chastyna 1. Ruchnyi metod (ISO/TS 14256-1:2003, IDT)*. Chynnyi vid 2006-10-01. (2005). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53548 [in Ukrainian]
15. DSTU 7908:2015. *Yakist gruntu. Vyznachennia khloridu-iona u vodni vytyazhti*. Chynnyi vid 2016-07-01. (2015). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62772 [in Ukrainian]
16. ISO 11504:2017. *Soil quality – Assessment of impact from soil contaminated with petroleum hydrocarbons*. (2015). Retrieved from: <https://www.iso.org/ru/standard/64939.html>
17. DSTU 7832:2015. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk svyntsiu v odnonormalnii solianokyslii vytyazhti metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2016-07-01. (2015). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62714 [in Ukrainian]
18. DSTU 4770.3:2007. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk kadmiu v grunti v buferonii amoniino-atsetatnii vytyazhti z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2009-04-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58852 [in Ukrainian]
19. DSTU 4770.6:2007. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk midi v grunti v buferonii amoniino-atsetatnii vytyazhti z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2009-01-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58930 [in Ukrainian]
20. DSTU 4770.2:2007. *Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk tsynku v grunti v buferonii amoniino-atsetatnii vytyazhti z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii*. Chynnyi vid 2009-01-01. (2007). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58850 [in Ukrainian]
21. DSTU ISO 16772:2005 *Yakist gruntu. Vyznachennia rtuti v gruntovykh ekstraktakh tsarskoii vodkoii metodom atomnoi spektrometrii kholodnoi pary abo atomnofluorescentnoi spektrometrii kholodnoi pary*. Chynnyi vid 2008-01-01. Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52443 [in Ukrainian]

ORCID

P. Pysarenko  <https://orcid.org/0000-0002-4915-265X>
M. Samoilik  <https://orcid.org/0000-0003-2410-865X>
O. Dychenko  <https://orcid.org/0000-0003-0113-9998>



2025 Pysarenko P. 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.

Analysis of energy crops assortment in Ukraine

N. Syplyva¹ | M. Kulyk²✉ | I. Rozhko² | A. Rytchenko²

Article info

Correspondence Author

M. Kulyk

E-mail:

kulykmaksym@ukr.net¹Ukrainian Institute for Plant
Variety Examination,
15 Henerala Rodymtseva Str.,
Kyiv, 03041, Ukraine²Poltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine**Citation:** Syplyva, N., Kulyk, M., Rozhko, I., & Rytchenko, A. (2024). Analysis of energy crops assortment in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 55–62. doi: 10.31210/spi2025.28.01.10

The use of alternative energy sources is critically important for most countries today, which will help solve the problem of affordable and cheap energy and mitigate the effects of global warming. The main, most accessible and renewable raw material for energy production is plant biomass. Our task was to identify the most productive varieties of herbaceous and woody energy crops that would meet the needs of production. To accomplish this task, we conducted analytical research. In our work, we used the following methods: dialectical cognition of processes and phenomena, monographic; empirical; comparative analysis and abstract and logical approach. As a result of the analysis of the quantitative composition of the updated assortment of energy crops, it was determined that as of 2024, the assortment of these crops in the Register of Varieties includes 73 units, which include 35 varieties of woody and 38 herbaceous energy crops. Most of the varieties in the Register are from the Poaceae family. Over the past five years, the Register of Varieties has been updated with 34 varieties, including only seven herbaceous crops. The varieties are represented by such species as sugar sorghum – six varieties and two variety of giant miscanthus. The average yield of *Salix* varieties ranges from 32.0 to 39.0 t/ha of crude biomass with a fuel value of 16–19 MJ/kg. We also drew attention to the dynamics of breeding and seed production of energy crops. It should be noted that among the scientific institutions of Ukraine, the following institutions are engaged in seed production and selection of herbaceous energy crop varieties: M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Breeding and Genetic Institute - National Center for Seed Science and Variety Studies, State Institution Institute of Cereals of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, etc. Taking into account the botanical and biological characteristics of the representatives of this group of energy crops and the potential of the declared productivity, the most productive varieties for each growing zone were identified in the characterization of plant varieties declared in the Register of Plant Varieties Suitable for Growing in Ukraine. In the future, this will allow to produce a sufficient amount of seed and planting material for the establishment of new highly productive areas of energy crops.

Keywords: energy crops, variety, hybrid, economically valuable traits, register of plant varieties, yield, energy productivity.

Аналіз сортових ресурсів енергетичних культур в Україні

Н. О. Сиплива¹ | М. І. Кулик²✉ | І. І. Рожко² | А. В. Ритченко²¹Український інститут
експертизи сортів рослин,
м. Київ, Україна²Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Використання альтернативних джерел енергії є критично важливим на сьогодні для більшості країн світу, що в перспективі сприятиме вирішенню проблеми доступної й дешевої енергії та пом'якшення наслідків глобального потепління. Основна, найбільш доступна й поновлювальна сировина для отримання енергії – це рослинна біомаса. Поставлена перед нами задача полягала в виокремленні найбільш продуктивних сортів представників трав'янистих й деревних енергетичних культур, які б задовольняли потреби виробництва. Для виконання цього завдання ми провели аналітичні дослідження. У своїй роботі ми використовували наступні методи: діалектичного пізнання процесів і явищ, монографічний; емпіричний; порівняльного аналізу та абстрактно-логічний підхід. У результаті аналізу кількісного складу оновленого сортименту енергетичних культур визначено, що станом на 2024 рік у Реєстрі сортів асортимент даних культур налічує 73 одиниць, які поєднують по 35 сортів деревних та 38 трав'янистих енергетичних культур. Найбільше наявних у Реєстрі сортів є представники родини *Poaceae*. За останні п'ять років Реєстр сортів оновився 34 сортами, серед яких лише сім культиварів трав'янистих культур. Сорти представлені такими видами, як сорго цукрове – шість сортів та два сорти міскантусу гігантського. Середня урожайність сортів роду *Salix* складає від 32,0 до 39,0 т/га сирової біомаси з теплосмістю пального 16–19 Мдж/кг. Також ми звернули увагу на динаміку селекційно-насінницької роботи над енергетичними культурами. Відмітимо, що серед наукових установ України дослідженнями насінництва та селекції сортів трав'янистих енергетичних культур працюють такі установи: Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка Національної академії наук України, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннізнавства та сортовиствчення, Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України та ін. Враховуючи ботаніко-біологічні особливості представників даної групи енергетичних культу та потенціал заявленої продуктивності у характеристиці заявлених у Реєстрі сортів рослин придатних для вирощування в Україні виокремлено найбільш продуктивні для кожної зони вирощування. В перспективі це дозволить виробляти достатню кількість насінневого й садивного матеріалу для закладки нових площ високопродуктивних енергетичних культур.

Ключові слова: енергетичні культури, сорт, гібрид, господарсько-цінні ознаки, реєстр сортів рослин, врожайність, енергопродуктивність.

Бібліографічний опис для цитування: Сиплива Н. О., Кулик М. І., Рожко І. І., Ритченко А. В. Аналіз сортових ресурсів енергетичних культур в Україні. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 55–62.

З огляду на довгострокову перспективу, та з урахуванням сьогодення України чітко розуміючи енергетичні цілі, маючи невпинне бажання зменшити залежність від викопного палива науковці нашої держави та іноземні дослідники працюють над шляхами вирішення питання посилення енерго-незалежності нашої країни.

Відомо, що біоенергетична сировина включає цілий спектр рослинної біомаси: від традиційної деревної до сільськогосподарських побічних продуктів і відходів рослинництва [1]. Сюди ж відносимо й рослинний ресурс щорічно поновлюваної біомаси загальновідомих та малопоширених енергетичних культур [2, 3].

Відповідно резолюцій багатьох круглих столів, наукових форумів та конференцій відмічаються актуальні питання змін клімату, глобального потепління як фундаментальні загрози у час глобалізації [4, 5]. У зв'язку з чим, для подолання глобальних кліматичних проблем та зменшення залежності від викопного палива й розвитку світової економіки більшість країн стикаються з унікальним викликом у багатьох секторах, включаючи енергетику, продовольство та сільське господарство [6].

Сьогодні країни Європейського союзу зосереджуються на відновлюваних джерелах енергії беручи до уваги екологічний аспект. Даний вектор дослідження пов'язаний також зі збільшенням вмісту органічної речовини в ґрунті та зменшенням ефекту парникових газів [7, 8].

Енергія рослин, на основі їхньої біомаси є найбільш перспективним варіантом для задоволення потреб людства. Що передбачає забезпечення стабільного виробництва екологічно чистої енергії та палива через його високий енергопотенціал і широку сферу застосування [9]. Є багато підходів, які можна застосувати у практичних цілях, при цьому більш ефективно використовуючи ресурси біомаси [10, 11]. Біопаливо можна виготовляти з різноманітних відновлювальних джерел енергії, але рослинна біомаса вважається особливо перспективною. Оскільки вона має спрощену технологію виробництва, низьку вартість, незначний вплив на навколишнє середовище та достатній запас на планеті.

Ряд наукових публікацій містять інформацію щодо потенціалу енергокультур як лігноцелюлозної сировини для виробництва біопалива. Представники рослин групи «біоенергетичних» добре пристосовані до умов вирощування та формують високі врожаї в умовах України [12–13]. Хоча всі енергетичні культури високоврожайні, вони дають різну продукцію з огляду енергоємності біомаси [15]. На цей показник, поряд із ґрунтово-кліматичними умовами, в більшій мірі мають вплив сортові властивості, аніж агротехнологія вирощування культур [16–18].

Так, Д. Б. Рахметов разом із співавторами вивчали цілий спектр рослин, віднесених до біоенергетичних. Автори проаналізували

особливості державної експертизи сортів фітоенергетичного напрямку використання, надали рекомендації до поліпшення процедури їх реєстрації [19].

Інші науковці, аналізували сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. Вони навели порівняння отримання енергії польових культур з рослинами біоенергетичного напрямку використання. Акцентували увагу на поглибленні селекційної роботи зі створення нових сортів міскантусу, що свідчить про значний біоенергетичний потенціал новостворених генотипів даної культури [20].

Нашими попередніми дослідженнями було виокремлено за господарсько-цінними ознаками найкращі сорти проса прутоподібного як вихідного матеріалу для селекції на продуктивність. Це такі як: Патфіндер, Картадж, Блеквелл і Шелтер [21].

Інші дослідники, за вивчення сортименту енергетичних культур встановили, що в умовах Східного Лісостепу на четвертий рік використання найбільшу урожайність сухої маси формують сорти: Alamo – 19,1 т/га; Kanlow – 16,6 т/га; Carthage – 15,6 т/га; Cave-in-Rock – 14,9 т/га. Найменшу – сорт Dacotach на рівні 7,8 і 7,0 т/га [22].

Також на проведенні подальшої селекційно-насінницької роботи акцентував увагу Д. Б. Рахметов із співавторами. Науковці встановили, що за більшістю морфометричних показників пізньостиглі форми проса прутоподібного перевищують ранньостиглі. Це зумовлює їх високу продуктивність. Найбільша морфологічна різниця між генотипами спостерігається на третьому році росту й розвитку рослин [23].

За вивчення способів створення нових генотипів деревних енергетичних культур Л. В. Худолєєва разом із співавторами встановили, що в результаті проведеної роботи в культуру *in vitro* введено 4 клони верб («Житомирська-1», «Олімпійський вогонь», «Печальна», «Лукаш») та клон тополі («Лубенська»), ефективність приживлюваності рослин становила 93 % [24].

Інші українські дослідники, за вивчення біоенергетичних культур у плантаційних лісових насадженнях встановили їх ресурсний запас, економічний та енергетичний потенціал використання [25, 27].

Питання деревоподібних енергокультур широко досліджуються також іноземними науковцями [27, 28].

Значна увага наукових публікацій по тематиці деревних енергетичних культур приділена енергетичній вербі та тополі. До прикладу Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, І. В. Гнап, та інші вивчали та описували у своїх роботах як технологію вирощування енергетичних плантацій верби та тополі, особливості росту та продуктивність деяких культиварів цих культур. Що залишає поза сумнівом актуальність використання їх у окресленому вище напрямку [29–32].

Поряд з цим, детального аналізу зареєстрованого сортименту енергетичних культур за господарською придатністю в науковій літературі на сьогодні недостатньо.

Характеристику сортів енергокультур проводили відповідно до офіційного опису сортів рослин та показників їх господарської придатності з урахуванням географічної та зонової рекомендації їх використання [34, 35].

На даний час до Реєстру сортів, придатних для поширення в Україні, внесені наступні сорти енергетичних культур, що рекомендовано до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних зонах (**табл. 1**) [33, 37, 38, 41, 43, 46].

Для зручності сприйняття та з урахуванням морфологічних особливостей рослин, ми їх розподілили на трав'янисті та деревні енергетичні культури.

Таблиця 1

Характеристика сортів рослин (деревні енергетичні культури)

Назва сорту (українська / латинська)	Рік реєстрації	Рекомендована зона вирощування*	Урожайність сирової біомаси/сухої сировини, т/га (середня)
Верба прутівидна <i>Salix viminalis</i> L.			
‘ЛІННЕЯ’ / LINNEA	2014	С Л П	40,0/20
‘Вільгельм’ / ‘Wilhelm’	2014	С	34,0/16
‘Панфільська 2’ / ‘Panfyl’s’ka 2’	2014	Л П	64,2/32,3
‘Марціана’ / ‘Martsyiana’	2013	П	102,2
‘Збруч’ / ‘Zbruch’	2018	С Л П	32,0/17,6
‘Катя’ / ‘Katia’	2019	С Л П	37,0/19,6
‘М1’ / ‘M1’	2019	С Л П	39,0/20,6
‘К2’ / ‘K2’	2021	С Л П	32,0/15,7
‘М2’ / ‘M2’	2021	С Л П	34,0/16,7
‘М3’ / ‘M3’	2021	С Л П	35,0/16,8
Верба тритичинкова <i>Salix triandra</i> L.			
‘Панфільська’ / ‘Panfylska’	2014	Л П	70,4/34,0
‘ЛІННЕЯ’	2014	С Л П	40,0/30,0
‘Ярослава’	2018	Л П	24,0/12,4
Верба біла <i>Salix alba</i> L.			
‘Н1’	2021	С Л П	35,0/18,6
Верба ламка <i>Salix fragilis</i> L.			
‘Свангеліна’ / ‘Yevanhelina’	2019	С Л П	-
‘А3’ / ‘A3’	2021	С Л П	32,0/16,6
‘Адам’ / ‘Adam’	2024	С Л П	36,0/18,7
‘Адам 2’ / ‘Adam 2’	2021	С Л П	35,0/18,2
‘Козак’ / ‘Kozak’	2021	С Л П	33,0/17,1
Павловнія <i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.			
‘Ін Вітро 112’ / ‘In Vitro 112’	2017	С Л П	345/142
‘Котевіса 1’ / ‘Cotevisa 1’	2019	С Л П	337,5/130
‘Котевіса 2’ / ‘Cotevisa 2’	2019	С Л П	348,75/135
‘Фенікс’ / ‘Feniks’	2020	С Л П	335/145
‘Квінерджи’ / ‘Kvinerdzhy’	2020	С Л П	330/135
‘Лілов’ / ‘Lilov’	2020	С Л П	349/147,1
‘ТУРБО ПРО’ / ‘TURBO PRO’	2020	С Л П	50/28 (за 1 рік)
‘ЗЕ ПРО’ / ‘ZE PRO’	2020	С Л П	40/21 (за 1 рік)
‘Гіант 27’ / ‘Hiant 27’	2021	С Л П	345,0/142,6
‘Сила природи’ / ‘Syla pryrody’	2021	Л	350,0/141,7
‘Енерджи’ / ‘Enerdzhy’	2022	С Л П	250,25/115
‘Лідея’ / ‘Lideia’	2023	С Л П	310,0/136
‘ПРОФІ’	2024	С Л П	744,0/210,0
‘ПРОКСІ’	2024	С Л П	469,8/195,7
‘ПРОКСІ 2’	2024	С Л П	469,6/195,7
‘ЛЕОПАРДА’	2024	С Л П	432,8/181,3

Примітка: С – Степ, Л – Лісостеп, П – Полісся.
Джерело: [36–38].

Визначено, що з-поміж сортів деревних енергетичних культур (35 культивари) у Реєстр сортів найбільшу кількість становлять культивари павловнії – 16 сортів (46,0 %) та верби прутівидної – 10 (29,0 %). Найменшою кількістю у Реєстрі сортів на 2024 рік представлені сорти верби білої – лише один сорт (3,0 %).

До 2020 року був придатний для поширення в Україні ще один сорт верби білої ‘КОРВІНУС’, який занесений до Реєстру сортів у 2016 році [33].

Відсотковий розподіл сортів деревних енергетичних культур, що внесені у Реєстр сортів станом на 2024 рік наведено на **рисунок 1**.

Поряд із деревними культурами у Реєстрі сортів нараховано 35 сортів трав'янистих енергетичних культур, які представлені видами родин *Miscanthus*, *Panicum*, *Sorghum* (**табл. 2**).



Рис. 1. Розподіл сортів деревних енергетичних культур у Реєстрі сортів, 2024 рік, %

Таблиця 2

Характеристика сортів рослин (трав'янисті енергетичні культури)

Назва сорту (українська / латинська)	Рік реєстрації	Рекомендована зона вирощування*	Урожайність сирової біомаси/сухої речовини, т/га (середня)
Мискантус гігантський <i>Miscanthus x giganteus</i> J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoiz			
‘Верум’ / ‘Verum’	2014	С Л П	60/22
‘Осінній зорецвіт’ / ‘Osinnii zoretsvit’	2015	Л П	25/20
‘Гулівер’ / ‘Huliver’	2015	Л П	87/25
‘Біотех’ / ‘Biotekh’	2017	С Л П	25/20
‘Іллінойс’ / ‘Illinois’	2023	С Л П	25/22
‘Прометей’ / ‘Prometei’	2024	Л П	28/21
Мискантус цукровітковий <i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim) Benth.			
‘Снігова королева’ / ‘Snihova koroleva’	2015	Л П	15/13
‘Снігопад’ / ‘Snihopad’	2015	Л П	60/20
Мискантус китайський <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.			
‘Місячний промінь’ / ‘Misiachnyi promin’	2015	Л П	30/15
‘Велетень’ / ‘Veleten’	2017	Л П	70/20
Просо пруткоподібне <i>Panicum virgatum</i> L.			
‘Морозко’ / ‘Morozko’	2015	Л П	23/17
‘Зоряне’ / ‘Zoriane’	2015	Л П	42/11
‘Лядовське’ / ‘Ludovske’	2018	Л П	28,7/17,2
Сорго багаторічне (трава Колумба) <i>Sorghum alnum</i> Parodi			
‘Парана’ / ‘Parana’	2000	Л П	35/13
‘Колумбо’ / ‘Kolumbo’	2009	С Л П	30/12
Сорго цукрове <i>Sorghum saccharatum</i> (L.) Moench			
‘Фаворит’ / ‘Favoryt’	2003	Л	9,4
‘Силосне 42’ / ‘Sylosne 42’	2003	Л	8,2
‘Г 1990’ / ‘G 1990’	2007	Л	14,6
‘Сс 506’ / ‘Ss 506’	2007	С Л	10
‘Сило 700Д’ / ‘Silo 700D’	2007	С Л	8,9
‘Довіста’ / ‘Dovista’	2008	С Л	16
‘Афоня’ / ‘Afonja’	2014	С Л	4,2
‘Мамонт’ / ‘Mamont’	2015	С	8,9
‘Цукрове 1’ / ‘Tsukrove 1’	2015	С	8,5
‘Приазовське’ / ‘Pryazovske’	2016	С Л	11,25
‘Су’ / ‘SIOUX’	2016	С	11,7
‘Мохаук’ / ‘Mohawk’	2016	С	11,2
‘Ананас’ / ‘Ananas’	2017	С	12,4
‘Зубр’ / ‘Zubr’	2017	С Л	13,75
‘Верблюд’ / ‘Verbliud’	2017	С	9,1
‘400X36’ / ‘400X36’	2018	С	7,9
‘Медстер’ / ‘Medster’	2018	С	10,5
‘Гулівер’ / ‘Huliver’	2019	С	11,2
‘Сохатий’ / ‘Sokhatyi’	2021	С Л П	75,8
‘Вітам’ / ‘Vitam’	2021	С Л П	65,0
‘ЕУГ2041Ф’ / ‘EUG2041F’	2022	С Л П	25,0
‘ДЖАСП’ / ‘JASPE’	2022	С Л П	14,5
‘Жирав’ / ‘Zhyraf’	2023	С Л П	88,8

Примітки: С – Степ, Л – Лісостеп, П – Полісся.

Джерело: [44–50].

Із 2009 року у Реєстр сортів було внесені сорти: сіди багаторічної – ‘Фітоенергія’ та щавнату – ‘Біоекор-1’, ‘Наставник’, ‘Київський ультра’. На сьогодні власник сортів не підтримує їх у Реєстрі сортів [33, 35].

Розподіл сортів трав’янистих енергетичних культур, що внесені до Реєстру сортів станом на 2024 рік наведено на *рисунку 2*.

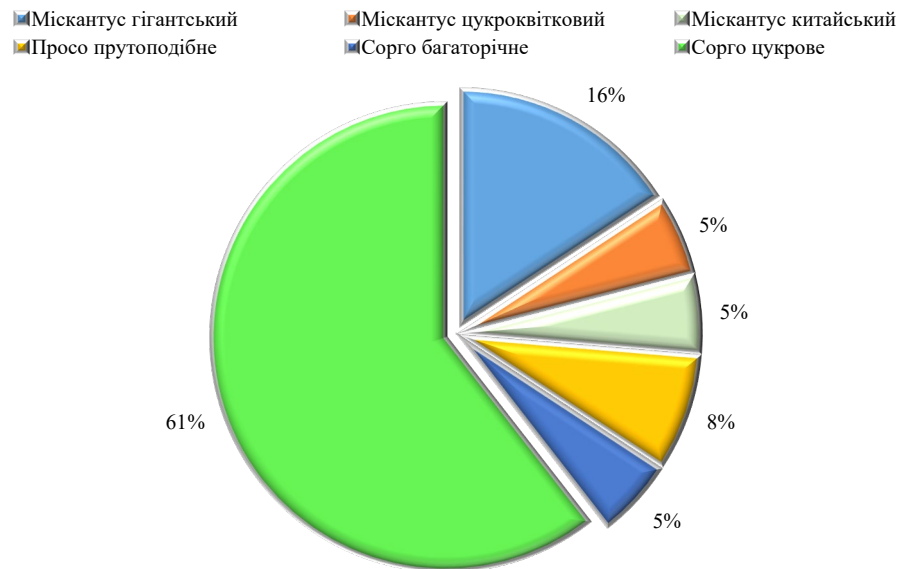


Рис. 2. Розподіл сортів трав’янистих енергетичних культур у Реєстрі сортів, 2024 рік, %

У групі трав’янистих енергетичних культур в Реєстр сортів найбільшу частку (61,0 %) становлять сорти сорго цукрового. З-поміж видів родини міскантус найбільший відсоток представлено сортами міскантусу гігантського (16,0 %), просо прутоподібне – 3 сорти (8,0 %). Інші види трав’янистих культур нараховують по два сорти

та становлять по 5,0 % від загальної кількості сортів трав’янистих енергетичних культур.

Проаналізувавши сортимент енергетичних культур встановили, що станом на 2024 рік кількість зареєстрованих сортів трав’янистих рослин переважають над деревними у 1,2 рази (*рис. 3–4*).

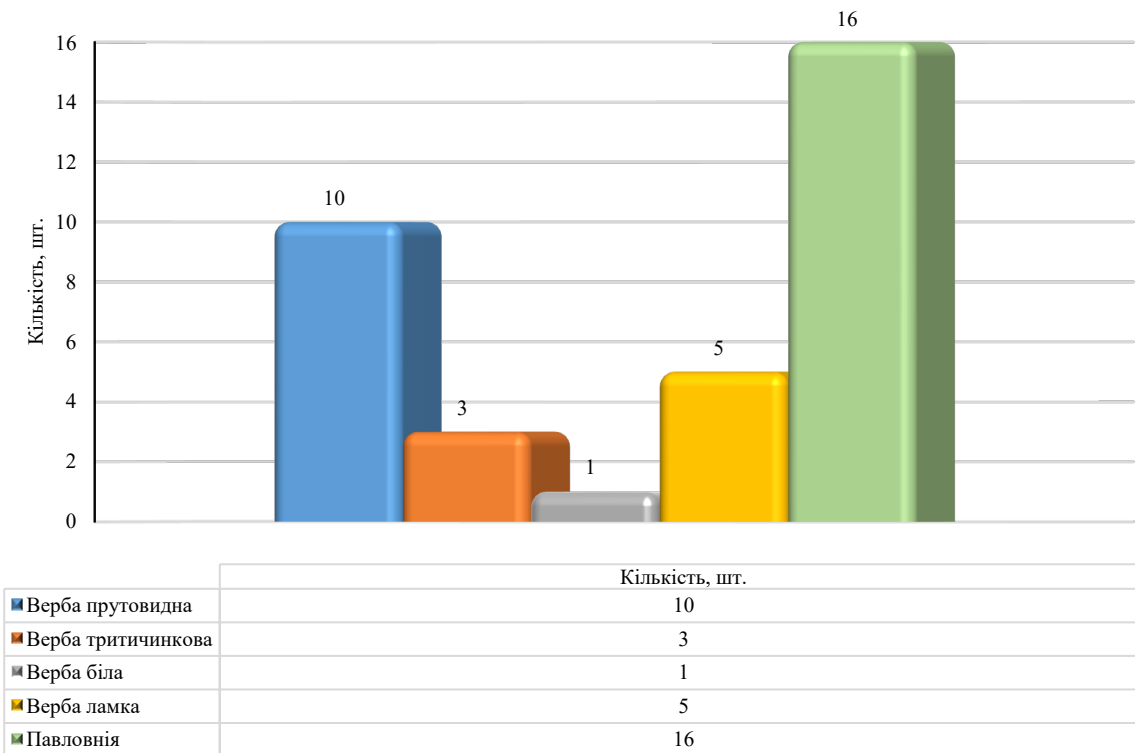


Рис. 3. Кількісний склад за видами деревних енергетичних культур в Реєстрі сортів, 2024 р.

За останні п'ять років Реєстр сортів за кількісним складом поповнився на 21 сорт деревними енергетичними культурами, всього 35 сортів. Найбільшу кількість занесено культиварів павловнії, таких нараховано 15 сортів з 16. Серед них шість сортів української селекції таких, як: 'Енерджи', 'Сила природи', 'Гіант 27', 'Фенікс', 'Квінерджи',

'Лілов' та ін. Значною кількістю культиварів поповнився Реєстр сортів видами родини *Salix* – 10 сортів. З-поміж загальної кількості значно переважають (90,0 %) сорти вітчизняної селекції, такі як: верба ламка – 'Адам 2', 'Козак', 'А3', 'Євангеліна', верба прутівидна – 'Катя', 'Адам2', 'М2', 'М3', 'К2', верба біла – 'Н1' та ін. [33, 51].

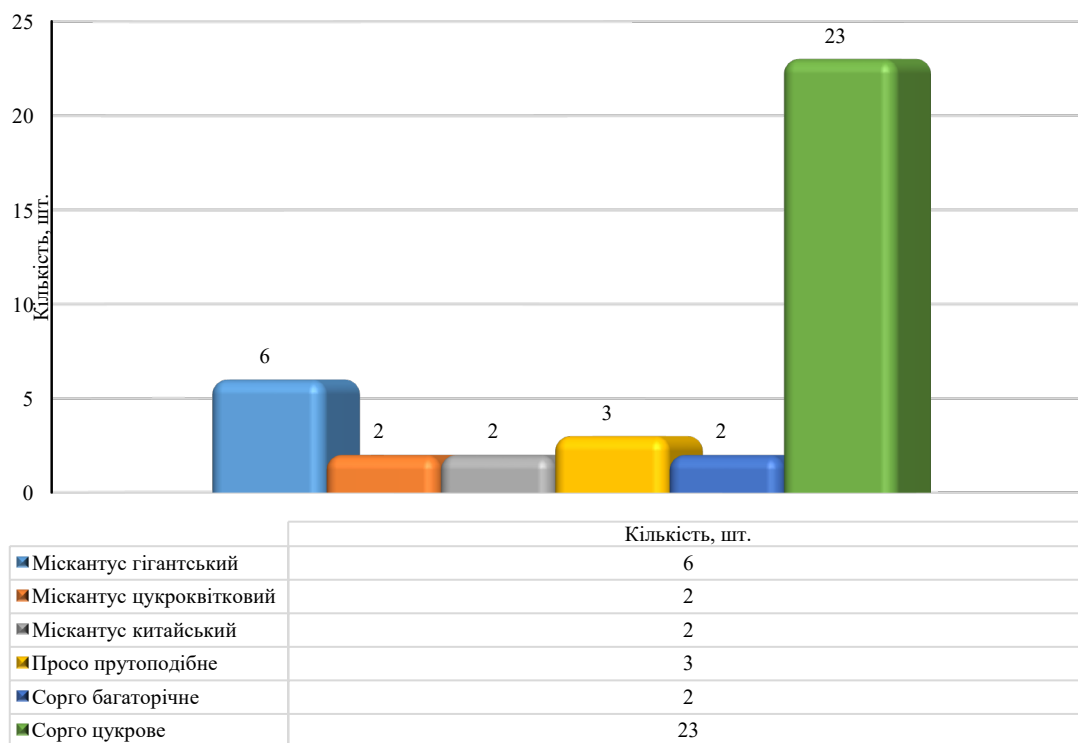


Рис. 4. Кількісний склад за видами трав'янистих енергетичних культур в Реєстрі сортів, 2024 р.

Отже, у загальному в Реєстрі сортів станом на 2024 рік наявні енергокультури з найбільшим різноманіттям видів трав'янистих рослин (38 сортів), порівняно із деревними (35 сортів). З-поміж зареєстрованих сортів енергетичних культур у Реєстрі сортів найбільше культиварів має сорго цукрове, кількість яких становить 23. За останні п'ять років Реєстр сортів оновився 28 сортами, серед яких лише вісім культиварів трав'янистих культур: сорго цукрове – шість сортів та два сорти міскантусу гігантського. Сортами української селекції

представлений вид родини *Sorghum*. Їх кількість налічує три сорти, це такі, як сорго цукрове: 'Сохатий', 'Вітам', 'Жираф' [33, 35].

Всі енергокультури різняться між собою як за рекомендованою зоною вирощування, так і за господарсько-цінними показниками. За урожайністю сирової біомаси та сухої речовини, найпродуктивнішими сортами серед деревних енергетичних видів культур є сорти верби прутівидної: 'Марцяна' – 102,2 т/га, 'Парфільська 2' – 64,2 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

Урожайність біомаси рослин (деревні й трав'яністі енергетичні культури)

Енергетична культура	Урожайність (мінім. та максим.), т/га	Енергетична культура	Урожайність (мінім. та максим.), т/га
Верба прутівидна	16,0-102,2	Міскантус гігантський	20,0-87,0
Верба тритичинкова	12,4-70,4	Міскантус цукроквітковий	13,0-60,0
Верба ламка	16,6-35,0	Міскантус китайський	15,0-70,0
Верба біла	18,6-48,0	Просо прутівидне	11,0-42,0
Павловнія	115,0-350,0	Сорго цукрове	4,2-88,8
		Сорго багаторічне	12,0-35,0

Серед сортів верби тритичинкової – 'Парфільська' – 70,4 т/га. Високою урожайністю серед сортів

павловнії відзначилися такі як: 'Сила природи' – 350,0 т/га, 'Лілов' – 349,0 т/га, 'Котевіса' – 348,0 т/га,

‘Гіант 27’ – 345,0 т/га, ‘Ін Вітро 112’ – 345,0 т/га та нові з 2024 року: ‘ПРОФІ’, ‘ПРОКСІ’, ‘ПРОКСІ 2’, ‘ЛЕОПАРДА’ з урожайністю за сухою біомасою – від 181,3 до 210,0 т/га [36–43].

Порівнюючи за врожайністю трав’янисті енергетичні культури встановлено, що найвищу урожайність серед видів родини *Miscanthus* мають сорти міскантусу гігантського: ‘Гулівер’ – 87,0 т/га, ‘Верум’ – 60,0 т/га, ‘новий сорт ‘Прометей’ – 28,0 т/га. З-поміж міскантусу цукроквіткового найбільш урожайним є такі сорти, як: ‘Снігопад’ – 60,0 т/га, міскантусу китайського: ‘Велетень’ – 70,0 т/га. Високу урожайність серед видів родини *Sorghum* мають сорти сорго цукрового: ‘Вітам’ – 65,0 т/га, ‘Сохатий’ – 75,0 т/га, ‘Жираф’ – 88,8 т/га [36, 43, 44, 51].

Висновки

Метою проведеного огляду було визначення кількісного та якісного складу сортів енергетичних культур, які за комплексом ознак є придатними для поширення на території України та виробництва біопалива.

Отже, згідно представленого огляду встановлено, що:

- Реєстр сортів, станом на 2024 рік нараховує 73 сортів енергокультур, які є придатними для поширення на території України. Серед яких 35 сортів деревних видів енергетичних культур та 38 сортів трав’янистих;

- за останні шість років Реєстр сортів поповнився 23 сортом деревних енергетичних культур та семи сортами трав’янистих (всього 34 культивари). Найбільшу кількість занесено культиварів павловнії, таких нараховано 15 сортів, нових – вісім. Серед трав’янистих культур Реєстр сортів поповнився сортами сорго цукрового – шість, просо пруткоподібне – три, та міскантуса гігантського – два. Інші види трав’янистих рослин становлять в межах 5,0 % від загальної кількості сортів трав’янистих енергетичних культур;

- всі енергокультури різняться між собою, як за рекомендованою зоною вирощування, так і за господарсько-цінними показниками. За урожайністю сирової біомаси та сухої речовини деревних культур їх величина коливається від 12,4 до 350,0 т/га. Показник урожайності серед трав’янистих енергокультур становить від 4,2 до 88,8 т/га.

Таким чином, сорти енергетичних культур, що занесені до Реєстру сортів адаптовані та придатні для вирощування у різних кліматичних зонах нашої країни. Рослини формують високу врожайність енергоємної біомаси, що цілком придатна для виробництва різних видів біопалив.

Перспективи подальших досліджень передбачають наукове обґрунтування доцільності та актуальності використання визначених сортів енергетичних культур у певних ґрунтово-кліматичних зонах України.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Yasnolob, I. O., Chaiky, T. O., & Horb, O. O. (Eds.) (2019). *Alternative energy sources in increasing energy efficiency and energy independence of rural areas: monohrafiia*. Poltava : Vydavnytstvo PP «Astraia».
2. Korenko, M., Bulgakov, V., Kurylo, V., Kulyk, M., Kalinichanko, A., Ihnatiev, Y., & Matušeková, E. (2021). Formation of crop yields of energy crops depending on the soil and weather conditions. *Acta Technologica Agriculturae*, 24, 41–47. <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0007>
3. Kulyk, M., D’omin, D., & Rozhko, I. (2021). Reclamation of marginal lands using rare energy crops. *European Vector of Development of the Modern Scientific Researches*. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-077-3-27>
4. Vasenko, O. H., Zinchenko, I. V., Milanich, H. Yu., & Tsytlshvili K. O. (2022). Osnovni prychny, naslidky y protydyi zminam klimatu v Ukraini ta sviti. *Problemy Okhorony Navkolyshnoho Pryrodnoho Seredovyshcha ta Ekolohichnoi Bezpeky*, 44, 19–28. [in Ukrainian]
5. Kucher, A. (2017). Adaptation of the agricultural land use to climate change. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 3 (1), 119–138. <https://doi.org/10.51599/are.2017.03.01.10>
6. Kalinichenko, O. V., Kulyk, M. I., & Lesiuk, V. S. (2024). Bioekonomichna otsinka efektyvnosti vyrobnytstva biomasы enerhetychnykh kultur v Ukraini. In: *Zelena transformatsiia ta stala bioekonomika: kolektyvna monohrafiia*. (P. 455–479). Kyiv: KNUVD [in Ukrainian]
7. Galytska, M., Kulyk, M., Rakhmetov, D., Kurylo, V., & Rozhko, I. (2021). Effect of cultivation method of *Panicum virgatum* and soil organic matter content on the biomass yield. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108 (3), 247–254. <https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.032>
8. Pysarenko, P. V., Halytska, M. A., & Korchahin, O. P. (2019). *Ekolohichni aspekty vidnovliuvannykh dzherel enerhii v umovakh Lisostepu Ukrainy. Optymalni enerhetychni systemy z urakhuvanniam naivavnoho potentsialu vidnovliuvannykh dzherel enerhii u Lisostepu Ukrainy : kolektyvna monohrafiia*. (P. 13–36). Poltava: PP «Astraia», 13–36. [in Ukrainian]
9. Kukharets, S. M., & Holub, H. A. (2013). Rehuliuвання vykorystannya orhanichnykh resursiv dlia vyrobnytstva biopalyva. *Silskohospodarski Mashyny*, 24, 187–194. [in Ukrainian]
10. Skrypchuk, P. M., & Pashechko, O. A. (2015). Udokonalennia pidkhdov do ratsionalnoho vykorystannya enerhetychnykh resursiv rehionu na osnovi vidnovnoi biomasы. *Ekonomichnyi Forum*, 3, 182–188. [in Ukrainian]
11. Strapchuk, S. (2021). Production and use of bioenergy resources of the agricultural sector of Ukraine on the basis of sustainability. *Environmental Economics and Sustainable Development*, 9 (28), 80–87. [https://doi.org/10.37100/2616-7689.2021.9\(28\).11](https://doi.org/10.37100/2616-7689.2021.9(28).11)
12. Humenyk, M. Ya., Radeiko, B. M., Fuchylo, Ya. D., Sinchenko, V. M., Hanzhenko, O. M., Bondar, V. S., Fursa, A. V., Kvak, V. M., Kharytonov, M. M., & Katelevskyi, V. M. (2018). *Vyroschchuvannya bioenerhetychnykh kultur*. Kyiv : Kompyrnt [in Ukrainian]
13. Humenyk, M. Ya. (2010). Perspektyvy vyroschchuvannya bahatorichnykh zlakovykh kultur dlia vyrobnytstva biopalyva [Prospects for growing perennial cereal crops for biofuel production]. *Tsukrovi Buriaky*, 4, 21–22 [in Ukrainian]
14. Osadchuk, V. D., Hunchak, T. I., & Sanduliak, T. M. (2017). Osoblyvosti vyroschchuvannya svitchhrasu yak enerhetychnoi kultury v umovakh Bukovyny. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynnystvo*, 61, 102–112 [in Ukrainian]
15. Blium, Ya. B., & Heletukha, H. H. (2010). *Novitni tekhnolohii bioenerhokonversii. Monohrafiia*. Kyiv : «Ahrar Media Hrup» [in Ukrainian]

16. Elbersen, H. W., Christian, D. G., Bassen, N. E., Bacher, W., Sauerbeek, G., Alexopoulou, E., Sharma, N., Piscioni, I., Visser, P. De., & Van Den Berg, D. (2001). Switchgrass variety choice in Europe. *Aspects of Applied Biology*, 65, 21–28.
17. Chramiec-Głębik, A., Grabowska-Joachim, A., Sliwinski, E., Legutko, J., & Kula, A. (2012). Cytogenetic analysis of *Miscanthus × giganteus* and its parent forms. *Caryologia*, 65 (3), 234–242. <https://doi.org/10.1080/00087114.2012.740192>
18. Hanzhenko, O. M. (2022). *Ahroekologichni osnovy formuvannya produktyvnosti tsukronosnykh kultur dlia biopalyva: monohrafiia*. Kyiv: Komrpynt [in Ukrainian]
19. Rakhmetov, D. B., Andriushchenko, A. V., Kryvytskyi, K. M., & Mamaisur, V. V. (2011). Derzhavna ekspertyza sortiv roslin fitoenerhetychno napriamu vykorystannia. *Sortovyvchennia ta Okhorona Prav na Sorty Roslyn*, 1, 38–45. [in Ukrainian]
20. Roik, M. V., Hontarenko, S. M., & Lashuk, S. O. (2014). Suchasnyi stan rozvytku selektsii ta reiestratsii predstavnykiv rodu *Miscanthus* v Ukraini ta sviti. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 21, 249–254. [in Ukrainian]
21. Rozhko, I., & Kulyk, M. (2022). Evaluation of switchgrass varieties by biomass yield. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 75–84. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.08>
22. Filipas, L. P., Horobets, A. M., & Mandrovska, S. M. (2012). Produktyvnist riznykh sortiv svitchhrasu. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 14, 359–361. [in Ukrainian]
23. Rakhmetova, S. O., Vergun, O. M., Kulyk, M. I., Blume, R. Y., Bondarchuk, O. P., Blume, Y. B., & Rakhmetov, D. B. (2020). Efficiency of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivation in the Ukrainian Forest-Steppe zone and development of its new lines. *The Open Agriculture Journal*, 14 (1), 273–289. <https://doi.org/10.2174/1874331502014010273>
24. Khudolieieva, L. V., Kutsokon, N. K., & Nesterenko, O. H. (2017). Vvedennia v kulturu *in vitro* kloniv topol ta verb perspektyvnykh dlia vidnovliuvanoi enerhetyky. *Biologichni Systemy*, 9 (1), 18–22. [in Ukrainian]
25. Debryniuk, Yu. M., & Fuchylo, Ya. D. (2020). *Plantatsiini lisovi nasadzhennia v Ukraini: kontseptualni zasady, resursnyi potensial ta enerhetychne vykorystannia : monohrafiia*. Lviv: Halyska vydavnycha spilka [in Ukrainian]
26. Humentyk, M. Ya., Haida, Yu. I., Fuchylo, Ya. D., & Hnap, I. V. (2018). Ekonomichna efektyvnist investysii u vyroshchuvannia bioenerhetychnykh kultur v zoni lisostepu Ukrainy. *Ekonomichni Analizy*, 2, 21–29. [in Ukrainian]
27. Zachar, M., Lieskovský, M., Majlingová, A., & Mitterová, I. (2018). Comparison of thermal properties of the fast-growing tree species and energy crop species to be used as a renewable and energy-efficient resource. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 134 (1), 543–548. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7194-y>
28. Schwerz, F., Neto, D. D., Caron, B. O., Nardini, C., Sgarbossa, J., Eloy, E., Behling, A., Elli, E. F., & Reichardt, K. (2020). Biomass and potential energy yield of perennial woody energy crops under reduced planting spacing. *Renewable Energy*, 153, 1238–1250. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.074>
29. Hordienko, M. I., & Fuchylo, Ya. D. (1999). Morfometrychni parametry ta posivni yakosti nasinnia deiakykh predstavnykiv rodu *Salix* L. v umovakh Polissia Ukrainy. *Naukovyi Visnyk NLTU Ukrainy*, 9, 56–58. [in Ukrainian]
30. Fuchylo, Ya. D., Onyskiv, M. I., & Sbytina, M. V. (2006). Biologichni ta tekhnologichni osnovy plantatsiinoho lisovyroshchuvannia. Kyiv : NNTs IAE [in Ukrainian]
31. Fuchylo, Ya. D., Zelinskiy, B. V., & Fuchylo, D. Ya. (2021). Produktyvnist deiakykh sortiv enerhetychnoi topoli ta verby v umovakh Kyivskoho Polissia. *Suchasni problemy lisovoho hospodarstva ta ekolohii: shliakhy vyrishennia : Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. (p. 193–195). Zhytomyr [in Ukrainian]
32. Fuchylo, Ya. D., Hnap, I. V., & Hanzhenko, O. M. (2018). Rist i produktyvnist deiakykh sortiv enerhetychnoi verby inozemnoi selektsii v umovakh Volynskoho Opillia. *Sortovyvchennia ta Okhorona Prav na Sorty Roslyn*, 14 (2), 230–239. [in Ukrainian]
33. Informatsiino-dovidkova systema «Reiestr sortiv». Retrieved from: <http://service.ukragroexpert.com.ua/> [in Ukrainian]
34. Okhorona prav na sorty roslin. (2024). *Biuletyn*, 4. (p. 55, 69–479). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/2024/B_3_2024.pdf [in Ukrainian]
35. Informatsiino-dovidkova systema «Sort». Retrieved from: <http://sort.sops.gov.ua/search/search>
36. Okhorona prav na sorty roslin. (2019). *Biuletyn*, 4. (p. 130–131). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/b_4_2019.pdf [in Ukrainian]
37. Okhorona prav na sorty roslin. (2021). *Biuletyn*, 4. (p. 104–109). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/b_4_2021.pdf [in Ukrainian]
38. Okhorona prav na sorty roslin. (2020). *Biuletyn*, 6. (p. 690–692). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/B_6_2020.pdf [in Ukrainian]
39. Okhorona prav na sorty roslin. (2022). *Biuletyn*, 1. (p. 570). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/publication/B_1_2022.pdf [in Ukrainian]
40. Okhorona prav na sorty roslin. (2021). *Biuletyn*, 5. (p. 426). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/B_5_2021.pdf [in Ukrainian]
46. Okhorona prav na sorty roslin. (2020). *Biuletyn*, 2. (p. 385). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/B_2_2020.pdf [in Ukrainian]
47. Okhorona prav na sorty roslin. (2023). *Biuletyn*, 5. (p. 50). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/B_5_2023.pdf [in Ukrainian]
48. Okhorona prav na sorty roslin. (2020). *Biuletyn*, 4. (p. 172). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/B_4_2020.pdf [in Ukrainian]
49. Okhorona prav na sorty roslin. (2022). *Biuletyn*, 6. (p. 689–690). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/Arhiv_bul/B_6_2022.pdf [in Ukrainian]
50. Okhorona prav na sorty roslin. (2024). *Biuletyn*, 2. (p. 102). Retrieved from: <https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/2024/2024-2.pdf> [in Ukrainian]
51. Okhorona prav na sorty roslin. (2024). *Biuletyn*, 3. (p. 55, 6971). Retrieved from: https://sops.gov.ua/uploads/page/buletyn/2024/B_3_2024.pdf [in Ukrainian]

ORCID

- N. Syplyva  <https://orcid.org/0000-0003-0921-6361>
M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>
I. Rozhko  <https://orcid.org/0000-0002-0646-4004>
A. Rytchenko  <https://orcid.org/0000-0002-2190-6384>



2025 Syplyva 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.

Influence of precedents and fertilization level on winter wheat grain yield in the Left-Bank Forest-Step conditions

V. Hanhur[✉] | A. Marenych | D. Sokyрко

Article info

Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

volodimirgangur@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Hanhur, V., Marenych, A., & Sokyрко, D. (2025). Influence of precedents and fertilization level on winter wheat grain yield in the Left-Bank Forest-Step conditions. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 63–67. doi: 10.31210/spi2025.28.01.11

The grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) is a major agricultural raw material for the production of major foodstuffs. The world's constantly growing population and rising global wheat prices highlight the importance of fully ensuring this strategic resource. At the same time, it is impossible to increase grain harvest and improve grain quality without optimizing certain elements of technology, including fertilizer systems and finding the best position for the crops in the crop rotation. The study was conducted at the Poltava State Agricultural Research Station named after M. I. Vavilov during 2022–2024. The aim of the field experiment was to determine the effect of predecessors and fertilizer system on the formation of winter wheat productivity in short crop rotations. According to the results of the field experiment, was found that when growing winter wheat under conditions of unstable moisture in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the best steam crop predecessors in crop rotations with a short rotation are black steam and sainfoin on one cutting. When the winter wheat was grown on these predecessors and mineral fertilizers were applied at the rate of $N_{50}P_{30}K_{50}$, the yield of Niva Odessanska was 5.16 and 5.09 t/ha, respectively. According to the results of the research, it was noted that black steam as a predecessor of winter wheat in crop rotation was the most effective in terms of its effect on the biometric parameters of plants, the level of grain yield, in years with a deficit of available moisture in the soil both at the time of optimal sowing and during the growing season. In years with a moderate temperature regime and sufficient supply of moisture to plants, the effectiveness of black steam decreased and in terms of its impact on the conditions of winter wheat yield formation was comparable to non-steam predecessors. Among the non-fallow predecessors, it is advisable to locate winter wheat after cereals and soybeans. In crop rotations where winter wheat was sown after cereals and soybean, the yield of the crop was 4.77 and 4.65 t/ha, respectively, which is 7.6 and 9.9 % less than in the control (black fallow). It is undesirable to re-sow winter wheat in a crop rotation, where the negative impact of the predecessor is manifested even with the application of organic and increased doses of mineral fertilizers. As a result of this is a decrease in grain yield by 1.66 t/ha or 32.2 % compared to the placement of the crop on black fallow. The research showed that the sowing qualities of winter wheat seeds, in particular the weight of 1000 seeds and laboratory germination, remained almost unchanged depending on the predecessors in the crop rotation, except for the variant with re-sowing of wheat.

Keywords: winter wheat (*Triticum aestivum* L.), crop rotation, predecessor, fertilizer, yield.

Вплив попередників та рівня удобрення на урожайність зерна пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу

В. В. Гангур | А. М. Маренич | Д. Д. Сокирко

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Зерно пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) є ключовою сільськогосподарською сировиною для виробництва основних продуктів харчування. Однак підвищення урожайності, збільшення валових зборів зерна та поліпшення його якості неможливе без оптимізації окремих елементів технології, зокрема системи удобрення та виявлення кращого місця культури у сівозміні. Дослідження проведено в умовах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова впродовж 2022–2024 рр. Метою польового експерименту було з'ясувати вплив попередників та системи удобрення на формування продуктивності пшениці озимої у сівозмінах із короткою ротацією. За результатами польового експерименту встановлено, що за вирощування пшениці озимої в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України кращими паровими попередниками культури у сівозмінах з короткою ротацією є чорний пар та еспарцет на один укіс. У разі розміщення пшениці озимої по цих попередниках та внесення мінеральних добрив у нормі $N_{50}P_{30}K_{50}$, урожайність сорту Нива одеська становила, відповідно 5,16 та 5,09 т/га. Серед парових попередників, доцільним є розміщення пшениці озимої після чини на зерно та сої. У сівозмінах, де пшеницю озиму висівали після чини на зерно та сої урожайність культури становила, відповідно 4,77 та 4,65 т/га, що на 7,6 і 9,9 % менше порівняно з контролем (пар чорний). Небажаним є повторна сівба пшениці озимої у сівозміні, за якої негативний вплив попередника проявляється навіть за внесення органічних та підвищених доз мінеральних добрив. Наслідком цього є зниження урожайності зерна на 1,66 т/га або 32,2 %, порівняно із розміщенням культури по чорному пару. Дослідження показали, що посівні якості насіння пшениці озимої залишалися майже незмінними залежно від попередників у сівозмінах з короткою ротацією, за винятком варіанту з повторною сівбою пшениці.

Ключові слова: пшениця озима (*Triticum aestivum* L.), сівозміна, попередник, удобрення, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Гангур В. В., Маренич А. М., Сокирко Д. Д. Вплив попередників та рівня удобрення на урожайність зерна пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 63–67.

Вступ

Зерно пшениці (*Triticum aestivum* L.) є важливою сільськогосподарською сировиною для виробництва основних продуктів харчування людини. Постійне зростання чисельності населення планети та підвищення світових цін на зерно пшениці підкреслює необхідність самозабезпечення цим стратегічним ресурсом. Вибір відповідних попередників, способів обробітку ґрунту та внесення потрібної кількості елементів мінерального живлення мають вирішальне значення для досягнення оптимальної ефективності в управлінні посівами та покращення якості врожаю [21]. Складний взаємозв'язок між агротехнічними прийомами технології вирощування та неконтрольованими чинниками навколишнього середовища значною мірою визначає рівень фактичної продуктивності та якості зерна пшениці [23, 24]. Щорічне одержання високої врожайності зерна пшениці озимої зіштовхується з цілою низкою обмежуючих чинників, зокрема несприятливі характеристики ґрунту, низька їх родючість та підвищена кислотність ґрунтового розчину, а також недостатня кількість опадів на час проходження ключових фаз росту, що призводить до зниження продуктивності культури [22, 26]. Не менш важливим чинником, що впливає на реалізацію продуктивного потенціалу та якість врожаю, є місце культури у сівозміні, причому найвища врожайність часто спостерігається, коли пшениця висівається після зернобобових культур [17].

У світі посилюються тенденції до біологізації землеробства, починаючи із удосконалення сівозмін, до яких включаються трави багаторічні, зернобобові та інші культури, які покращують агрохімічні, агрофізичні властивості ґрунту та фітосанарний стан посівів. Саме вони визначають одне із основних завдань руху сучасного землеробства – екологізацію виробництва продуктів харчування, охорони ґрунтів та навколишнього середовища [11, 15].

Під час розроблення сівозмін ключовим аспектом є розміщення провідних культур після кращих попередників. Ґрунтові і кліматичні умови України мають значні відмінності за придатністю і сприятливістю для вирощування тієї чи іншої культури. Тому набір і якість передуючих культур, зокрема і для пшениці озимої, буде різнитися в окремих зонах. Залежно від умов зволоженості регіону, попередники мають неоднаковий вплив на урожайність наступних культур сівозміни. Тривалими дослідженнями в умовах недостатнього зволоження встановлено, що кращим місцем пшениці озимої в сівозміні є сівба по чорному і зайнятому парах, а також після багаторічних трав, зернобобових [3–5]. Вирощування зернобобових культур у сівозміні було і є ключем до вирішення питання азотного живлення і накопичення атмосферного азоту в ґрунті, який практично є невичерпним.

Результати, які одержано в тривалому стаціонарному досліді Харківського НАУ

імені В. В. Докучаєва, також підкреслюють позитивну роль бобових культур у якості попередників для розміщення пшениці озимої. Експериментально встановлено, що у сівозмінах із короткою ротацією сівба пшениці озимої після гороху, сочевиці чи викув'ясної сумішки сприяє підвищенню її зернової продуктивності та врожайності коренеплодів наступної культури у сівозміні – буряків цукрових [12].

Результати наукових досліджень свідчать, що вищі рівні внесення NPK, особливо в сівозмінах, де частка кукурудзи чи пшениці становить 50 % або навіть і більше, сприяють одержанню значно вищої врожайності та кращої продовольчої цінності зерна пшениці [18]. В інших дослідженнях пшенично-кукурудзяна сівозміна покращувала такі компоненти продуктивності, як висота рослин, врожайність зерна та вміст білку [25].

Впродовж останнього десятиріччя часто практикується висівання пшениці після інших зернових, що сприяє поширенню спеціалізованих видів бур'янів [27, 19] та накопичення збудників різних хвороб [20].

Дослідження свідчать, що дієвим чинником збільшення врожайності польових культур є добрива. Їх позитивна дія полягає не лише у підвищенні врожайності, але й стабілізації її за роками. Результати досліджень Л. А. Барштейна із співавторами [7] свідчать, що у разі вирощування пшениці озимої у плодосмінній сівозміні після конюшини на фоні без внесення добрив, коефіцієнт варіації врожайності становив 23 %, а за їх внесення знизився до 18 %.

Дослідження вітчизняних науковців свідчать, що застосування добрив сприяло підвищенню урожайності зерна пшениці: на 14 % за сівби по чорному пару, на 7 % – після конюшини, на 28 % – після кукурудзи на силос і на 41 % – у варіанті із розміщенням пшениці озимої після пшениці озимої. Водночас, навіть на удобрених ділянках зберігалася істотна різниця у врожайності залежно від попередника: найбільшою вона була у варіанті, де пшеницю вирощували по чорному пару, а найнижча – за повторного висіву пшениці озимої [1, 6].

У дослідях проведених науковцями Інституту цукрових буряків спостерігали підвищення врожайності пшениці після всіх попередників, за вирощування її на фоні внесення добрив. Слід відзначити, що найбільший приріст урожайності зерна відзначався саме там, де на неудобреному фоні продуктивність культури була найнижчою. Зокрема, застосування добрив забезпечило збільшення врожайності пшениці озимої у разі розміщення її після конюшини на 0,87 т/га, після гороху – на 0,96 т/га, а після кукурудзи на силос і повторної сівби пшениці – на 1,68 та 2,0 т/га відповідно. У результаті цієї тенденції різниця у врожайності між попередниками зменшилася порівняно з неудобреним фоном. За результатами досліджень відзначено, що на варіанті без внесення добрив урожайність після гороху та конюшини перевищувала показники

після кукурудзи на силос на 0,77–0,84 т/га, тоді як із добривами ця різниця скоротилася до 0,12 т/га [2].

На думку вітчизняних дослідників, внесення добрив під озиму пшеницю є найбільш доцільним у разі її розміщення після менш сприятливих попередників. Так, середні багаторічні дані свідчать, що за сівби культури по чорному пару приріст урожайності від добрив становив лише 0,59 т/га, тоді як після кукурудзи на силос – 0,91 т/га, а після повторної сівби пшениці – 0,86 т/га. За вирощування пшениці озимої на фоні без застосування добрив урожайність культури за сівби по чорному пару у четвертій ротації сівозміни залишалася майже на рівні першої ротації (3,79 та 3,60 т/га відповідно), тоді як із внесенням добрив вона збільшилася на 1,15 т/га. Варто відзначити, що за розміщення пшениці у сівозміні після трав та фоні без добрив урожайність культури знизилася на 0,30 т/га, після кукурудзи зібраної у фазі молочно-воскової стиглості – на 0,49 т/га, а після повторної сівби пшениці – на 0,51 т/га. Водночас на удобреному фоні врожайність, навпаки, збільшилася: після трав на 0,46 т/га, після кукурудзи – на 0,66 т/га, а після пшениці – на 0,76 т/га [7].

У дослідях проведених на Веселоподільській дослідно-селекційній станції виявлено, що у середньому за чотири роки найбільшу середню врожайність пшениці озимої – 4,61 т/га – одержано в агротехнічній схемі, яка передбачала полицевий обробіток ґрунту на глибину 20–22 см під кукурудзу на силос, 30–32 см під буряк цукровий та поверхневе розпушування ґрунту на 10–12 см під пшеницю озиму і ячмінь ярий, а також застосування добрив із розрахунку 6,25 т ґною та по 33,8 кг/га д.р. NPK на 1 га ріллі [16].

Таким чином вивчення різноманітних попередників та рівнів удобрення у контексті вирощування пшениці має вирішальне значення для оптимізації використання ресурсів, покращення якості зерна та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Мета дослідження

Метою досліджень було з'ясувати вплив попередників та системи удобрення на формування продуктивності пшениці озимої у сівозмінах із короткою ротацією.

Завдання дослідження: вивчити місця культури у сівозміні та системи удобрення на урожайність зерна пшениці озимої; визначити посівні якості насіння пшениці озимої залежно від попередника та рівнів удобрення.

Матеріали і методи

Дослідження проведено в умовах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова. Ґрунт дослідної ділянки характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в шарі 0–20 см 4,9–5,2 %.

За даними аналізів, ґрунти дослідного поля добре забезпечені елементами живлення рослин. В орному шарі міститься 5,44–8,10 мг азоту, що гідролізується (за Тюріним і Коновою), 10–15 мг рухомого фосфору (за Чириковим), 16–20 мг на 100 г ґрунту калію (за Масловою). Реакція ґрунтового розчину слабокисла, рН сольової витяжки 6,3.

Дослідження з визначення особливостей формування врожаю пшениці озимої залежно від попередників та удобрення проводили в стаціонарному довготерміновому польовому досліді за такою схемою: фактор А – попередники: чорний пар, чина на зерно, соя, еспарцет на зелений корм, пшениця озима; фактор В – дози добрив: $N_{50}P_{50}K_{50}$ (у разі розміщення пшениці озимої по чорному пару та після чини на зерно, сої, еспарцету на зелений корм) та гній 30 т/га + $N_{90}P_{110}K_{110}$ (у разі розміщення пшениці озимої після пшениці озимої).

Повторність дослідів чотириразова. Розміщення варіантів і повторень – систематичне. Посівна площа ділянки становить 172,8 м², а облікова – 96 м². В досліді висівали сорт пшениці озимої – Нива одеська. Набір технологічних прийомів з вирощування культури аналогічний із загальноприйнятими для умов зони Лівобережного Лісостепу, за виключенням елементів, які вивчали в досліді.

Відповідно до програми досліджень було проведено наступні обліки та спостереження. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин пшениці озимої проводили за основними фазами росту і розвитку культури згідно з «Методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур» [14]. Облік урожайності проводиться з кожної ділянки, методом суцільного обмолоту комбайном SAMPO-500. Масу 1000 насінин визначали за ДСТУ 4138-2002 [8]. Математичну обробку результатів польових та лабораторних дослідів виконували за допомогою методу дисперсійного аналізу [9].

Результати та їх обговорення

Попередники пшениці озимої та інших польових культур в значній мірі впливають рівень їх урожайності, і в підсумку на продуктивність сівозмін вцілому. За результатами проведених досліджень виявлено, що кращими попередниками пшениці озимої є чорний пар та еспарцет на один укіс. В середньому за три роки (2022–2024 рр.), зернова продуктивність сорту пшениці озимої Нива одеська за сівби по цих попередниках та внесення під культуру мінеральних добрив в нормі $N_{50}P_{50}K_{50}$, становила, відповідно 5,16 та 5,09 т/га (*табл. 1*). За результатами досліджень відзначено, що чорний пар як попередник пшениці озимої у сівозміні найбільш ефективним за впливом на біометричні параметри рослин, рівень урожайності зерна, був у роки з дефіцитом доступної вологи в ґрунті як на час настання оптимальних строків сівби, так і впродовж періоду вегетації культури. У роки з помірним температурним

режимом та достатнім забезпеченням рослин вологою ефективність чорного пару знижувалася і за впливом

на умови формування врожаю пшениці озимої наближався до непарових попередників.

Таблиця 1

Вплив попередників та удобрення на урожайність пшениці озимої, середнє за 2022–2024 рр.

№ варіанту	Попередники	Частка культури у сівозміні, %	Удобрєння	Урожайність, т/га
1.	чорний пар	33,3	N50P50K50	5,16
2.	чина на зерно	33,3	N50P50K50	4,77
3.	соєа	33,3	N50P50K50	4,65
4.	єспарцет на зелений корм	33,3	N50P50K50	5,09
5.	пшениця озима	66,6	гній 30 т/га + N90P110K110	3,50
НІР 0,95				0,32

У сівозмінах, де попередником пшениці озимої була чина на зерно та соєа урожайність культури становила, відповідно 4,77 та 4,65 т/га, що на 7,6 і 9,9 % менше порівняно з контролем. Це може бути наслідком того, що обидві культури залишають після себе у ґрунті менше вологи та поживних речовин для наступної у сівозміні культури – пшениці озимої. Пшениця озима як попередник самої пшениці озимої виявився найгіршим. Урожайність зерна при цьому становила 3,50 т/га, або була нижчою порівняно із сівбою культури по чорному пару на 32,2 %. Негативний вплив попередника та високого ступеня насичення сівозміни пшеницею озимою не нівелювало навіть інтенсивне удобрення, зокрема внесення під повторний посів 30 т/га гною та збільшення дози мінеральних добрив, порівняно із внесенням після інших попередників, азоту у 1,8 разу, фосфору і калію – в 2,2 разу.

Визначення посівних якостей насіння пшениці озимої, зокрема маси 1000 насінин та лабораторної схожості свідчить про практично рівноцінний вплив попередників на рівень значень цих показників (табл. 2).

Таблиця 2

Посівні якості насіння пшениці озимої одержаного на фоні різних попередників, середнє за 2022–2024 рр.

Попередники	Маса 1000 насінин, г	Лабораторна схожість, %
чорний пар	38,4	93,9
чина на зерно	39,2	93,7
соєа	38,7	93,2
єспарцет на зелений корм	38,6	94,0
пшениця озима	38,2	92,5

Виключення може становити лише насіння яке вирощено у повторному посіві пшениці, де спостерігається тенденція до деякого зниження показників посівних якостей насіння.

Вибір кращих попередників та внесення відповідної кількості мінеральних добрив є важливими для оптимізації умов вирощування пшениці озимої та підвищення врожайності і поліпшення якості зерна культури. Проведеними дослідженнями виявлено істотний вплив місця культури у сівозмінах з короткою ротацією на рівень її зернової продуктивності. Слід зазначити, що кращі умови для формування врожайності пшениці озимої створюються у сівозмінах, де її попередником були

чорний пар та єспарцет на зелений корм. Це сприяло одержанню максимального врожаю культури, а саме 5,09–5,16 т/га. Дослідження Л. А. Барштейна із співавторами також вказують на перевагу чорного пару як попередника пшениці озимої навіть за вирощування культури на фоні добрив [1]. Польові дослідження проведені впродовж 2018–2022 рр. на базі Інституту сільського господарства Степу НААН свідчать, що за вирощування пшениці озимої по пару у зернопаропросапній сівозміні спостерігали зростання урожайності на 0,62 т/га або 11,9 % порівняно із варіантом, де попередником культури була соєа [13].

О. І. Желязков [10] узагальнивши результати досліджень наукових установ України дійшов до висновку, що найкращими попередниками для пшениці озимої є чорний та зайнятий пари. Серед непарових попередників найбільш сприятливими вважаються багаторічні трави на один укіс і горох на зерно, тоді як кукурудза та стерньові культури належать до менш придатних попередників для розміщення пшениці озимої.

Висновки

Експериментальним шляхом встановлено, що в умовах нестійкого зволоження Лівобережної частини Лісостепу України кращими паровими попередниками пшениці озимої у сівозмінах з короткою ротацією є чорний пар та єспарцет на один укіс. Зернова продуктивність сорту пшениці озимої Нива одеська за сівби по цих попередниках та внесення під культуру мінеральних добрив в нормі N₅₀P₅₀K₅₀, становила, відповідно 5,16 та 5,09 т/га. Серед непарових попередників, доцільним є розміщення пшениці озимої після чини на зерно та сої. Небажаним попередником пшениці озимої є сама пшениця озима, негативний вплив якої проявляється навіть за внесення органічних та підвищених доз мінеральних добрив.

Виявлено, що посівні якості насіння пшениці озимої, зокрема маса 1000 насінин та лабораторна схожість не зазнавали помітних змін залежно від попередників культури у сівозміні, за виключенням варіанту із повторною сівбою пшениці.

Перспективи подальших досліджень в цьому напрямі. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні впливу попередників на агрофізичні властивості ґрунту та фітосанітарний стан посівів пшениці озимої.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Barshteyn, L. A., Shkarednyy, I. S., & Yakymenko, V. M. (2002). *Sivozminy, obrobitok gruntu ta udobrennya v zonakh buryakosiyannya*. Kyiv: Tenar [in Ukrainian]
2. Barshteyn, L. A., Shkarednyy, I. S., & Odrekivskyy, A. F. (1997). Rezultaty vyvchennya sivozmin na Bilotserkivskiy doslidno-selektivnyi stantsiyi. In: *Systema zemlerobstva u buryakivnytstvi*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian]
3. Hanhur, V. V., & Kotliar, Y. O. (2022). The influence of predecessors on the removal and balance of nutrients under winter wheat in crop rotations with a short rotation. *Taurian Scientific Herald*, 127, 20–26. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.2>
4. Hanhur, V. V., & Kotliar, Y. O. (2021). Influence of predecessors on water consumption and productivity of winter wheat in the zone of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 122–127. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.14>
5. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, N. V. (2022). Impact of different tillage systems on soil nutrient regime in the field of winter wheat and spring barley in the Left-Bank Forest-Steppe Zone of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 38–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>
6. Hanhur, V., & Kotliar, Y. (2023). Influence of predecessors on soil nutrient regime and yield of winter wheat in the Left Bank Forest Steppe zone of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 11–16. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.02>
7. Barshtein, A. A., Shkarednyy, I. S., Yakymenko, V. M., Zoria, S. Yu., & Horobets, A. M. (1998). Dobryyam – maksymalnu viddachu. *Tsukrovi Buriaky*, 5, 10–11. [in Ukrainian]
8. DSTU 4138-2002 Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti. Chynnyi vid 2004-01-01. (2002). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91465 [in Ukrainian]
9. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzen v ahrononii: Pidruchnyk*. Vinnytsia: PP «TD «Edelweis i K»» [in Ukrainian]
10. Zheliazkov, O. I. (2016). Formuvannya pokaznykiv yakosti zerna pshenytsi ozymoi zalezno vid poperednykiv, strokiv sivy ta norm vysivu nasinnia v Prysyvashshi. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoї Zony NAAN Ukrainy*, 4, 8–11. [in Ukrainian]
11. Kaminskyi, V. F., & Boiko, P. I. (2013). Rol sivozmin u suchasnomu zemlerobstvi. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 6, 5–9. [in Ukrainian]
12. Kudria, S. (2020). Productivity of short crop rotation with different legumes on typical chernozem. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 98 (1), 13–18. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-02>
13. Mashchenko, Yu. V., Kulyk, H. A., Trykina, N. M., & Malakhovska, V. O. (2023). Urozhainist pshenytsi ozymoi u sivozminakh Stepu zalezno vid system udobrennia ta biopreparatu. *Ahrarni Innovatsii*, 18, 77–83. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.11> [in Ukrainian]
14. Volkodav, V. V. (red.). (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vypysk 1. Zahalna chastyna*. Kyiv [in Ukrainian]
15. Tanchyk, S. P., & Manko, Yu. P. (2017). Efektyvnist system ekolohichnoho zemlerobstva v Lisostepu Ukrainy. *Ahrobiolohiia*, 2, 30–38. [in Ukrainian]
16. Filonenko, S. V., & Tyshchenko, M. V. (2020). Winter wheat yield capacity in short-rotation row crop succession depending on fertilization and basic soil tillage. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 61–69. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.07>
17. Ali, S. A., Tedone, L., Verdini, L., Cazzato, E., & De Mastro, G. (2019). Wheat response to no-tillage and nitrogen fertilization in a long-term faba bean-based rotation. *Agronomy*, 9, 50. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020050>
18. Berzsényi, Z., Györfy, B., & Lap, D. (2000). Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment. *European Journal of Agronomy*, 13, 225–244. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00076-9](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00076-9)
19. Feledyn-Szewczyk, B., Smagacz, J., Kwiatkowski, C. A., Harasim, E., & Woźniak, A. (2020). Weed flora and soil seed bank composition as affected by tillage system in three-year crop rotation. *Agriculture*, 10 (5), 186. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050186>
20. Hernandez-Restrepo, M., Groenewald, J. Z., Elliott, M. L., Canning, G., McMillan, V. E., & Crous, P. W. (2016). Take-all or nothing. *Studies in Mycology*, 83, 19–48. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2016.06.002>
21. Imani, R., Samdeliri, M., & Mirkalaei, A. M. (2022). The effect of different tillage methods and nitrogen chemical fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of corn. *International Journal of Analytical Chemistry*, 53, 123–139. <https://doi.org/10.1155/2022/7550079>
22. Rachon, L., & Woźniak, A. (2020). Variability of spring durum and common wheat yields in the decade 2009–2018 in the Lublin region. *Agronomy Science*, 75, 67–74. <https://doi.org/10.24326/as.2020.1.5>
23. Rachon, L., Szumilo, G., Brodowska, M., & Woźniak, A. (2015). Nutritional value and mineral composition of grain of selected wheat species depending on the intensity of a production technology. *Journal of Elementology*, 20, 52. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.4.640>
24. Rial-Lovera, K., Davies, W. P., Cannon, N. D., & Conway, J. S. (2016). Influence of tillage systems and nitrogen management on grain yield, grain protein and nitrogen-use efficiency in UK spring wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 154, 1437–1452. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000058>
25. Salifu, M. (2018). The impact of crop rotation and nutrient levels on nutrition quality, yield and yield components of Maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3, 239095. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.2.27>
26. Skudra, I., & Ruza, A. (2016). Winter wheat grain baking quality depending on environmental conditions and fertilizer. *Agronomy Research*, 14, 1460–1466.
27. Woźniak, A., & Soroka, M. (2018). Effect of crop rotation and tillage system on the weed infestation and yield of spring wheat and on soil properties. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16 (3), 3087–3096. https://doi.org/10.15666/aecr/1603_30873096

ORCID

V. Hanhur 

<https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>



2025 Hanhur 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.

Formation of pale purple coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) seed productivity in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

S. Pospelov✉ | G. Pospelova | Ye. Zezekalo | V. Onipko | O. Manachynskyi

Article info

Correspondence Author

S. Pospelov

E-mail:

sergii.pospelov@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda St., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Pospelov, S., Pospelova, G., Zezekalo, Ye., Onipko, V., & Manachynskyi, O. (2025). Formation of pale purple coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) seed productivity in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 68–74. doi: 10.31210/spi2025.28.01.12

The study results of seed productivity of pale purple coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.), a promising medicinal and honey crop are presented. The research was conducted in the conditions of production plantations of Poltava region. It was established that at the early stages of ontogenesis, pale purple coneflower developed slowly: the first sprouts appeared 11–15 days after sowing and this period extended to 20–25 days. The cotyledon leaf phase lasted about for 7–9 days, and the first true leaf was formed during 25–32 days. The above-ground part and root system grew slowly in the first two months, their development accelerated from July. By the end of the vegetation, the plant formed a rosette of leaves and a fleshy vertically thickened rhizome. The generative period of pale purple coneflower began from the second year of growing season. Flowering lasted on the average for 46–52 days, starting in June. Plants reached a height of 85 cm, forming from 1 to 9 generative stems (on the average – 5.4). The average number of seeds per plant made 2770 pieces, and thousand-seed weight varied within 2.3–3.55 g. The morphometric study of the parameters of different orders' inflorescences on the shoot shows that the anthodia of the first-fourth orders were characterized by the largest diameter (3.02–3.60 cm) and the height of the inflorescences (2.44–3.25 cm). The first three inflorescences provided 68 % of the total seeds' weight from the plant, which indicates their highest productivity and value. It is emphasized that the sowing qualities of pale purple coneflower seeds are limited by a long period of organic dormancy. Laboratory germination of freshly harvested seeds from inflorescences of the first order did not exceed 60%, but of inflorescences of the second and third orders was 75–78 %. Infectious structures of five fungi genera (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Stachybotrys*) were found on the achenia. To increase germination, it is recommended to conduct stratification at a temperature of +4–5°C for at least 60 days. It was concluded that seed crops of pale purple coneflower can be used more rationally by harvesting inflorescences of the fourth and higher orders for pharmaceutical needs. Taking into account the biological characteristics of the crop will contribute to increasing the yield and ensuring the stable cultivation of this promising plant.

Keywords: Pale purple coneflower, *Echinacea pallida*, seed productivity, medicinal plants.

Формування насіннєвої продуктивності ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) в умовах Лівобережного Лісостепу України

С. В. Поспєлов | Г. Д. Поспєлова | Є. О. Зезекало | В. В. Оніпко | О. І. Маначинський

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Наведені результати досліджень насіннєвої продуктивності перспективної лікарської та медоносною культури ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.), проведених в умовах виробничих плантацій Полтавської області. Встановлено, що на ранніх етапах онтогенезу ехінацея бліда розвивалась повільно: перші сходи з'являлись через 11–15 діб після сівби і цей період подовжуватись до 20–25 днів. Фаза сім'ядоліних листків тривала близько 7–9 діб, а перший справжній листок формувалась протягом 25–32 діб. Надземна частина і коренева система в перші два місяці росли повільно, їх розвиток прискорювався з липня. До кінця вегетації рослина утворювала розетку листків та м'ясисте вертикально потовщене кореневище. Генеративний період ехінацеї блідої наставав з другого року вегетації. Цвітіння тривало в середньому 46–52 діб, починаючись у червні. Рослини сягали висоти 85 см, утворюючи від 1 до 9 генеративних пагонів (у середньому – 5,4). Середня кількість насіння на одну рослину становила 2770 штук, а маса 1000 насінин варіювала в межах 2,3–3,55 г. Морфометричне дослідження параметрів суцвіть різних порядків на пагоні свідчать, що кошики перших–четвертих порядків характеризувалися найбільшим діаметром (3,02–3,60 см) та висотою суцвіть (2,44–3,25 см). Перші три суцвіття забезпечували 68 % загальної маси насіння з рослини, що вказує на їхню найбільшу продуктивність і значення. Наголошується, що посівні якості насіння ехінацеї блідої обмежуються тривалим періодом органічного спокою. Лабораторна схожість свіжозібраного насіння суцвіть першого порядку не перевищувала 60 %, проте з суцвіть другого та третього порядку становила 75–78 %. На сім'янках виявлені інфекційні структури п'яти родів грибів (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Stachybotrys*). Для підвищення схожості рекомендовано проводити стратифікацію при температурі +4–5°C протягом не менше 60 діб. Зроблений висновок, що насіннєві посіви ехінацеї блідої можна більш раціонально використовувати за рахунок збирання суцвіть четвертого і більше порядків для фармацевтичних потреб. Врахування біологічних особливостей культури сприятиме підвищенню врожайності та забезпеченню стабільного вирощування цієї перспективної рослини.

Ключові слова: Ехінацея бліда, *Echinacea pallida*, насіннєва продуктивність, лікарські рослини.

Бібліографічний опис для цитування: Поспєлов С. В., Поспєлова Г. Д., Зезекало Є. О., Оніпко В. В., Маначинський О. І. Формування насіннєвої продуктивності ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 68–74.

Introduction

The demand for medicinal plants as pharmaceutical raw materials in the world is constantly growing and correlates with the trend of using natural components for the production of medical preparations [4, 13, 19]. Despite the decline of medicinal plant growing as an industry, Ukraine has a strong potential in the form of scientific personnel, varieties, experience in cultivating and procuring medicinal raw materials. After creating economic and social conditions for development, the industry can make a significant contribution to the post-war recovery of Ukraine.

The representatives of Echinacea (Echinacea Moench.) genus have been successfully introduced to Ukraine and are popular not only as medicinal plants, but also as honey-bearing, fodder, and ornamental crops [14, 15]. This is facilitated by the unique phytochemistry of plants: the aerial part and root system contain a complex of natural compounds [1, 9], the content of which can be influenced by growing conditions and environmental factors [18, 5, 10]; they have antibacterial, antiviral, antioxidant activity, etc. [20, 21]. Among them, pale purple coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) is not as well-known as purple coneflower, but has great prospects and needs to be widely popularized [6, 11].

Among its advantages, it is worth mentioning its drought resistance. The vertically thickened rhizome penetrates deeply into the soil and is able to use moisture from the lower layers, and the dense leaves and stems' pubescence contributes to the economical use of water by the plant [8]. Positive characteristics also include the rapid formation of reproduction organs in spring and the beginning of flowering in June. The combination of pale purple coneflower and purple coneflower, which begins to bloom in July, allows create a truly unique honey-bearing conveyor [15].

However, there are certain biological peculiarities that somewhat impede the cultivation of pale purple coneflower. The main one is low field germination [6]. At the beginning of introductory research, in the 90s of the past century, the seeds of samples obtained from the prairies of the USA had the laboratory germination of up to 32 %. The result of acclimatization and selection was a significant increase in the indicator to 60–70 %. However, in field conditions, low germination leads to thinning of crops [7].

The ways to overcome this problem are to propagate pale purple coneflower by seedlings and to use methods to stimulate seed germination [17]. In America and Europe, there is already a positive experience, especially in growing seedlings, but this does not apply to large areas and requires special infrastructure and technical potential, which is problematic for Ukraine. The physiological dormancy of seeds can also be overcome by treating them with growth regulators, chemicals, by applying physical factors such as irradiation, low temperatures, etc. [16, 23].

Among the technological peculiarities of cultivation, it is worth mentioning a low competition of first-year plants with segetal vegetation, which requires manual weeding and loosening [8]. For the seed production of pale purple coneflower, the choice of harvesting dates is important, which is connected with the non-simultaneity

of ripening the anthodia of different orders. During the harvesting of coneflower seeds, the fruits are easily damaged, which affects further storage. The seed productivity of pale purple coneflower in production conditions has not been sufficiently studied, which is primarily due to the low volumes of cultivating this species not only in Ukraine, but also abroad. We believe that the issue is relevant for modern medicinal plant growing and requires profound study.

The aim of the study

The research objective is to investigate the peculiarities of the formation of pale purple coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) seed productivity.

The task of the study is to assess the seed productivity of anthodia of different orders and their share in the total productivity; to determine the seeds' sowing properties depending on the order of inflorescences' arrangement on the shoot.

Materials and methods

The studies of pale purple coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) seed productivity of were conducted in 2023–2024 in Radianskyi Agricultural Complex of Kremenchuk district in Poltava region. The soils are black residually deeply slightly saline, located on loess terraces. The humus content is 2.1–2.4 %, pH = 5.9–6.8. The climate is moderately continental with unstable moistening. In 2023, regular precipitation in the first period of the vegetation made it possible to obtain sprouts and form a rosette of leaves, which provided developed plants by the end of the growing season. In 2024, the combination of atmospheric drought and unproductive precipitation did not allow the maximum implementation of the seed potential of pale purple coneflower.

The cultivation technology included sowing with a precision seeder at a width of 45 cm and a sowing rate of 10–12 kg/ha, inter-row loosening, fertilizer application, and manual weeding in the first year of vegetation.

Experiment 1. During the growing season in the first year of vegetation and from the moment of plant re-growing in the second year, samples (15 plants) were taken, determining the morphometric characteristics of the above-ground part and root system. Among the indicators of the above-ground mass development, the weight of stems, leaves, inflorescences and their morphological parameters (the length and width of leaves, diameter of inflorescences, and height of stems) were determined. Also, the number of leaves, inflorescences, stems, anthodia and seeds were calculated.

Experiment 2. The study of seed productivity. The most typical model plants of pale purple coneflower were cut and the structure of the above-ground mass and seed productivity were determined: inflorescence parameters, number of seeds and their weight in inflorescences, the assessment of productivity by inflorescence orders. Biological yield was assessed by threshing pale purple coneflower plants harvested from an area of one square meter in five replicates.

Experiment 3. The determination of pale purple coneflower seeds sowing properties. 100 seeds in

triplicate were placed in Petri dishes on filter paper, then 5 ml of distilled water was added and the seeds were germinated at a temperature of 22–24°C. Germination energy was determined on the seventh day, laboratory germination – on the 14th day [7].

The statistical assessment of the obtained results was conducted using the method of variance analysis in the MS OFFICE program package.

Results and discussion

We have established that pale purple coneflower at the initial stage of ontogenesis, namely in its virginal period, develops slowly. After sowing, the sprouts began to appear only on the 11th–18th day. In some years, especially dry ones, the period of shoots can be extended to 20–25 days. At the stage of cotyledonary leaves, pale purple coneflower shoots were

on average 7–9 days (**Fig. 1**). After that, the first true leaf began to develop. This process, depending on weather conditions, extended to 25–32 days from the moment of sprouts emergence.

Our studies indicate that during the first two months of vegetation, the above-ground part and root system of pale purple coneflower developed much more slowly than in the following months. During the growing period of the first vegetation year, the plants formed a developed rosette of leaves and a fleshy vertically thickened rhizome. This distinguishes pale purple coneflower from other species of this genus. Taking it into account, we note that this biological peculiarity gives it great advantages both in ecological and technological terms. The transition to the generative period was accompanied by the formation of the shoot with inflorescences. This period in pale purple coneflower began from the second year of vegetation.



Fig. 1. Pale purple coneflower plants: sprouts, the first year of vegetation, the second year of vegetation, before seed cropping

Starting from the re-vegetation, the plants quickly went through the stages of organogenesis and flowering began in June. As our observations show, pale purple coneflower plants bloom for an average of 46 days. In this case, inflorescences of the first to fourth orders bloom almost simultaneously, the following ones are formed and bloom later depending on the existing soil and climatic conditions [22].

Pale purple coneflower plants at the time of seed cropping were characterized by a number of morphometric indicators reflecting their biomass

(**Table 1**). The average plant height made 85.4 cm, and the number of shoots per plant was 5.4 pcs. The stems weight reached 81.6 g, and the number of stem leaves made 68.5 pcs. with a total weight of 42.3 g. Besides, an average of 18.4 rosette leaves were formed on one plant weighing 15.6 g. The plants formed an average of 21.4 inflorescences, which ensured their productivity, and the total weight of anthodia made 32.3 g.

It was established that one plant in the second year of life produced an average of 2770 seeds, with a total weight of 9.84 g. The laboratory germination of freshly cropped

seeds did not exceed 60%, which corresponded to the data of other researchers [12]. Moreover, the attention has to be paid to the fact that this species has a fairly long period of its achenia organic dormancy. This should be taken into account when growing pale purple coneflower and methods of regulating seed dormancy should be used [16]. According to our previous observations, the dry stratification method deserves attention, while its duration at a temperature of +4–5°C must not be less than 60 days.

Table 1

The indicators of pale purple coneflower plant development at the time of seed cropping

Indicators	Value
Plant height, cm.	85.4
Number of shoots per plant, pcs.	5.4
Stems weight, g.	81.6
Number of stem leaves, pcs.	68.5
Weight of stem leaves, g.	42.3
Number of rosette leaves, pcs.	18.4
Weight of rosette leaves, g.	15.6
Number of inflorescences, pcs.	21.4
Weight of inflorescences, g.	32.3
Weight of the above-ground part, g.	171.8
Weight of raw root, g.	41.5

The analysis of morphometric characteristics of pale purple coneflower inflorescences shows that the anthodia sizes of the first four orders gradually decreased (**Table 2**). For example, the inflorescences diameter varied from 3.60 cm (the first order) to 3.02 cm (the fourth order). A similar trend was observed as to the inflorescences height (from 3.25 cm to 2.44 cm) and the stem diameter under the inflorescence (from 0.71 cm to 0.54 cm). The indicators of the inflorescences of subsequent orders did not have a clear pattern.

Table 2

The parameters of pale purple coneflower inflorescences according to the order of their arrangement

Inflorescence order	Inflorescence diameter, cm	Inflorescence height, cm	Stem diameter under inflorescence, cm
1 st order	3.60	3.25	0.71
2 nd order	3.12	2.61	0.56
3 rd order	3.09	2.51	0.55
4 th order	3.02	2.44	0.54
5 th order	3.21	2.71	0.59
6 th order	2.97	2.92	0.58
7 th order	3.07	2.27	0.51

The analysis of the number of achenia in one inflorescence (**Fig. 2**) shows that the conditions of fruit formation significantly influenced the indicator, which proves the possibility of regulating this process by ensuring the optimal soil moistening during flowering. On the average, from 148 to 186 fruits were formed in one inflorescence. At the same time, the number of fruits gradually decreased from the first to the third order, and then increased again to 153.1 pieces. However, the first

inflorescence in our experiments formed 93–95 more fruits than the inflorescences of other orders.

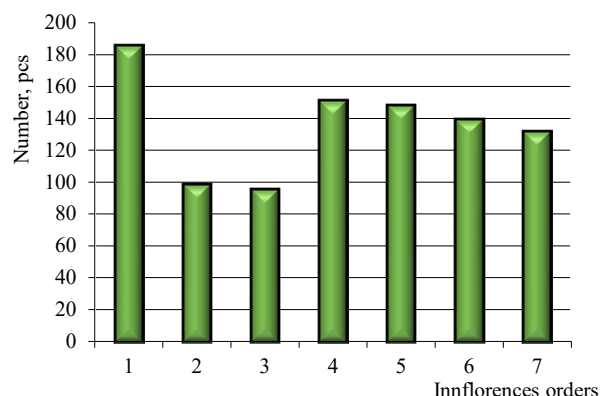


Fig. 2. The number of achenia in inflorescences of pale purple coneflower of different orders, pcs.

Concerning the fruits weight in the inflorescence, a similar trend is observed as to the number of achenia. This is explained by a significant correlation between the number of achenia and their weight. The largest fruits weight was observed in the inflorescences of the first order – 0.66 g (**Fig. 3**). This indicator gradually decreased to the 3rd order (0.29 g). In subsequent orders, the weight grew to 0.45 g (4th order) and decreased again to 0.3 g.

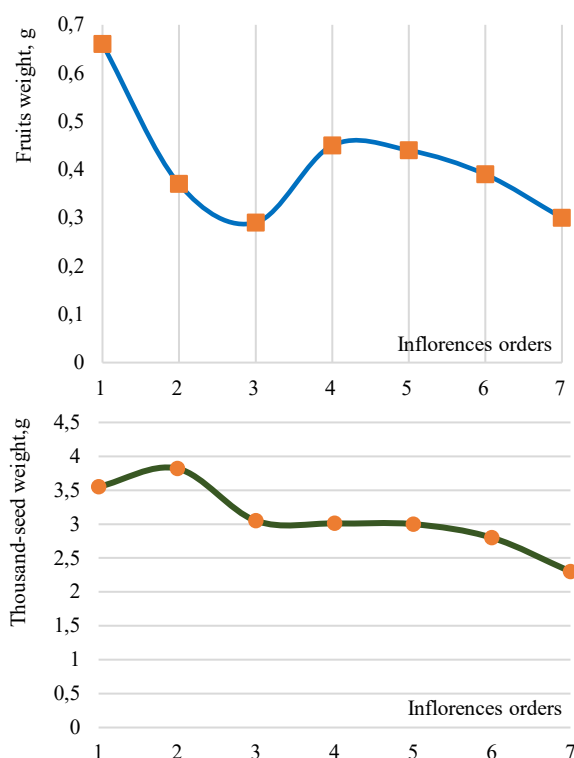


Fig. 3. Fruits weight in inflorescences and thousand-seed weight in inflorescences of different orders of pale purple coneflower, g.

Thousand-seed weight in the experiments fluctuated less. In the anthodia of the first order it was the largest and amounted to 3.55 g (**Fig. 3**). It is worth mentioning that there was no high dependence of thousand-seed weight on the fruits weight in inflorescences ($R = 0.48$). The amplitude of thousand-seed weight was in the range from 2.30 to 3.82 g.

The calculations show that the main share of the obtained harvest falls on the first 3 inflorescences (Fig. 4). It amounted to 68% of the total achenia weight, and the other inflorescences of the 4th-7th orders provided only 32 % of the harvest. Taking into account the above-mentioned, the question of the rational use of seed crops arises. It is quite realistic to introduce the technology when inflorescences of the 4th and higher orders can be used as pharmaceutical raw materials. On the one hand, this will allow improve the seeds' sowing qualities, and on the other hand, to use the plantation more effectively.

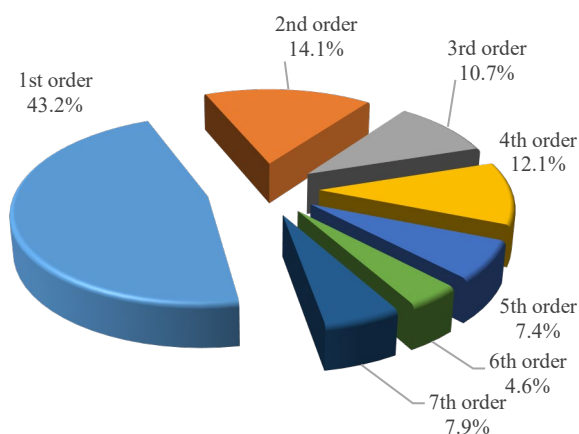


Fig. 4. The analysis of the yield structure by the orders of pale purple coneflower inflorescences

Taking into account the above-mentioned peculiarities, the assessment of pale purple coneflower biological yield was conducted (Table 3). According to the yield structure, on the average, 4 inflorescences were formed on one shoot, in which 98.1 pcs. of seeds weighing 0.35 grams were formed. One plant on the average formed 5.4 shoots. Considering that

thousand-seed weight amounted to 3.55 g, one plant formed 7.56 grams of seeds. If we take into account that 90 thousand plants are grown on one hectare, the biological potential of seed productivity in pale purple coneflower in Kobeliaky district was 0.68 t/ha. It is worth noting that in the conditions of production sown areas, the yield is much lower, which is explained by the uneven ripening of anthodia, significant losses during harvesting and subsequent seed cleaning. In our opinion, the issue of coneflower seed production has been little studied, and therefore it is a broad field of activity for agronomists, physiologists, and seed scientists to search for levers to improve the fruit formation of this crop.

Table 3

The structure of the biological yield of pale purple coneflower seeds

Indicators	Research results
Number of stems per plant, pcs.	5.40
Number of inflorescences per 1 stem, pcs.	4.00
Number of fruits in the inflorescence, pcs.	98.10
Fruit weight in 1 inflorescence, g.	0.35
Thousand-seed weight	3.55
Fruit weight per plant, g.	7.56
Number of plants per 1 ha, pcs.	90000
Yield from 1 hectare, tons.	0.68

In laboratory conditions, studies were conducted of the sowing qualities of freshly harvested pale purple coneflower seeds collected from inflorescences of different orders (Fig. 5). At the same time, germination energy and laboratory germination were determined. The dynamics of seed germination shows that, regardless of the inflorescence order, the largest number of achenia germinated on the 4th-7th day. After the seventh day, the number of germinated seeds significantly decreased, and on the 12th-14th day the germination process stopped.

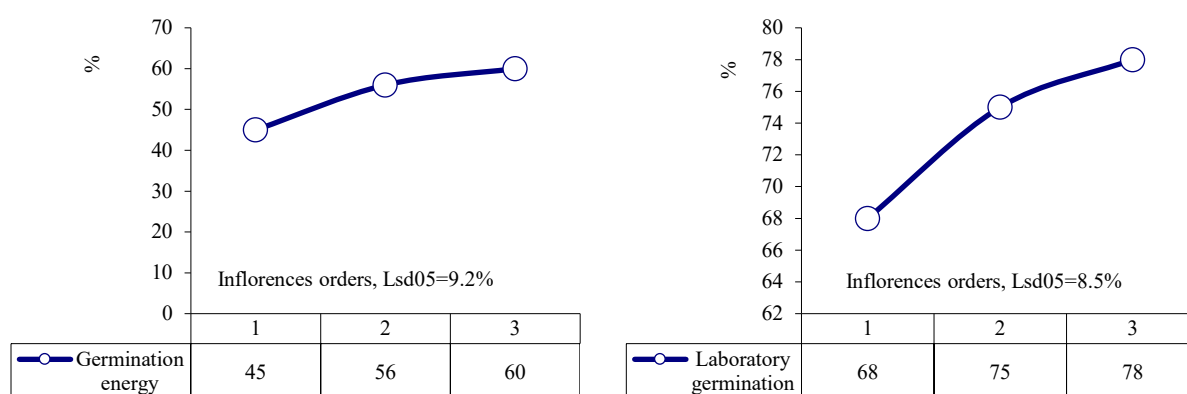


Fig. 5. Germination energy and laboratory germination of pale purple coneflower seeds

The seed germination energy was the highest in fruits of the second and third orders, and amounted to 56–60 %. This indicator was somewhat lower in fruits of the first order – 45 %. As for laboratory germination, in the seeds of the first order inflorescences it was minimal – 68 % and higher – in the seeds of the second and third order inflorescences – 75–78 %.

Phyto-pathological expert examination of seeds showed the presence on the achenia of five fungi genera infectious structures: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, and *Stachybotrys*. The representatives of the primary infection of *Alternaria* and *Fusarium* genera dominated, the level of contamination by which reached 36% of the analyzed material. The obtained

results coincided in regularities with the studies of other authors and are explained by the peculiarities of the crop biology [7].

Conclusions

The conducted studies on the seed productivity of pale purple coneflower allow us to draw the following conclusions:

1. The formation of plant productivity in the first year of vegetation occurs slowly. After sowing, the sprouts appear after 11–18 days, and in dry weather the period is extended to 20–25 days. In the cotyledon leaf phase, the sprouts remain for about 7–9 days, after which the development of the first true leaf begins, which lasts for 25–32 days. The above-ground part and the root system grow slowly in the first two months, but from July the growth accelerates significantly. Pale purple coneflower forms a fleshy vertically thickened rhizome, which is a distinctive feature of this species.

2. On the second year of vegetation, flowering begins in June and lasts on the average for 46 days, which makes pale purple coneflower a promising honey-bearing crop. At the time of seed harvesting, the plant height reaches 85.4 cm, and the number of generative shoots varies from 1 to 9, on the average – 5.4 shoots. The average number of seeds per plant is 2770 pieces with a total weight of 9.84 g, and thousand-seed weight varies within 2.30–3.55 g.

3. It was found that the largest share of seed productivity is provided by the first three inflorescences, which form 68 % of the total seed mass. 148–185 fruits were formed in one anthodium. The first inflorescences on the shoot formed 93–95 fruits more than the inflorescences of other orders. The fruits weight in the inflorescences of the first–third orders amounted to 0.29–0.66 g, and thousand-seed weight was 3.05–3.85 grams. It is suggested to harvest inflorescences on the areas sown for seeds below the third order for pharmaceutical needs, which will improve the quality of seed material.

4. According to the assessment of biological yield, one plant formed 5.4 shoots, on which 7.56 grams of seeds were formed, which calculated per hectare (90 thousand plants) made 0.68 t/ha. The germination energy of freshly harvested seeds did not exceed 60 %, which is explained by a long period of organic dormancy. The highest germination rates were observed in the seeds of the second and third order inflorescences (75–78 %).

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Adebimpe Ojo, C., Dziadek, K., Sadowska, U., Skoczylas, J., & Kopeć, A. (2024). Analytical assessment of the antioxidant properties of the coneflower (*Echinacea purpurea* L. Moench) grown with various mulch materials. *Molecules*, 29 (5), 971. <https://doi.org/10.3390/molecules29050971>
- Ahmadi, F., Kariman, K., Mousavi, M., & Rengel, Z. (2024). *Echinacea*: Bioactive Compounds and Agronomy. *Plants*, 13 (9), 1235. <https://doi.org/10.3390/plants13091235>
- Aiello, N., Carlini, A., Scartezzini, F., Fusani, P., Berto, C., & Dall'Acqua, S. (2015). Harvest in different years of growth influences chemical composition of *Echinacea angustifolia* roots. *Industrial Crops and Products*, 76, 1164–1168. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.08.029>
- Aucoin, M., Cooley, K., Saunders, P. R., Carè, J., Anheyer, D., Medina, D. N., Cardozo, V., Remy, D., Hannan, N., & Garber, A. (2020). The effect of *Echinacea* spp. on the prevention or treatment of COVID-19 and other respiratory tract infections in humans: A rapid review. *Advances in Integrative Medicine*, 7 (4), 203–217. <https://doi.org/10.1016/j.aimed.2020.07.004>
- Dufault, R. (2003). Influence of fertilizer on growth and marker compound of field-grown *Echinacea* species and feverfew. *Scientia Horticulturae*, 98 (1), 61–69. [https://doi.org/10.1016/s0304-4238\(02\)00218-2](https://doi.org/10.1016/s0304-4238(02)00218-2)
- Franke, R., Schenk, R., & Nagell, A. (1999). *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt. - yield and echinacoside content. *Acta Horticulturae*, 502, 163–166. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1999.502.25>
- Hryhoryshyn, Ye. V. (2017). Germination and germination energy of pale purple coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) depending on the influence of stimulants. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 126–132. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.03.29>
- Hryhoryshyn, Y., Pospelov, S., & Hordyeyeva, E. (2018). Laws of the above ground phytomass growth of the pale coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) in pregenerative period of the ontogenesis. *Scientific Horizons*, 70 (7–8), 107–115. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2018-70-7-8-107-115>
- Kan, Y., Çoksarı, G., Güner, S., Kose, Y., & Demirci, F. (2011). Elemental compositions of *Echinacea purpurea*, *E. pallida* radix and herba cultivated in Turkey. *Planta Medica*, 77 (12). <https://doi.org/10.1055/s-0031-1282710>
- Kocacik, A., & Yalcin, H. (2023). The effect of harvest time on the volatile compounds and bioactive properties of the flowers, leaves, and stems of *Echinacea pallida* and its utilization to improve the oxidative stability of vegetable oils. *Grasas y Aceites*, 74 (4), e526. <https://doi.org/10.3989/gya.0105221>
- Marjhan, N., & Mannan, Md. A. (2024). Antibacterial activity of *Echinacea pallida* against some human pathogenic bacteria. *International Journal of Unani and Integrative Medicine*, 8 (1), 100–102. <https://doi.org/10.33545/2616454x.2024.v8.i1b.267>
- Muntean, L. S., Salontai, A., Botez, C., Tamas, M., Cernea, S., Morar, G., & Vaida, F. (1991). Research on the biology of *Echinacea pallida* Nutt. and *Echinacea purpurea* (L.) Moench (II). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 21 (1), 63–72.
- Ng, J. Y., Chiong, J. D., Liu, M. Y. M., & Pang, K. K. Y. (2023). Characteristics of the *Echinacea* Spp. research literature: A bibliometric analysis. *European Journal of Integrative Medicine*, 57, 102216. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2022.102216>
- Oomah, B. D., Dumon, D., Cardador-Martínez, A., & Godfrey, D. V. (2006). Characteristics of *Echinacea* seed oil. *Food Chemistry*, 96 (2), 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.037>
- Pospelov, S. V. (2012). Peculiarities of development of inflorescences and flowering of purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) and pale coneflower (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) in the foreststeppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 35–43. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.03.07>
- Qu, L., & Widrechner, M. P. (2012). Reduction of seed dormancy in *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt. by in-dark seed selection and breeding. *Industrial Crops and Products*, 36 (1), 88–93. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.08.012>
- Romero, F. R., Delate, K., & Hannapel, D. J. (2005). (404) Effect of seed source, light during germination, and cold-moist stratification on seed germination in three species of *Echinacea*. *HortScience*, 40 (4), 1062E–1062. <https://doi.org/10.21273/hortsci.40.4.1062e>
- Thomsen, M. O., Fretté, X. C., Christensen, K. B., Christensen, L. P., & Grevsen, K. (2012). Seasonal Variations in the Concentrations of Lipophilic Compounds and Phenolic Acids in the Roots of *Echinacea purpurea* and *Echinacea pallida*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(49), 12131–12141. <https://doi.org/10.1021/jf303292t>
- Vasiu, A., Sandru, C., Chanove, E., Olah, D., Pall, E., Duca, G., & Spinu, M. (2023). *Echinacea* genus: an endless natural therapeutic resource? An overview. *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants* (CUPMAP). <https://doi.org/10.38093/cupmap.1317531>
- Vergun, O. (2024). Accumulation of total content of polyphenol compounds and antioxidant activity of *Echinacea* Moench species. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 8 (1). <https://doi.org/10.15414/ainhly.2024.0006>

21. Vlasheva, M., Katsarova, M., Dobрева, A., Dzhurmanski, A., Denev, P., & Dimitrova, S. (2024). Echinacea species cultivated in Bulgaria as a source of chicoric and caftaric acids. *Agronomy*, 14 (9), 2081. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092081>
22. Wist, T. J., & Davis, A. R. (2008). Floral structure and dynamics of nectar production in *Echinacea pallida* var. *angustifolia* (Asteraceae). *International Journal of Plant Sciences*, 169 (6), 708–722. <https://doi.org/10.1086/533602>
23. Yurteri, E., Özcan Aykutlu, A., Küplemez, H., & Seyis, F., (2021). Effects of stratification and moisturizing treatments on breaking seed dormancy in two Echinacea species. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30 (2), 1661–1665.

ORCID

S. Pospelov		https://orcid.org/0000-0003-0433-2996
G. Pospelova		https://orcid.org/0000-0002-8030-1166
Ye. Zezekalo		https://orcid.org/0009-0007-2757-2139
V. Onipko		https://orcid.org/0000-0002-2260-971X



2025 Pospelov 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.

The influence of sowing dates and plant density on the yield of corn hybrids in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe

V. Hanhur  | M. Pelykh

Article info

Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

volodimirgangur@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003, Ukraine

Citation: 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. doi: 10.31210/spi2025.28.01.13

Maize is one of the most important crops and one of the three most important grains in the world. Ensuring stable yields of this crop is a priority for modern farmers, as it is used as animal feed, raw material for the food industry, and a source of energy for bioethanol production. Therefore, the development of individual agronomic practices for each hybrid is of particular importance. The aim of the research was to determine the effect of different sowing dates and plant density on the formation of productivity of mid-season corn hybrids. Studies have shown that, on average, according to variants of different seeding rates, the maize hybrid DKS 3969 formed a maximum weight of 1000 seeds at the second sowing date, respectively 230.3 g. It was noted that early and late sowing dates led to a decrease in the above indicator, respectively, by 8.3 g and 9.9 g or 3.6 and 4.3 %. The weight of 1000 seeds of hybrids SI Ozone and P 9127 was almost the same at both the first and second sowing dates. The research has shown a significant effect of the sowing rate on the weight of 1000 seeds of corn hybrids. The maximum value of this indicator (225.6–238.4 g) was formed at the lowest seeding rate (35 thousand/ha). In the experiment was found that the maximum level of grain productivity, at all sowing dates, was formed by the hybrid P 9127 (6.40–7.84 t/ha). The yields of hybrids SI Ozone and DKS 3969 were lower than the best, respectively, by 0.07–0.13 and 0.16–0.30 t/ha or 0.9–2.0 and 2.1–4.7 %. As for the effect of seeding rates on the yield of corn hybrids, during the first sowing period, a gradual increase was observed from the lowest to the highest seeding rate. In the middle term, a significant increase in yield was observed only up to the norm of 55 thousand units/ha. At the same time, the third-term sowing of corn hybrids did not show a significant effect of sowing rates on grain yield. The difference between the variants of the experiment, according to the hybrids studied, was within the limits of the smallest significant difference. Thus, according to the results of two years of research (2023–2024), it was found that in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe, the most appropriate period for sowing corn is April 20–30 at a sowing rate of 65 thousand germinating seeds per hectare.

Keywords: maize (*Zea mays* L.), hybrids, sowing dates, seeding rate, weight of 1000 seeds, yield.

Вплив строків сівби та густоти рослин на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу

В. В. Гангур | М. А. Пелих

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Кукурудза займає провідне місце серед сільськогосподарських культур і входить до трійки найважливіших зернових у світі. Метою досліджень було з'ясувати вплив різних строків сівби та густоти рослин на формування продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи. Дослідженнями встановлено, що у середньому за варіантами різних норм висіву, гібрид кукурудзи ДКС 3969 формував максимальну масу 1000 насінин за другого строку сівби, відповідно 230,3 г. Відзначено, що ранній і пізній строки сівби призводили до зниження вище зазначеного показника, відповідно на 8,3 і 9,9 г або 3,6 і 4,3 %. У гібридів СИ Озон та Р 9127 маса 1000 насінин була практично однаковою як за першого, так і другого строку висівання. Дослідженнями виявлено помітний вплив норми висіву на масу 1000 насінин гібридів кукурудзи. Максимальне значення цього показника (225,6–238,4 г) формувалося за найменшої норми висіву (35 тис./га). У досліді встановлено, що максимальний рівень зернової продуктивності, за всіх строків сівби, формував гібрид Р9127 (6,40–7,84 т/га). Урожайність гібридів СИ Озон та ДКС 3969, поступалася кращому, відповідно на 0,07–0,13 і 0,16–0,30 т/га або 0,9–2,0 і 2,1–4,7 %. Що стосується впливу норм висіву на врожайність гібридів кукурудзи, то за першого строку сівби спостерігали поступове її збільшення від найменшої до найбільшої норми висіву. За середнього строку істотний приріст урожайності був лише до норми 55 тис.шт./га. Водночас сівба гібридів кукурудзи у третій строк не виявила істотного впливу норм висіву на рівень урожайності зерна. Різниця між варіантами досліді, за гібридами, що вивчали, знаходилася в межах найменшої істотної різниці. Отже, за підсумками дворічних досліджень (2023–2024) встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу найбільш доцільним періодом для сівби кукурудзи є 20–30 квітня за норми висіву 65 тис. схожих насінин на гектар.

Ключові слова: кукурудза (*Zea mays* L.), гібриди, строки сівби, норма висіву, маса 1000 насінин, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Гангур В. В., Пелих М. А. Вплив строків сівби та густоти рослин на урожайність гібридів кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 75–80.

Вступ

В сучасних умовах, сільське господарство є ключовою галуззю національної економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку держави та валютні надходження до бюджету країни від експорту товарної продукції [3–5]. Серед експортоорієнтованих сільськогосподарських культур провідне місце належить кукурудзі, яка входить до трійки найважливіших зернових культур у світі [23]. Забезпечення стабільної врожайності кукурудзи є актуальним завданням для сучасних аграріїв, оскільки ця культура використовується як корм для тварин [19], сировина для виробництва харчових продуктів та джерело енергії для завантаження потужностей біопаливної промисловості [22]. Перспективним напрямом диверсифікації вирощування кукурудзи є вихід на світовий ринок не із зерном, а з продуктами її переробки, такими як крохмаль або біоетанол [8].

Основними перевагами кукурудзи є висока продуктивність і універсальність, що сприяє значному збільшенню виробництва зерна та формування міцної кормової бази для тваринництва. Ранньостиглі гібриди кукурудзи можна використовувати як страхову культуру для пересіву у разі загибелі озимих.

Слід зазначити, що сучасні гібриди кукурудзи, за умови застосування передових технологій вирощування та врахування біокліматичного потенціалу ґрунтово-кліматичних зон України, здатні забезпечувати урожайність зерна на рівні 10–16 т/га та силосної маси біля 50–80 т/га, а іноді й більше [2, 9].

Головною метою сучасних технологій вирощування кукурудзи є зменшення розриву між її генетичним потенціалом продуктивності та фактичним рівнем урожайності в умовах виробництва [2].

Поряд з цим, біологічні особливості кукурудзи в умовах кліматичних змін, які фактично усунули проблему теплового забезпечення культури та зробили можливим її вирощування по всій території України, разом із високим попитом на світовому ринку сприяють збільшенню посівних площ цієї культури в структурі зернового виробництва країни [1].

В умовах глобальних кліматичних змін стабільність вирощування зернових культур, зокрема кукурудзи, стає все більш проблемним. Це зумовлює необхідність науково обґрунтованого підбору гібридів адаптованих до регіональних умов, розробки та впровадження у виробництво інноваційних технологічних прийомів, які б максимально враховували біологічні особливості культур і забезпечували високий рівень реалізації їх продуктивного потенціалу [24].

Встановлення оптимальних строків сівби та густоти стояння рослин сприяє раціональному використанню земельних ресурсів, зниженню виробничих витрат і підвищенню врожайності кукурудзи, що, своєю чергою, позитивно впливає на стабільність аграрного сектору та продовольчу безпеку [18]. Густота рослин є ключовим фактором у формуванні високих врожаїв кукурудзи, оскільки відчутно впливає на умови вегетації рослин цієї

культури. Різна густота стояння рослин призводить до зміни темпів росту кукурудзи, тривалості фаз розвитку та вегетаційного періоду і, в кінцевому підсумку, до різниці у продуктивності кукурудзи [20, 21].

Правильний вибір строків сівби є одним із ключових чинників, що істотно впливають на майбутній рівень врожайності зерна та силосної маси кукурудзи. Наразі серед науковців немає єдиної думки щодо оптимальних строків сівби. Частина із них рекомендують висівати кукурудзу у більш ранні строки, інші вважають за доцільне змішувати їх до пізніших, відносно загальноприйнятих [12, 13].

За даними Яноша Надь [11], навіть одностороннє запізнення із сівбою кукурудзи може призвести до зниження зернової продуктивності культури на один відсоток, зменшення частки качанів на 0,5 % відносно загальної маси рослин, а вмісту сухих речовин – на 0,3–0,5 %. Разом з тим, зміщення строків сівби всього на один день часто спричиняє порушення контакту первинної кореневої системи з доступною вологою ґрунту через інтенсивне її випаровування з верхніх шарів, що випереджає розвиток кореневої системи рослин [12, 13].

За визначення оптимальних строків сівби враховують рівень середньодобових температур повітря та ступінь прогрівання ґрунту, вміст доступної вологи в ґрунті (особливо на початкових етапах вегетації), прогностичні темпи наростання суми активних температур, терміни та частота весняних і осінніх заморозків, фотоперіодичну чутливість, біологічні властивості конкретного гібриду, фітосанітарний стан посівів та інші умови, що впливають на проростання насіння, послідовний ріст і розвиток рослин [16]. Водночас термін сівби впливає на рівномірність, своєчасність і дружність з'явлення сходів, а також визначає майбутній рівень продуктивності рослин, який досягається в наслідок ефективного використання біокліматичного потенціалу конкретної зони господарювання.

Таким чином, вдосконалення технології вирощування кукурудзи сприяє створенню оптимальних умов для реалізації потенціалу продуктивності конкретного гібриду. У зв'язку з цим, розробка індивідуальних елементів агротехніки для кожного гібриду кукурудзи набуває вагомого значення.

Мета дослідження

Метою досліджень було з'ясувати вплив різних строків сівби та густоти рослин на формування продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи.

Завдання дослідження: вивчити вплив строків сівби на зернову продуктивність гібридів кукурудзи; визначити урожайність зерна кукурудзи за різної густоти рослин.

Матеріали і методи

Базою для проведення досліджень було «ФГ Наталі», Чутівського району Полтавської області. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий, що містить 3,1 % гумусу. За результатами

агрохімічних аналізів встановлено, що в 0–30 см шарі ґрунту земельної ділянки, на якій було проведено польові дослідження вміст азоту, що легко гідролізується (за Тюрнім і Коновою) становив 6,31 мг, а рухомого фосфору (за Чириковим) і обмінного калію (за Масловою) – відповідно 17,7 мг і 21,4 мг на 100 г ґрунту. рН водної витяжки дорівнював 6,8 одиниці, це свідчить про те, що реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної. За основними показниками, що характеризують агрофізичний стан ґрунту та його родючість, цей тип ґрунту загалом сприятливий для вирощування кукурудзи різних груп стиглості – від ранньостиглих до середньопізніх.

Посівна площа ділянки 140 м², а облікова – 105 м². Схема досліду передбачала дослідження трьох середньостиглих гібридів кукурудзи ДКС 3969, СИ Озон, Р 9127 та чотирьох норм висіву – 35, 45, 55 та 65 тис/га. Система удобрення культури в досліді включала внесення одночасно за сівби по 100 кг/га фізичної маси нітроамофоски (N₁₆P₁₆K₁₆) та карбаміду (N₄₆).

Погодні умови впродовж періоду вегетації істотно різнилися за роками досліджень. Так, квітень 2023 р. почався з інтенсивних опадів та тимчасового похолодання (рис. 1; рис. 2). За цей місяць середньодобова температура повітря становила 10,0°C.

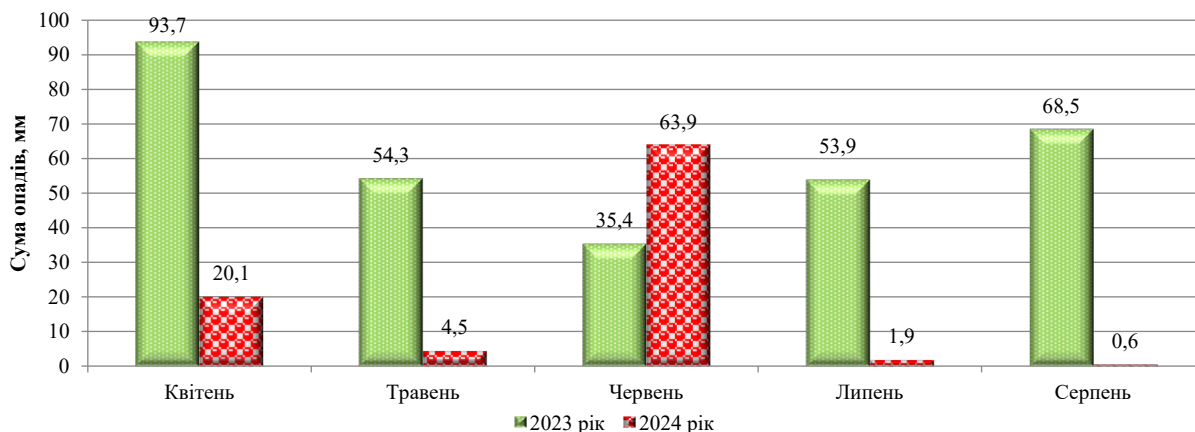


Рис. 1. Сума опадів за період вегетації кукурудзи

Опадів випало 93,7 мм, що перевищує середній багаторічний показник практично у два рази. Періодично на поверхні ґрунту спостерігали приморозки від мінус 3°C до 0°C. Травень був достатньо теплим, спостерігалися часті опади. Середня добова температура повітря місяця становила 15,7°C. Опадів випало 54,3 мм або в межах норми. Червень в цілому був теплим, але із нестійким зволоженням. Середньодобова температура повітря у червні знаходилася на рівні 19,3°C, що на 3,6 °C вище ніж у травні.

Сума опадів становила 35,4 мм, що нижче багаторічного показника. У липні середньодобова температура повітря продовжувала зростати і становила 21,5°C. В цілому місяць був теплим, а в окремі дні і жарким. Сума опадів становила 53,9 мм, проте рослини кукурудзи відчували дефіцит вологи. В серпні середньодобова температура повітря також зростала і становила 22,8°C. Опадів випало 68,5 мм, або на 23,5 мм більше за багаторічне значення.

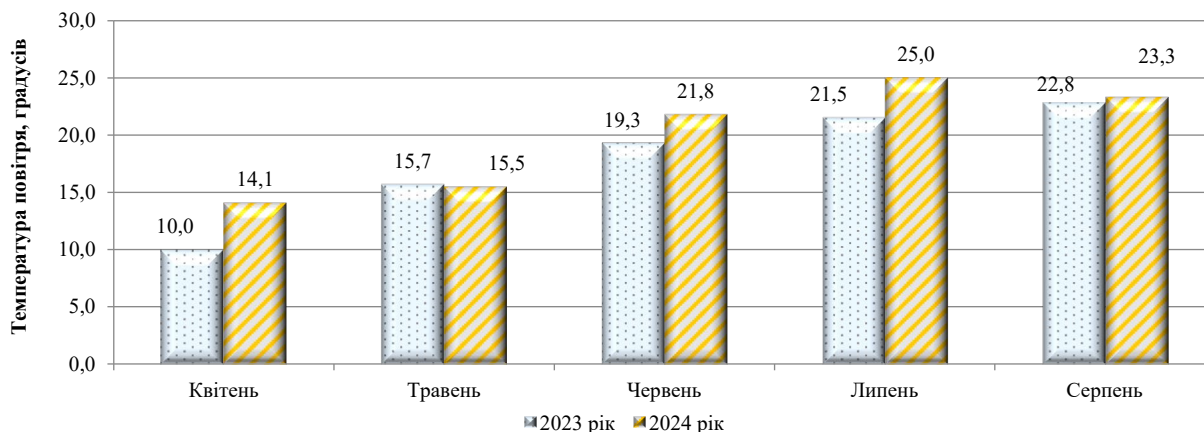


Рис. 2. Середня температура повітря за період вегетації кукурудзи

Погодні умови періоду вегетації 2024 р. виявилися вкрай несприятливими для росту і розвитку як ранніх, так і пізніх ярих культур, в тому числі і для кукурудзи (див. рис. 1; рис. 2). Практично всі місяці активного періоду росту і розвитку кукурудзи, за виключенням

червня, характеризувалися великим дефіцитом вологи опадів. Особливо великий недобір опадів був у травні, липні, серпні, де сума опадів за три місяці становила лише 7,0 мм, тобто агрономічно ефективні опади були відсутніми.

Температура повітря впродовж квітня-серпня 2024 р., була вищою, порівняно з аналогічним періодом минулого року. Особливо жаркими виявилися червень, липень, серпень. Слід відзначити і короточасні приморозки, які мали місце в першій декаді травня. Такий характер погодних умов негативно позначився біометричних параметрах рослин та урожайності зерна культури.

Облік урожайності кукурудзи проводили суцільно з облікової площі ділянки за допомогою селекційного комбайну Baural SP2100. Урожайність з облікової ділянки перераховано на один гектар за вологості зерна 14 %.

Статистичну обробку одержаних даних проведено методом дисперсійного аналізу [6].

Результати та їх обговорення

Важливим елементом структури урожаю кукурудзи є маса 1000 насінин. Нашими дослідженнями встановлено, що маса тисячі зерен гібридів кукурудзи визначалась як погодними умовами року, так і чинниками, що вивчали (*табл. 1*). Так, у середньому за варіантами різних норм висіву, гібрид кукурудзи ДКС 3969 максимальну масу 1000 насінин формувал за другого строку сівби, відповідно 230,3 г. За сівби 20 квітня і 10 травня значення вище зазначеного показника було меншим, відповідно на 8,3 і 9,9 г або 3,6 і 4,3 %. Дещо по іншому змінювалася маса 1000 насінин у гібридів СИ Озон та Р9127 залежно від строків сівби. Дослідження свідчать, що цей показник у вище зазначених гібридів кукурудзи був практично однаковим як за першого, так і другого строку висівання. Найменшу масу 1000 насінин спостерігали за сівби 10 травня. Різниця між першим і третім строками за цим показником становила 6,8 і 3,5 г або 2,9 і 1,5 %. Варто відзначити, що найменшою амплітуда коливання маси 1000 насінин за строками сівби була у гібриду Р 9127.

Дослідження свідчать про помітний вплив норми висіву на масу 1000 насінин гібридів кукурудзи. Так, за експериментальними даними виявлено, що за всіх строків сівби, максимальне значення цього показника формувалося на варіанті, де норма висіву була

найменшою (35 тис./га). Збільшення норми висіву від 35 до 45, 55 і 65 тис./га супроводжувалося поступовим зменшенням маси 1000 насінин. Наприклад, за першого строку сівби різниця за вище зазначеним показником між найменшою і найбільшою нормою висіву становила у гібриду ДКС 3969 4,4 г або 10,1 %, СИ Озон – 3,5 г або 8,2 % та Р 9127 – 1,9 г або 4,5 %. За другого строку сівби зменшення маси 1000 насінин за норми висіву 65 тис./га, порівняно із 35 тис./га було найбільшим і становило у гібриду ДКС 3969 7,4 г або 17,6 %, СИ Озон – 7,2 г або 17,1 % та Р9127 – 3,4 г або 8,1 %. У разі сівби гібридів кукурудзи 10 травня відзначено аналогічну тенденцію щодо формування маси 1000 насінин за варіантами різних норм висіву, але із меншим її варіюванням.

Таблиця 1

Маса 1000 насінин гібридів кукурудзи залежно від строків сівби та норми висіву, г (середнє за 2023–2024 рр.)

Строки сівби	Норма висіву, тис./га	Гібриди		
		ДКС 3969	СИ Озон	Р 9127
20.04	35	228,3	237,2	238,4
	45	222,3	233,9	236,4
	55	219,1	230,0	234,9
	65	218,2	229,0	233,9
30.04	35	237,3	237,6	237,1
	45	236,0	235,8	235,3
	55	228,2	232,5	234,7
	65	219,7	220,5	229,0
10.05	35	225,6	228,9	235,3
	45	223,7	228,3	232,0
	55	220,7	222,5	230,6
	65	211,5	223,0	231,5
НІР 0,95		фактор (А) – 11,3; фактор (В) – 9,6; фактор (С) – 8,3. Взаємодія факторів (А, В, С) – 9,1.		

Узагальнюючим показником оцінки ефективності взаємного впливу окремих чинників або їх комплексу є рівень досягнутої урожайності. Проведені нами дослідження свідчать про істотний вплив чинників, що досліджували на рівень реалізації продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи. Так, виявлено, що максимальний рівень урожайності за всіх строків сівби формувал гібрид Р 9127 (*рис. 3*).

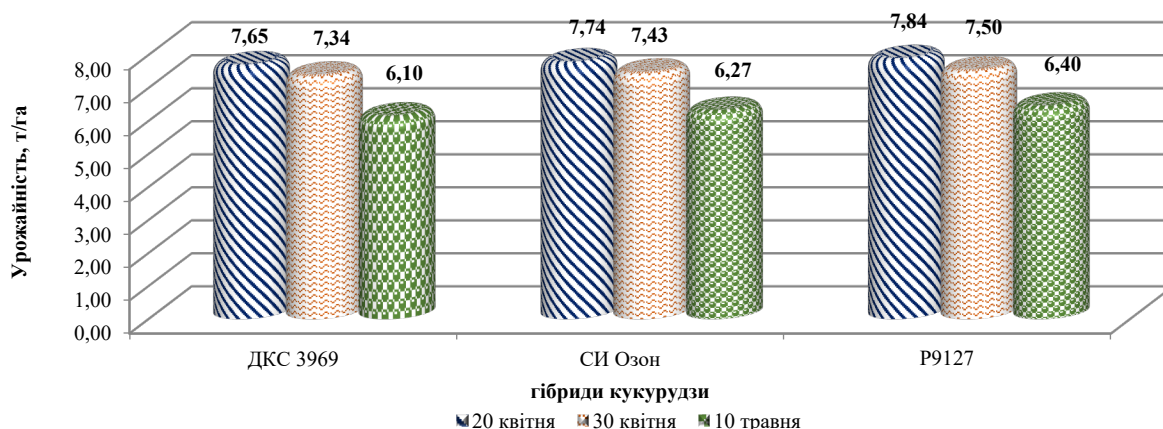


Рис. 3. Вплив сортових особливостей гібридів кукурудзи на урожайність насіння за строками сівби

Урожайність гібридів СИ Озон та ДКС 3969, поступалася кращому, відповідно на 0,07–0,13 і 0,16–0,30 т/га або 0,9–2,0 і 2,1–4,7 %. Приведені вище результати досліджень свідчать, що незважаючи на те, що гібриди, які вивчали в досліді, відносяться до однієї групи стиглості, проте гібрид Р 9127 проявив кращу реалізацію генетично обумовленого рівня продуктивності, за регіональних умов вирощування.

Що стосується впливу норм висіву на зернову продуктивність гібридів кукурудзи, то результати досліджень свідчать про поступове збільшення цього показника від найменшої до найбільшої норми висіву, за першого строку сівби (табл. 2). За сівби 30 квітня також спостерігали зростання урожайності по мірі збільшення норми висіву, однак істотний приріст цього значення був лише до норми 55 тис.шт./га, а далі різниця в урожайності знаходилася в межах помилки досліді. За третього строку сівби не виявлено істотного впливу норм висіву на формування урожайності зерна гібридів кукурудзи. Різниця між варіантами досліді, за гібридами, що вивчали, знаходилася в межах найменшої істотної різниці.

Таблиця 2

Урожайність гібридів залежно від густоти стояння та строків сівби, т/га (середнє за 2023–2024 рр.)

Строки сівби	Густота рослин, тис./га	Гібриди		
		ДКС 3969	СИ Озон	Р9127
20.04	35	7,07	7,19	7,23
	45	7,52	7,60	7,58
	55	7,87	7,95	8,11
	65	8,12	8,22	8,45
30.04	35	7,21	7,24	7,24
	45	7,20	7,40	7,25
	55	7,48	7,50	7,70
	65	7,45	7,57	7,80
10.05	35	6,06	6,19	6,30
	45	6,24	6,32	6,54
	55	6,05	6,27	6,44
	65	6,04	6,30	6,30
НІР 0,95		фактор (А) – 0,47; фактор (В) – 0,36; фактор (С) – 0,43.		
		Взаємодія факторів (А, В, С) – 0,41.		

Таким чином результати дворічних (2023–2024) досліджень свідчать, що найвищий рівень урожайності формують гібриди кукурудзи за раннього строку сівби, коли ще достатньо вологи для одержання повних, вирівняних сходів та формування кращих стартових умов для послідовного росту і розвитку культури. Тому найбільш доцільним для сівби кукурудзи слід вважати період із 20 по 30 квітня. Дослідження проведені в умовах ТОВ «Органік-Д» впродовж 2021–2022 рр., також підтверджують доцільність застосування раннього строку сівби кукурудзи, тобто у період стійкого прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 6–8°C, який забезпечив формування урожайності на рівні 7,87 т/га, маси 1000 зерен 276,1 г [14]. Одержані нами результати досліджень також узгоджуються з експериментальними даними С. Aguilar Carpio et al, 2015 [17].

Проведеними нами дослідженнями також встановлено, що за раннього строку сівби найбільш доцільною є норма висіву насіння 65 тис. шт. схожих насінин/га, за середнього – 55 тис./га, а за пізнього – 45 тис./га. Дослідження Білоцерківського НАУ свідчать, що середньоранній гібрид кукурудзи ДН Орлик, за ранньої сівби, формував максимальний рівень урожайності (9,60 т/га) за густоти рослин 75 тис./га [15]. Подібну закономірність виявлено за результатами досліджень одержаних рядом науковців [7, 10].

Висновки

Виявлено, що за всіх строків сівби, максимальне значення маси 1000 насінин формувалося на варіанті, де норма висіву була найменшою (35 тис./га). Збільшення норми висіву від 35 до 45, 55 і 65 тис./га супроводжувалося поступовим зменшенням значень цього показника.

Встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України середньостиглі гібриди кукурудзи Р 9127, СИ Озон та ДКС 3969 найвищий рівень урожайності формують за раннього строку сівби, тому найбільш доцільним для сівби культури слід вважати період із 20 по 30 квітня. Також встановлено, що за раннього строку сівби кращою є норма висіву насіння 65 тис. шт. схожих насінин/га, за середнього – 55 тис./га, а за пізнього – 45 тис./га.

Перспективи подальших досліджень в цьому напрямі. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні придатності гібридів кукурудзи до вирощування на фоні мінімізованих технологій основного обробітку ґрунту.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Adamenko, T. (2015). Osoblyvosti pohodnykh umov vesnianoho periodu 2015 r. *Ahronom*, 2 (48), 18–19. [in Ukrainian]
2. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Iu., Boiarkina, L. V., Sharii, V. O., & Bidnya, I. O. (2023). Porivnialnyi analiz formuvannia vrozhaivosti hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO za kraplynnoho zroshennia. *Ahrarni Innovatsii*, 18, 24–31. <https://doi.org/10.32848/agrar-innov.2023.18.3> [in Ukrainian]
3. Hangur, V. V., Yermko, L. S., & Rudenko, V. V. (2021). The impact of cultivation technology elements on productivity formation in maize hybrids of different maturity groups. *Taurian Scientific Herald*, 117, 37–43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>
4. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, Yu. M. (2017). Produktivnist korotkorotatsiinykh sivozmin za maksimalnoi chastky v nykh soi ta kukurudzy pry vyroshchuvanni v umovakh nedostatnoho zvo-lozhennia livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 1-2, 313–319. [in Ukrainian]
5. Hanhur, V., & Rudenko, V. (2023). Biometric parameters of plants and maize (*Zea mays* L.) productivity depending on sowing period. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 36–41. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.07>
6. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: Pidruchnyk*. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K»» [in Ukrainian]

7. Kalenska, S. M., Taran, V. H., & Danyliv, P. O. (2018). Osoblyvosti formuvannia urozhaivosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid udobrennia, hustoty stoiannia roslin ta pohodnykh umov. *Tavriskyi Naukovyi Visnyk*, 101, 42–48. [in Ukrainian]
8. Kaletnik, H. M., Palamarchuk, V. D., Honcharuk, I. V., Yemchuk, T. V., & Telekalo, N. V. (2021). *Perspektyvy vykorystannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia*. Vinnytsia: FOP Kushnir Yu.V. [in Ukrainian]
9. Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Iu., & Zabara, P. P. (2019). Breeding properties and their role in stabilizing corn grain production in Ukraine. *Interagency Thematic Scientific Collection «Irrigated Agriculture»*, 72, 91–100. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.21>
10. Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2016). Vplyv strokiv sivyby, hustoty roslin ta abiotychnykh faktoriv na formuvannia vrozhaivosti hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoї Zony NAAN Ukrainy*, 11, 31–38. [in Ukrainian]
11. Nad Yanosh. (2012). *Kukurudza*. Vinnytsia: FOP D. Iu. Korzun [in Ukrainian]
12. Palamarchuk, V. D., Didur, I. M., Kolisnyk, O. M., & Aleksieiev, O. O. (2020). *Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannia vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho: monohrafiia*. Vinnytsia: TOV Druk [in Ukrainian]
13. Palamarchuk, V. D., & Kolisnyk, O. M. (2022). *Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia*. Vinnytsia: TOV Druk [in Ukrainian]
14. Palamarchuk, V., & Krychkovskiy, V. (2024). influence of sowing time on grain productivity of corn hybrids suitable for bioethanol production. *Agriculture and Forestry*, 1 (32), 15–26. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-2>
15. Polyakov, V. (2020). Yield of corn hybrids depending on plant /density and fertilization systems. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 27 (41). [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27\(41\)-22](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-22)
16. Chernobai, L., Muzafarov, N., & Popova, K. (2017). Vektory adaptatsii. *Farmer*, 3 (87), 20–24. [in Ukrainian]
17. Aguilar Carpio, C., Escalante Estrada, J. A. S., & Aguilar Mariscal, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 33, 51–62. Retritved from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n1/2395-8030-tl-33-01-00051.pdf>
18. Assefa, Y., Carter, P., Hinds, M., Bhalla, G., Schon, R., Jeschke, M., Paszkiewicz, S., Smith, S., & Ciampitti, I. A. (2018). Analysis of long term study indicates both agronomic optimal plant density and increase maize yield per plant contributed to yield gain. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23362-x>
19. Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 14 (5), 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
20. Haarhoff, S. J., & Swanepoel, P. A. (2018). Plant population and maize grain yield: A global systematic review of rainfed trials. *Crop Science*, 58 (5), 1819–1829. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0003>
21. Paraginski, J. A., Toebe, M., Mello, A. de C., Souza, R. R. de, Moraes, M. P., & Marchioro, V. S. (2024). Corn hybrids grain yield submitted to different sowing densities in the medium-high Uruguay region of Rio Grande do Sul. *Revista Ceres*, 71. <https://doi.org/10.1590/0034-737x2024710025>
22. Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312 (1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>
23. Szarecki, V. J., Carvalho, I. R., Kehl, K., Pelegrin, A. J. de, Nardino, M., Demari, G. H., Barbosa, M. H., Lautenschleger, F., Smaniotto, D., Aumonde, T. Z., Pedó, T., & Souza, V. Q. de. (2018). Interrelations of characters and multivariate analysis in corn. *Journal of Agricultural Science*, 10 (2), 187. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n2p187>
24. Testa, G., Reyneri, A., & Blandino, M. (2016). Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. *European Journal of Agronomy*, 72, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.006>

ORCID

V. Hanhur 

<https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>



2025 Hanhur V. and Pelykh 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.

Impact of agro-climatic factors and fertilization systems on yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

O. Barabolia  | A. Latysh

Article info

Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

olga.barabolia@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Barabolia, O., & Latysh, A. (2025). Impact of agro-climatic factors and fertilization systems on yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 81–87. doi: 10.31210/spi2025.28.01.14

The cultivation of hard spring wheat holds strategic importance for Ukraine, as this crop serves as a valuable raw material for producing high-quality pasta and cereals, which are in demand both domestically and internationally. In the context of climate change and the pursuit of food security, hard spring wheat is gaining particular relevance due to its drought resistance, short growing season, and the ability to be effectively used as an insurance crop in case of winter crop failure. The aim of this study was to determine the impact of agroclimatic factors and fertilization systems on the yield and grain quality of hard spring wheat in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field trials were conducted during the 2023–2024 growing seasons in the Semenivskyi and Hlobynskyi districts of Poltava region, using two varieties of hard spring wheat: Akvilon and Nashadok. The results showed that weather conditions ($HTC < 1.0$) had a significant effect on the yield of both varieties. However, the Nashadok variety demonstrated higher stability, with a yield decrease of 6.7 % in 2024 (from 4.5 to 4.2 t/ha), while the Akvilon variety experienced an 18.4 % decline (from 3.8 to 3.1 t/ha). Both varieties met the grain quality requirements, but Akvilon had an advantage in protein content (on average, 0.2 % higher) and grain weight per hectoliter (on average, 1.2 % higher), whereas Nashadok excelled in gluten content (on average, 1.0 % higher). Additionally, both varieties exhibited nearly identical vitreousness, averaging 74.9–75.0 %. To improve yield and grain quality, it is recommended to adjust fertilization systems, expand the use of anti-stress treatments, apply chelated fertilizers and pre-sowing seed treatment, shift sowing dates to an earlier period, reduce seeding rates, and adapt agrotechnical practices to enhance soil moisture retention. The study results highlight the importance of adapting agronomic measures to specific weather conditions.

Keywords: climatic conditions, soil conditions, grain weight per hectoliter, protein content, gluten content, falling number, vitreousness.

Вплив агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України

О. В. Бараболя | А. А. Латиш

Полтавський державний

аграрний університет,

Полтава, Україна

Вирощування пшениці твердої ярої має стратегічне значення для України, оскільки ця культура є цінною сировиною для виробництва високоякісних макаронних виробів та круп, що користуються попитом як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. В умовах зміни клімату та прагнення до продовольчої безпеки, пшениця тверда яра набуває особливої актуальності завдяки її посухостійкості, короткому вегетаційному періоду та можливості ефективно використовувати її як страхову культуру в разі загибелі озимих посівів. Метою дослідження було визначення впливу агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України. Польові досліді проводилися протягом 2023–2024 років у Семенівському та Глобінському районах Полтавської області з використанням двох сортів пшениці твердої ярої: Аквілон та Нашадок. Результати показали, що погодні умови ($ГТК < 1,0$) мали значний вплив на врожайність обох сортів. При цьому сорт Нашадок продемонстрував вищу стабільність – зменшення врожайності у 2024 році становило 6,7 % (з 4,5 до 4,2 т/га), тоді як у сорта Аквілон – 18,4 % (з 3,8 до 3,1 т/га). Обидва сорти відповідали вимогам за якістю зерна, але сорт Аквілон мав перевагу за вмістом білка (в середньому на 0,2 %) і натурою зерна (в середньому на 1,2 %), а сорт Нашадок – за вмістом клейковини (в середньому на 1,0 %). Також дослідні сорти мали практично однакові показники склоподібності – в середньому 74,9–75,0 %. Для підвищення врожайності та якості зерна рекомендується скорегувати системи удобрення, розширити використання антистресових препаратів, використовувати хелатні добрива та передпосівну обробку насіння, перенести терміни сівби на більш ранні, зменшити норму висіву, адаптувати агротехніку для покращення водоутримуючої здатності ґрунту тощо. Результати дослідження свідчать про важливість адаптації агротехнічних заходів до конкретних погодних умов.

Ключові слова: кліматичні умови, ґрунтові умови, натура зерна, вміст білка, вміст клейковини, число падіння, склоподібність.

Бібліографічний опис для цитування: Бараболя О. В., Латиш А. А. Вплив агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 81–87.

Вступ

Пшениця тверда яра (*Triticum durum* Desf.) є однією з ключових зернових культур, що відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та розвитку агропромислового комплексу України [1]. Її зерно високо цінується в харчовій промисловості завдяки високому вмісту білка та клейковини, що робить його незамінним у виробництві макаронних виробів і хлібобулочної продукції [2–4]. Особливо перспективним є вирощування цієї культури в умовах лівобережного Лісостепу України, де поєднання ґрунтово-кліматичних умов створює сприятливі передумови для отримання високоякісного зерна [5].

Однак, кліматичні зміни, що спостерігаються останніми роками в лівобережній частині Лісостепу України, суттєво впливають на сільське господарство. Зокрема, почастишали випадки весняної посухи та пилових бур. Опади в цей період розподіляються нерівномірно, що є типовим для зон з нестабільним зволоженням. Літня спека, особливо під час наливання зерна ранніх культур, часто призводить до зниження врожайності. У зв'язку з цим, актуальним стає дослідження оптимальних технологій вирощування пшениці твердої ярої з урахуванням нових кліматичних реалій [6].

В останні роки значно зросла увага до покращення якості зерна пшениці твердої ярої, оскільки якісні показники безпосередньо впливають на технологічні властивості та споживчу цінність кінцевої продукції [7]. Вирощування пшениці твердої є економічно доцільним [8], оскільки її зерно зазвичай коштує приблизно на 30 % дорожче за пшеницю м'яку, залежно від показників якості. При цьому витрати на вирощування обох видів пшениці залишаються порівнянними. Продукти, виготовлені з пшениці твердої, зазвичай потребують зерен з високою склоподібністю, значним вмістом білка, насиченим жовтим пігментом та клейковиною середньої чи високої міцності [9].

Для підвищення врожайності та покращення якості зерна необхідно максимально ефективно використовувати біоенергетичний потенціал ґрунту, агроекологічні умови та генетичні характеристики сортів [10, 11]. Формування врожаю залежить від фізіологічних процесів, на які впливають як неконтрольовані фактори (сонячна радіація, температура повітря, рівень опадів тощо), так і ті, що можна регулювати (вибір сорту, методи обробітку ґрунту, норми висіву, строки сівби, внесення добрив, засоби захисту рослин, регулятори росту, зрошення та технологія збирання врожаю) [12, 13].

Нестабільність погодних умов, характерна для лівобережного Лісостепу, вимагає розробки адаптивних технологій вирощування, що враховують специфіку регіону та спрямовані на оптимізацію живлення рослин. Так, надмірна вологість у період наливу зерна може призводити до зниження його якості, тоді як дефіцит вологи на ранніх етапах розвитку рослин обмежує їх ріст та розвиток. Крім

того, температурні стреси, особливо під час цвітіння та формування зерна, негативно впливають на продуктивність культури [14].

Оптимізація систем удобрення є ключовим фактором у забезпеченні стабільної врожайності та високої якості зерна. Використання різних видів добрив, таких як мінеральні, органічні та мікродобрива, дозволяє забезпечити рослини необхідними елементами живлення, покращити фізико-хімічні властивості ґрунту та підвищити його родючість. Дослідження показують, що збалансоване внесення добрив сприяє підвищенню вмісту білка та клейковини в зерні, покращуючи його технологічні властивості [15]. Проте, ефективність застосування тих чи інших систем удобрення залежить від конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіону, що вимагає їх адаптації та точного дозування [16].

Отже, досягнення максимальної продуктивності та високої якості зерна можливе за умови збалансованої взаємодії цих факторів на всіх етапах розвитку рослин. Оптимізація їх співвідношення дозволяє значною мірою знизити негативний вплив погодних умов та ефективно використовувати контрольовані елементи технології вирощування [17, 18].

Мета дослідження

Мета дослідження – визначення впливу агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження:

- визначити кліматичні умови вирощування пшениці твердої ярої дослідних сортів, розрахувавши та проаналізувавши гідротермічний показник;
- дослідити вплив агрокліматичних факторів і систем удобрення на врожайність пшениці дослідних сортів;
- навести рекомендації щодо поліпшення агротехнологій і систем удобрення з урахуванням ґрунтових показників для забезпечення стабільної врожайності за несприятливих погодних умов;
- проаналізувати показники якості зерна пшениці дослідних сортів за роки дослідження;
- навести рекомендації в системі удобрення для підвищення якості зерна.

Матеріали і методи

Польові досліди були закладені у 2023–2024 роках на території Полтавської області, а саме у Семенівському районі (с. Василівка) та Глобинському районі (с. Весела Долина). Об'єктом дослідження було обрано два середньостиглі сорти пшениці твердої ярої: Аквілон (KWS Lochow GmbH, Німеччина) та Нащадок (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН).

Ґрунтові характеристики дослідних ділянок відрізнялись і характеризуються наступними показниками (*табл. 1*):

Таблиця 1

Дослідження ґрунтових характеристик ділянок, призначених для вирощування сортів твердої ярої пшениці Аквілон (с. Василівка) та Нашадок (с. Весела Долина)

Показник	Значення			
	с. Василівка		с. Весела Долина	
	результат	рівень забезпечення	результат	рівень забезпечення
pH ґрунту (сольовий), од. pH	6,84	нейтральна	7,20	слаболужна
pH ґрунту (водний), од. pH	7,42	нейтральна	8,02	слаболужна
Органічна речовина, %	4,68	Н	3,70	Н
Азот (N), мг/кг	185,90	С	256,14	В
Азот аміачний (NH ₄), мг/кг	10,50	П	29,99	В
Азот нітратний (NO ₃), мг/кг	11,41	С	10,10	С
Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг	54,11	С	61,26	С
Калій (K ₂ O), мг/кг	141,15	П	191,74	В
Кальцій (Ca), мг/кг	4320,90	ДВ	5415,50	ДВ
Магній (Mg), мг/кг	183,40	В	205,95	В
Сірка (S), мг/кг	7,44	С	3,11	Н
Мідь (Cu), мг/кг	0,40	Н	1,22	В
Бор (B), мг/кг	1,69	С	1,42	С
Цинк (Zn), мг/кг	0,80	Н	0,41	ДН
Марганець (Mn), мг/кг	81,77	С	85,90	С
Залізо (Fe), мг/кг	19,95	ДН	41,02	Н
Молібден (Mo), мг/кг	0,07	Н	0,16	В
Кобальт (Co), мг/кг	0,08	Н	0,76	ДВ

Примітки: ДВ – дуже високий, В – високий, П – підвищений, С – середній, Н – низький, ДН – дуже низький.

Закладання та проведення польових дослідів здійснювалося відповідно до загальноприйнятих методик у сфері рослинництва та землеробства [19], використовуючи трикратне повторення. Дослідні ділянки мали такі розміри: посівна площа – 80 м², облікова – 50 м². Попередником у сівозміні виступав ярий ріпак.

Для вирощування пшениці твердої ярої використано агротехнічні заходи, що відповідали зональним особливостям регіону. Передпосівний обробіток ґрунту передбачав закриття вологи та передпосівну культивування на глибину 3–4 см.

Сорт Аквілон:

1. Передпосівна обробка насіння: Гаучо Плюс 466 FS (0,3 л/т) і Ламардор Про 180 FS (0,5 л/т).

2. Внесення разом із посівом добрива Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га).

3. Норма висіву: 185 кг/га (6 млн насінин/га).

4. Обробки у фазу кушення: мікродобриво Аміофоска (2,5 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); фунгіциди: Грінфорд ФФ 250 (250 л/га), Грінфорд КД 500 (250 л/га); гербіцид Квелекс (55 г/га).

5. Обробки у фазу цвітіння: мікродобриво Ружверт Турбо (2 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); фунгіцид Грінфорд Супер (250 л/га).

Сорт Нашадок:

1. Передпосівна обробка насіння: Гаучо Плюс 466 FS (0,3 л/т) і Ламардор Про 180 FS (0,5 л/т).

2. Внесення разом із сівбою добрива Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га).

3. Норма висіву: 250 кг/га (5 млн насінин/га).

4. Обробки у фазу кушення: добриво Грінфорд Натурамін WPS (0,2 кг/га); фунгіциди: Рекс Дуо 0,5 (0,3 л/га) й Альто Супер 330 ЕС (1 л/га); інсектицид Джеронімо (0,2 кг/га).

5. Обробки у фазу цвітіння: фунгіцид Альто Супер (0,5 л/га); інсектицид Джеронімо (0,1 кг/га); гербіцид Гранстар Голд (25 г/га).

Зазначені заходи були спрямовані на забезпечення

оптимальних умов для росту та розвитку пшениці твердої ярої, що дозволило оцінити вплив сортових особливостей, систем удобрення та погодних факторів на врожайність і якість зерна.

Розрахунок гідротермічного коефіцієнту виконано за формулою:

$$ГТК = \frac{P}{0,1 \times T}$$

де Р – кількість опадів за місяць (мм); Т – середньомісячна температура (°C).

Аналіз якісних характеристик зерна пшениці твердої ярої проводився в лабораторних умовах відповідно до вимог ДСТУ 3768-2019 «Пшениця. Технічні умови» [20]. Обробка отриманих даних здійснювалася за допомогою статистичних методів із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Сучасні дослідження підтверджують, що агрокліматичні фактори, зокрема температурний режим та розподіл опадів протягом вегетаційного періоду, мають вирішальний вплив на формування врожайності й якісних показників зерна пшениці твердої ярої [21, 22].

Впродовж років досліджень основним фактором, що вплинув на врожайність пшениці твердої ярої дослідних сортів, стали погодні умови, що спричинило її зниження в середньому на 11,9 % [23]. У 2024 році порівняно з 2023 роком спостерігалася значне підвищення температури повітря з квітня по серпень: у с. Василівка – на +0,1–4 °C, у с. Весела Долина – на +2–5,3 °C. При цьому, сумарна кількість опадів упродовж вегетаційного періоду зменшилась у 2024 році відносно 2023 року на 109,7 мм (50,0 %) у с. Василівка та на 97,5 мм (45,8 %) у с. Весела Долина. Розрахований гідротермічний коефіцієнт (ГТК) свідчив про несприятливі умови для вирощування культури (рис. 1).

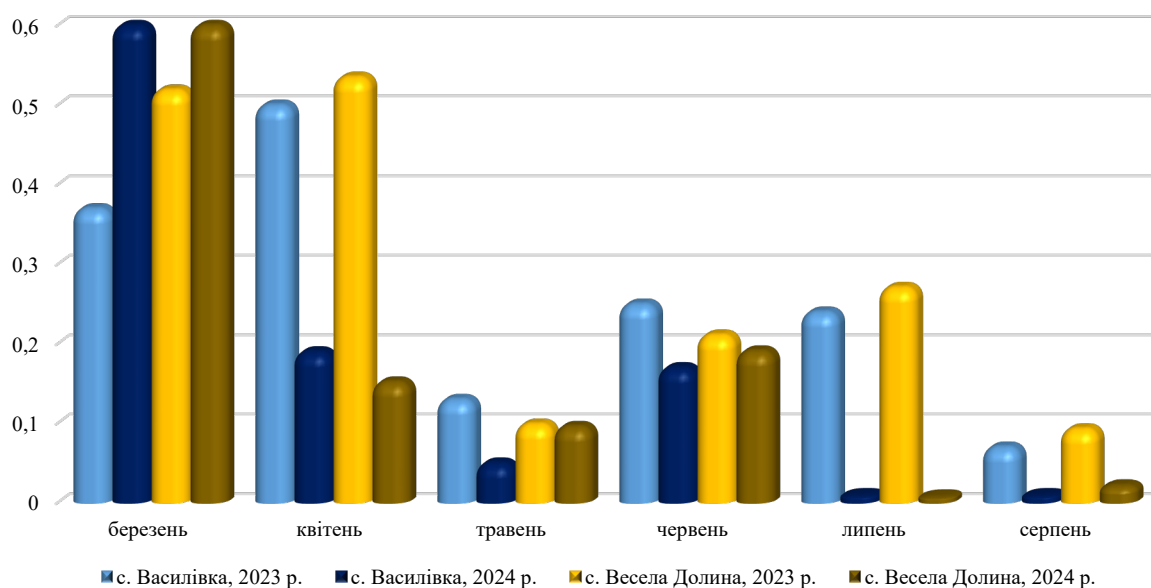


Рис. 1. Динаміка ГТК упродовж вегетаційного періоду пшениці твердої ярої дослідних сортів, 2023–2024 роки

Проаналізувавши отримані показники ГТК можна зазначити, що обидва роки досліджень характеризувались посушливими умовами ($\text{ГТК} < 1,0$). Однак, у 2023 році сорт Аквілон, що вирощувався у с. Василівка, мав більш сприятливі умови, ніж у 2024 році, тому що середній ГТК за вегетаційний період дорівнював відповідно 0,26 і 0,17. Так, у березні–квітні 2023 року спостерігались сприятливі умови для сходів і кущення, розвитку кореневої системи. Спостерігався стабільний баланс тепла і вологи у фазі вихід у трубку та колосіння,

й оптимальні умови у фазі цвітіння та наливання зерна. У результаті, фактична врожайність (3,8 т/га) майже досягла потенційної (3,84 т/га) [24].

У березні 2024 року спостерігалась достатня вологість для проростання, але різке падіння зволоження у квітні створило стресові умови. У наступні місяці (особливо липень–серпень) – сильна посуха під час формування колоса та наливання зерна, що призвело до зменшення врожайності на 0,7 т/га порівняно з 2023 роком (*табл. 2*).

Таблиця 2

Показники якості зерна та врожайності пшениці твердої ярої дослідних сортів, 2023–2024 роки

Показники	Аквілон		Нащадок		Середнє за сортами	
	2023 рік	2024 рік	2023 рік	2024 рік	Аквілон	Нащадок
Натура зерна, г/л	785	775	776	765	780	771
Вміст білка, %	14,4	15,0	14,1	14,8	14,7	14,5
Вміст клейковини, %	29,0	30,0	31,0	32,0	29,5	31,5
Число падіння, сек	335	355	310	335	345	323
Склоподібність, %	72,5	77,5	72,3	77,4	75,0	74,9
Урожайність, т/га	3,8	3,1	4,5	4,2	3,5	4,4

Отже, можна зазначити, що для сорту Аквілон система удобрення у 2024 році не була достатньо ефективною. Так, в умовах посухи основне внесення Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) виявилось недостатнім. Застосування Амінофоски (2,5 л/га) у фазу кущення дала позитивний ефект, але не змогла компенсувати посуху. Мікродобриво Ружверт Турбо (2 л/га) у фазу цвітіння не компенсувало стрес.

Аналіз ґрунтових умов у с. Василівка за даними табл. 1 свідчить, що спостерігається дефіцит деяких елементів: цинку (знижує ефективність азотного живлення), сірки (обмежує синтез білка та формування якості зерна), заліза (може погіршувати фотосинтез).

Таким чином, враховуючи аналіз кліматичних умов для вирощування пшениці твердої ярої сорту Аквілон рекомендується:

1. Оптимізувати систему удобрення: збільшити дозу основного добрива до 150–200 кг/га, включити сірковмісні добрива (сульфат амонію, 100–150 кг/га), провести позакореневе підживлення цинком (1–1,5 кг/га), додати хелат заліза (1,5–2 кг/га) для покращення фотосинтезу, додатково внести азотні добрива у фазу виходу в трубку (N30–40).

2. Покращити вологозабезпечення: застосувати вологозберігаючі технології обробітку ґрунту, внести гуматні препарати для підвищення водотримуючої здатності ґрунту [25], розглянути можливість застосування антистресових препаратів у посушливі періоди [26].

3. Оптимізувати норми висіву: в умовах посухи знизити норму висіву до 5–5,5 млн насінин/га для зменшення конкуренції за вологу; збільшити глибину загортання насіння до 5–6 см для кращого доступу до вологи.

4. Впровадити сівозміни з включенням бобових культур для покращення азотного живлення.

Застосування цих рекомендацій дозволить підвищити стійкість пшениці твердої ярої сорту Аквілон до посухи та наблизити її врожайність до потенційної в умовах нестабільного зволоження за високих температур.

Проаналізувавши взаємозв'язок між кліматичними умовами, ґрунтовими характеристиками та врожайністю пшениці твердої ярої сорту Нашадок, що вирощувалася у с. Весела Долина, можна зробити відповідні висновки. За даними рис. 1 у 2023 році помірне зволоження у березні-квітні створило сприятливі умови для проростання та кущення, тоді як у травні спостерігалася критично низьке зволоження, що негативно вплинуло на вихід у трубку, але рослини змогли використати початковий запас вологи. Недостатнє, але не критичне зволоження червня-липня дозволило сформувати зерно задовільної якості. Посуха у серпні прискорила дозрівання, але основні процеси формування врожаю вже завершилися. В результаті, отримано врожайність на рівні 4,5 т/га (див. *табл. 2*), що на 22,2 % менше потенційної (5,5 т/га) [27], внаслідок посушливих умов року (середній ГТК = 0,28).

У 2024 році добре зволоження у березні забезпечило дружні сходи, але у квітні-травні відбулося різке погіршення водного режиму, що негативно вплинуло на кущення та вихід у трубку. Недостатнє зволоження у червні обмежило формування зерен у колосі, а екстремальна посуха у липні-серпні критично вплинула на налив зерна, що стало головною причиною зниження врожайності. Отже, критичні умови за недостатнього зволоження та високих температур (середній ГТК = 0,18) знизили врожайність до 4,2 т/га, що на 6,7 % менше попереднього року.

Оскільки ґрунт у с. Весела Долина характеризується слаболужною реакцією (див. *табл. 1*), що не є сприятливим для росту та розвитку пшениці твердої, може обмежуватися доступність мікроелементів [28]. За нормального вмісту органічної речовини (3,7 %) спостерігався дефіцит таких елементів, як сірка, залізо та цинк.

В умовах посухи 2024 року (особливо липень-серпень), навіть за доброї забезпеченості макроелементами, критичним фактором став водний дефіцит, який не дозволив повністю реалізувати потенціал сорту. Внесені добрива (Macrostar NPK та Грінфорд Натурамін WPS) частково компенсували негативний вплив посухи, що дозволило отримати урожайність 4,2 т/га замість потенційно гіршого результату.

Отже, враховуючи аналіз агрокліматичних умов для вирощування пшениці твердої ярої сорту Нашадок рекомендується:

1. Оптимізувати норми висіву: зменшити до 4–4,5 млн схожих насінин/га для зниження конкуренції за вологу

2. У системи обробітку ґрунту: впровадити технології мінімального обробітку ґрунту для збереження вологи; використовувати мульчування для зменшення випаровування [29].

3. Корегувати системи удобрення: збільшити дозу сірковмісних добрив для підвищення посухостійкості

(внесення сульфату амонію або гіпсу); провести позакореневе підживлення цинком (сульфат цинку 1–2 кг/га) та залізом; замінити Macrostar NPK на добрива з більшим вмістом фосфору для стимуляції розвитку кореневої системи.

4. Розширити використання антистресових препаратів (крім Грінфорд Натурамін WPS): внести гумінові препарати перед посівом [30]; провести додаткові обробки в фазу виходу в трубку; внести карбамідно-аміачну суміш з мікроелементами у фазу колосіння.

5. Скорегувати сівбу: змістити строки сіви на більш ранні для використання весняної вологи; використати передпосівну обробку насіння стимуляторами росту [31].

6. Провести корекцію кислотності ґрунту: внести фізіологічно кислі добрива для зниження рН до оптимального рівня 5,5–7,5 і покращення доступності мікроелементів [32].

7. Включити сидеральні культури для покращення структури ґрунту та водоутримуючої здатності [33].

8. Розглянути можливість переходу на пшеницю тверду озиму за постійного дефіциту вологи в критичні фази розвитку ярої пшениці [34].

За умови впровадження комплексу запропонованих заходів та за сприятливіших погодних умов урожайність пшениці твердої ярої сорту Нашадок може бути підвищена до потенційного рівня 5,5 т/га і вище.

Розглянемо показники якості зерна пшениці твердої ярої дослідних сортів з урахуванням кліматичних і ґрунтових умов, систем удобрення (*табл. 2*). Обидва сорти за натурою зерна відповідають нормативам (не менше 750 г/л), але Аквілон має вищу за Нашадок натуру зерна в середньому на 9 г/л. Погодні умови 2023 року були більш сприятливі для вищої натури зерна – 785 г/л для Аквілон і 776 г/л для Нашадок.

За показниками вмісту білка обидва сорти відповідають вимогам для твердої пшениці вищого класу (не менше 14,0 %), але сорт Аквілон демонструє вищий вміст білка в середньому на 0,2 %, ніж сорт Нашадок. Погодні умови 2024 року сприяли більшому вмісту білка на 4,2–5,0 % завдяки посушливим умовам.

За вмістом клейковини сорт Нашадок має перевагу перед сортом Аквілон в середньому на 2 % (див. *табл. 2*). При цьому обидва сорти за цим показником відповідають нормативним вимогам для твердої пшениці вищого класу (не менше 28 %). Аналіз показників свідчить, що погодні умови 2024 року сприяли більшому вмісту клейковини в обох сортах (30–32 %), ніж 2023 року (29–31 %).

За показником числа падіння обидва сорти значно перевищують нормативи (не менше 220 с), але сорт Аквілон має вище число падіння в середньому на 22 с. Цей показник також змінювався за погодних умов і був вище у 2024 році – 335 і 355 с для сортів Нашадок і Аквілон відповідно.

Також обидва сорти практично однакові за показником склоподібності та відповідають вимогам (не менше 70 %). Вони майже однакові впродовж відповідного року (див. *табл. 2*), але змінюються

за роками: 72,3–72,5 % – у 2023 році; 77,4–77,5 % – у 2024 році.

Необхідно відмітити, що сорт Нащадок демонструє значно вищу врожайність в середньому на 0,9 т/га (26,2 %), але його потенціал є вищим на 25,0 %. Як вже було зазначено, у більш сприятливому 2023 році обидва сорти показали вищу врожайність, ніж у 2024 році через несприятливі гідротермічні умови. Також необхідно враховувати, що сорт Аквілон має потенційну врожайність, нижче за сорт Нащадок на 44,7 %.

Таким чином, сорт Аквілон має перевагу за натурою зерна, вмістом білка та числом падіння, тоді як сорт Нащадок переважає за вмістом клейковини. Сорти є практично однаковими за склоподібністю. За роки досліджень сорт Нащадок демонструє більшу стабільність урожайності в різні роки (зниження лише на 0,3 т/га в посушливому 2024 році проти 0,7 т/га у сорту Аквілон). Обидва сорти показали покращення якісних показників у 2024 році, що свідчить про вплив посухи на підвищення вмісту білка та клейковини.

Отже, враховуючи аналіз показників якості зерна для їх покращення доцільно вносити сірковмісні добрива (15–20 кг/га діючої речовини) для підвищення білковості, а також скорегувати удобрення:

- сорту Аквілон для підвищення вмісту клейковини внести додаткове азотне підживлення у фазу колосіння (N20–30);

- сорту Нащадок для підвищення натурі зерна забезпечити оптимальне фосфорно-калійне живлення у фазі наливу зерна, використати позакореневе підживлення мікроелементами (особливо мідь і цинк) у фазу колосіння.

З урахуванням усіх показників, пшениця тверда яра сорту Нащадок є більш перспективною для вирощування в даних кліматичних і ґрунтових умовах, особливо в посушливі роки, завдяки вищій урожайності та стабільності показників якості. Для отримання потенційної врожайності обидва сорти потребують додаткових агротехнічних заходів для підвищення посухостійкості та стабілізації врожайності в умовах нестабільного вологозабезпечення.

Висновки

Результати проведених досліджень дозволяють зазначити, що врожайність та якість зерна пшениці твердої ярої значною мірою залежать від агрокліматичних факторів, таких як температура та кількість опадів, а також від ґрунтових умов і застосованих систем удобрення.

Визначено, що головним лімітуючим фактором упродовж 2023–2024 років був дефіцит вологи у критичні фази розвитку пшениці, особливо у 2024 році під час наливу зерна (ГТК липня – 0,008–0,01). Незважаючи на посушливі умови, врожайність пшениці твердої ярої сорту Нащадок становить 76,4–81,8 % від потенційної, що свідчить про його добру адаптивність. Пшениця сорту Аквілон також показала достатньо високу врожайність відносно потенційної

(80,7–99,0 %), але нижчу за сорт Нащадок на 15,6–26,2 %, і втрати від погодних умов були вищими – 18,4 % проти 6,7 % за сортом Нащадок. За якісними показниками обидва сорти відповідають нормативним вимогам і мають практично однакові показники склоподібності. Сорт Аквілон має перевагу за натурою зерна, вмістом білка та числом падіння, тоді як сорт Нащадок переважає за вмістом клейковини.

Результати цих досліджень дозволяють розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації технологій вирощування цієї культури, що сприятиме підвищенню її продуктивності та покращенню якості зерна, відповідаючи потребам харчової промисловості та забезпечуючи конкурентоспроможність української аграрної продукції на світовому ринку.

Перспективи подальших досліджень мають бути спрямовані на розробку адаптивних агротехнологій для вирощування пшениці твердої ярої в умовах змін клімату та недостатнього зволоження.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Barabolia, O., & Latysh, A. (2024). The prospects of hard spring wheat cultivation to ensure internal consumption. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 64–68. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.11>
2. Saini, P., Kaur, H., Tyagi, V., Saini, P., Ahmed, N., Dhaliwal, H. S., & Sheikh, I. (2022). Nutritional value and end-use quality of durum wheat. *Cereal Research Communications*, 51, 283–294. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00305-x>
3. Hospodarenko, H., Mostoviyak, I., Karpenko, V., Liubych, V., & Novikov, V. (2022). Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertiliser system. *Scientific Horizons*, 25 (3), 16–25. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(3\).2022.16-2](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-2)
4. Mefleh, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G., & Motzo, R. (2019). From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 2059–2067. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9388>
5. Shevnikov, D. M. (2013). Vplyv umov zovnishnoho seredovyscha livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy na rist i rozvytok pshenytsi tvrdoj yaroj. *Visnyk KhNAU. Seriya: Roslynnnytstvo, Seleksiia i Nasynnytstvo, Plodoovochivnytstvo*, 9, 61–64. [in Ukrainian]
6. Bobro, M. A., Rozhkov, A. O., & Svyrydova, L. A. (2006). Diia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na formuvannia vehetativnoi masy i urozhainist yaroj pshenytsi. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 4 (1), 10–17. [in Ukrainian]
7. Barabolia, O. V. (2009). Vplyv ahroekolohichnykh faktoriv na urozhainist ta yakist zerna pshenytsi tvrdoj yaroj v livoberezhnii lisostepovii zvolozhenii pidzoni. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian]
8. Popov, S. I., Usov, O. S., Manko, K. M., & Tsekhmeistruk, M. H. (2013). Urozhainist sortiv pshenytsi tvrdoj yaroj zalezho vid fonu zhyvlennia. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti* 15, 104–111. [in Ukrainian]
9. Alemu, H. (2017). Review paper on breeding durum wheat (*Triticum Turgidum* L. var. durum) for quality traits. *International Journal of Advanced Research and Publications*, 1 (5), 448–455.
10. Zhemela, H. P., & Duda, H. H. (1990). Polipshennia yakosti zerna polovykh kultur za dopomohoi vykorystannia dobryv. In: *Udobrennia polovykh kultur pry intensyvykh tekhnolohiakh vyroshchuvannia*. (s. 176–190). Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
11. Shevnikov, D. M. (2011). Vplyv mineralnykh dobryv ta mikrobiolohichnykh preparativ na formuvannia vrozhaingosti pshenytsi tvrdoj yaroj. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 165–168. [in Ukrainian]

12. Shevchenko, O. I. (2005). Produktivnist i yakist zerna pshenytsi yaroj za ryznykh sposobiv zastosuvannya fiziologichno aktyvnykh rehovyn. *Naukovi Pratsi Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4 (23), 280–285. [in Ukrainian]
13. Chaika, T. O., & Polezhak, Ye. Yu. (2024). The formation of main indicators of spring durum wheat grain quality in Poltava region. *Taurian Scientific Herald*, 2 (139), 156–163. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.19>
14. Yula, V. M., & Drozd, M. O. (2015). Vplyv pohodnykh umov ta udobrennia na produktyvnist pshenytsi tverdoi yaroj v pivnichnii chastyni Lisostepu. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 93 (4), 23–27. [in Ukrainian]
15. Meffle, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G., & Motzo, R. (2019). From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 2059–2067. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9388>
16. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., Ivashchuk, P. V., & Kornichuk, O. V. (2010). Roslynnytstvo. *Tekhnologii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur (3-tie vydannia atrypravlene i dopovnene)*. Lviv: Ukrainski tekhnologii [in Ukrainian]
17. Osoblyvosti vyroshchuvannya tverdikh sortiv pshenytsi. *Ahrosep-mash*. Retrieved from: <https://agrosep-mash.ua/uk/osoblyvosti-vyroshchuvannya-tverdix-sortiv-pshenytsi/> [in Ukrainian]
18. Tverda pshenytsia: populiarni sorty ta osoblyvosti vyroshchuvannya. *Tetra-agro*. Retrieved from: https://tetra-agro.com.ua/news/tverda_psenicya_populyarni_sorty_ta_osoblyvosti_vyroshchuvannya?srltid=Afm-BOoro2iket4IHj8EXLuOVb-zHwNNq_vHXg9O_V6ZighsDly-lahoGJ [in Ukrainian]
19. Mishchenko, Yu. H., Prasol, V. I., Davydenko, H. A., Masyk, I. M., Ermantraut, E. R., & Hudz, V. P. (2024). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii : navchalnyi posibnyk*. Sumy: SNAU [in Ukrainian]
20. DSTU 3768:2019. *Pshenytsia. Tekhnichni umovy*. Chynnyi vid 2019-06-10. (2019). Kyiv. Retrieved from: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82765 [in Ukrainian]
21. Jańczak-Pieniążek, M., & Kaszuba, J. (2024). The influence of agro-technical factors on the yield and quality parameters of winter triticale grain. *Agriculture*, 14 (12), 2219. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122219>
22. Boulelouah, N., Berbache, M. R., Bedjaoui, H., Selama, N., & Rebouh, N. Y. (2022). Influence of nitrogen fertilizer rate on yield, grain quality and nitrogen use efficiency of durum wheat (*Triticum durum* Desf) under Algerian semiarid conditions. *Agriculture*, 12 (11), 1937. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111937>
23. Latysh, A. A. (2024). Optymizatsiia systemy udobrennia pshenytsi tverdoi yaroj v umovakh Lisostepu Ukrainy. In T. O. Chaika (Red.) *Zbalansovanyi rozvytok ekosystem: suchasnyi stan i perspektivy : kolektyvna monohrafiia*. (s. 43–52). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
24. Sort KVS AKVILON. *Agrarii-Razom*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/kvs-akvilon> [in Ukrainian]
25. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2022). Rol huminovyykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymi dobryvamy v tekhnologiiakh vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi. In: T. O. Chaika (Red.) *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenno zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalnykh ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (s. 279–322). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
26. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2023). Biologichna aktyvnist huminovyykh rehovyn: vzaiemozv'язok struktura – biologichna aktyvnist. *Ahrarna osvita i nauka: dosiahnennia ta perspektivy rozvytku: IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia prysviachena vydatnym vchenym Vasylkivskomu S. P. i Molotokomu M. Ya*. Bila Tserkva: BNAU [in Ukrainian]
27. Nasinnia pshenytsi yaroj Nashchadok. *Agrostadion*. Retrieved from: <https://agrostadion.com/catalog/nasinnia-polovyykh/nasinnia-pshenytsi/nasinnia-pshenytsi-iaroj-nashchadok-tverda-elita> [in Ukrainian]
28. Yaroshko, Ya., & Bremmer, K. (2016). Kyslotnist hruntiv ta yii vplyv na zhyvlennia roslyn. *Ahronom. na-zhyv/* [in Ukrainian]
29. Chaika, T. O., & Lotysh, I. I. (2020). Zberezhennia rodiuchosti gruntiv za suchasnykh system zemlerobstva. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: VIII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia*. Zhytomyr: ZhNAEU [in Ukrainian]
30. Korotkova, I. V., & Chaika, T. O. (2023). Vplyv mineralnykh dobryv, huminovyykh preparativ ta yikh sumishei na vmist fotosyntetichnykh pihmentiv v roslynakh pshenytsi ozymoi. *Problemy ta dosiahnennia suchasnoi biotekhnologii: III Mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Kharkiv: NFaU [in Ukrainian]
31. 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>
32. Kuk, Dzh., & Feset, R. Dzh. (2022). Vplyv kyslotnosti ta zasolenosti gruntu na vrozhai pshenytsi. *Ahronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-kyslotnosti-ta-zasolenosti-gruntu-na-vrozhai-pshenytsi/> [in Ukrainian]
33. Chaika, T. O., & Ponomarenko, S. V. (2015). Zeleni dobryva – syderaty v orhanichnomu zemlerobstvi. *Ahrarnyi biuleten*, 54, 25–31. [in Ukrainian]
34. Palamarchuk, A. (2022). Vyroshchuvannya yakisnoho zerna tverdoi ozymoi pshenytsi v Ukraini. *Ahronomiia sohodni*. Retrieved from: <https://agronomy.com.ua/statyi/ozymy-kultury/897-vy-roshchuvannya-yakisnoho-zerna-tverdoi-ozymoi-pshenytsi-v-ukraini.html> [in Ukrainian]

ORCID

O. Barabolia 

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

A. Latysh 

<https://orcid.org/0009-0002-5570-1931>



2025 Barabolia O. and Latysh 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.

Influence of soil tillage systems and crop parts in crop rotation on the pollution of sugar beet crop

V. Hanhur[✉] | S. Pospelov | V. Hariachun

Article info

Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

volodimirganguur@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Hanhur, V., Pospelov, S., & Hariachun, V. (2025). Influence of soil tillage systems and crop parts in crop rotation on the pollution of sugar beet crop. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 88–92. doi: 10.31210/spi2025.28.01.15

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is a crop that is especially sensitive to weed competition, particularly in the early stages of vegetation. The aim of the research was to determine the effect of the degree of saturation of crop rotations with sugar beet and methods of basic tillage on weed infestation of fields. The study was conducted in 2010–2022 at the experimental field of the Poltava State Agricultural Research Station named after M. Vavilov. It was found that when the crop rotation is saturated with sugar beet by 10 %, the number of weeds before the first inter-row loosening is the smallest. It is important to note that the combined method of tillage contributed to a significant reduction in weed infestation compared to moldboardless loosening of soil, the difference was 13.5 pcs/m² or 16.9 %. In crop rotations where the sugar beet share reached 20 %, the total number of weeds increased regardless of the method of basic tillage. Additional increase in the saturation of the crop rotation with this crop to 30 % led to an even greater spread of weeds in the fields. Re-measurement of weeds before harvesting showed a significant decrease in their number (by 60.1–133.6 units/m² or 89.1–90.6 %). At the same time, the overall pattern of weediness dependence on the share of beets in the crop rotation and the method of soil cultivation was preserved. The analysis of the biological composition of weeds in sugar beet fields showed that the predominant share was made up of annual species. There was also a clear tendency to change the ratio of biological groups of weeds depending on the share of this crop in the crop rotation. Thus, in a 10-seed crop rotation with one sugar beet field, the share of annual weeds was 92.5–93.5 %, and perennial weeds was 6.5–7.5 %. In crop rotations with two and three fields of sugar beet, a gradual increase in the proportion of annual species (96.6–98.5 % and 98.6–99.0 %, respectively) and a decrease in perennial weeds (1.5–3.5 and 1.1–1.4 %, respectively) was noted. Thus, the results of the experiments confirm the importance of an optimal combination of crop rotation and effective soil cultivation methods for controlling weed infestation of sugar beet fields.

Keywords: sugar beet (*Beta vulgaris* L.), crop rotation, degree of saturation, soil tillage, weediness, yield.

Вплив систем обробітку ґрунту та частки культури у сівозміні на забур'яненість посівів буряку цукрового

В. В. Гангур | С. В. Поспелов | В. О. Гарячун

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Буряк цукровий (*Beta vulgaris* L.) – культура особливо чутлива до конкуренції з бур'янами, зокрема на початкових етапах вегетації. Метою досліджень було з'ясувати вплив ступеня насичення сівозмін буряком цукровим та способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів. Дослідження проведено впродовж 2010–2022 рр., на дослідному полі Полтавської ДСГДС ім. М. І. Вавилова. Встановлено, що за насичення сівозміни буряком цукровим на 10 % кількість бур'янів перед першим міжрядним розпушуванням є найменшою. Важливо зазначити, що комбінований спосіб обробітку сприяв значному зменшенню забур'яненості порівняно з безпліцевим розпушуванням, різниця становила 13,5 шт./м² або 16,9 %. У сівозмінах, де частка цукрового буряку досягала 20 %, загальна кількість бур'янів зростала незалежно від способу основного обробітку ґрунту. Подальше збільшення насиченості сівозміни цією культурою до 30 % призводило до ще більшого поширення бур'янів у посівах. Повторний облік бур'янів перед збиранням культури показав значне зменшення їхньої чисельності (на 60,1–133,6 шт./м² або 89,1–90,6 %). Водночас зберігалася загальна закономірність залежності забур'яненості від частки буряку у сівозміні та способу обробітку ґрунту. Аналіз біологічного складу бур'янів у посівах цукрового буряку засвідчив, що переважну частку становили однорічні види. Також спостерігали чітку тенденцію до зміни у співвідношенні біологічних груп бур'янів залежно від частки культури в сівозміні. Так, у 10-польній сівозміні з одним полем буряку частка однорічних бур'янів становила 92,5–93,5 %, а багаторічних – 6,5–7,5 %. У сівозмінах із двома та трьома полями буряку відзначено поступове збільшення частки однорічних видів (відповідно 96,6–98,5 та 98,6–99,0 %) і зменшення багаторічних бур'янів (відповідно 1,5–3,5 та 1,1–1,4 %).

Ключові слова: буряк цукровий (*Beta vulgaris* L.), сівозміна, ступінь насичення, обробіток ґрунту, забур'яненість, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Гангур В. В., Поспелов С. В., Гарячун В. О. Вплив систем обробітку ґрунту та частки культури у сівозміні на забур'яненість посівів буряку цукрового. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 88–92.

Вступ

Буряк цукровий (*Beta vulgaris* L.) є відносно молодою культурою, якщо порівнювати тривалість періоду її вирощування з більшістю інших сільськогосподарських рослин. Його культивування розпочалося лише кілька століть тому, тоді як багато зернових і бобових культур відомі людству ще з часів давніх цивілізацій. Завдяки високій цукристості коренеплідів, ця культура швидко набула популярності та стала важливим компонентом аграрного виробництва, відіграючи значну роль у харчовій промисловості [5, 13].

Наукові дослідження та практичний досвід свідчать, що ця культура особливо чутлива до конкуренції з бур'янами, зокрема на початкових етапах вегетації. Наявність бур'янів у посівах значно уповільнює ріст і розвиток молодих рослин, зменшує доступність вологи, поживних речовин і світла, що може негативно вплинути на формування майбутнього врожаю [11]. Тому своєчасний і ефективний контроль бур'янів, який включає агро-технічні, хімічні та біологічні заходи, є визначальним чинником для досягнення високої продуктивності посівів та отримання якісної цукрової сировини [24]. Наявність бур'янів у посівах є основною біотичною причиною втрати врожаю не лише буряку цукрового, але й всіх інших польових культур [17].

Ступінь поширення бур'янів у посівах буряків цукрових істотно залежить від складу культур у сівозміні (частка та співвідношення просапних і зернових культур), система удобрення та способи, глибина обробітку ґрунту [2, 3].

За результатами проведених досліджень Ю. П. Манько, Л. П. Хоменко [10] повідомили, що до найбільш ефективних заходів контролювання чисельності бур'янів у посівах польових культур належать оптимізація структури сівозміни та система застосування добрив. Сівозміна належить до екологічно безпечних методів, що урізноманітнює землеробські системи, зменшує антропогенне навантаження на агроєкосистему та запобігає поширенню специфічних шкідливих організмів, зокрема рослин бур'янів. Дослідження свідчать, що сівозміна завдяки більшому біорізноманіттю забезпечує значні екологічні переваги в сільськогосподарських системах [15] і може бути дієвим чинником зменшення кількості бур'янів. Це сприяє зниженню втрат урожаю, спричинених наявністю у посівах бур'янів. Деякі культури, завдяки своїм біологічним особливостям, ефективніше пригнічують ріст бур'янів, ніж інші.

Сівозміна, порівняно з монокультурним вирощуванням, мінімізує вплив стресових чинників (висока температура та низька відносна вологість повітря, дефіцит опадів) на сільськогосподарські культури, сприяючи підвищенню врожайності [4].

На думку ряду вчених ефективним засобом утримання полів у чистому від бур'янів стані є культура землеробства. Вони вважають, що використання ефективних зональних способів та систем обробітку ґрунту є одним із дієвих технологічних прийомів контролювання чисельності бур'янів [9, 11, 12].

Оранці, як складовій традиційного обробітку ґрунту, належить провідна роль у формуванні сприятливих ґрунтових умов, позитивно впливаючи на рівень вологості та температурний режим. Загортання пожнивних решток у ґрунт під час оранки сприяє збагаченню його органічною речовиною, що в свою чергу має позитивний вплив на кількісні та якісні параметри майбутнього врожаю [23].

За результатами досліджень О. В. Демиденка із співавторами [7] встановлено, що застосування післяжнивного посіву редьки олійної як сидерату у поєднанні з безполіцевим обробітком ґрунту на глибину 28–30 см є одним із дієвих заходів як покращення умов із вирощування буряків цукрових, так і ефективного контролю рясності бур'янів у посівах культури, що сприяє досягненню максимальної врожайності коренеплідів. Поєднання післяжнивного сидерату з редьки олійної разом із безполіцевим способом основного обробітку сприяє зменшенню потенційної засміченості кореневмісного (0–30 см) шару ґрунту. Найвищу ефективність у зниженні чисельності бур'янів та їх маси у посівах буряків цукрових можна досягти лише за умови проведення глибокого розпушування ґрунту на 28–30 см.

Окремі вчені вважають, що застосування ґрунтозахисного обробітку ґрунту може бути ефективним у технології вирощування буряків цукрових [16]. Ґрунтозахисний обробіток ґрунту включає в себе нульовий та мінімальний обробіток ґрунту. Їх використання позитивно впливає на зниження швидкості мінералізації органічного карбону ґрунту, процеси переміщення ґрунтової вологи [19], зменшення поверхневого стоку та ерозії [22], а також стабілізацію адсорбування поживних речовин [24]. Едафонна активність ґрунту виграє від ґрунто-захисного обробітку завдяки утриманню нагромадженню рослинних решток на поверхні ґрунту та зменшенню фізичного порушення ґрунту [20]. Попри ці переваги, значна частина фермерів у різних країнах світу ще не перейшла до технологій ґрунтозахисного землеробства, зважаючи на різні економічні, технічні та інші перешкоди, які стримують їх практикування [18, 21]. При цьому найбільш поширеною проблемою є складність боротьби з бур'янами, оскільки технологія нульового обробітку ґрунту обмежує можливості прямого контролю бур'янів, особливо в регіонах, де домінують резистентні до гербіцидів види [26].

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що науково-обґрунтована сівозміна у поєднанні із якісним обробітком ґрунту може забезпечити ефективне регулювання забур'яненості посівів буряку цукрового.

Мета дослідження

Мета досліджень – з'ясувати вплив ступеня насичення сівозмін буряком цукровим та способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів.

Завдання дослідження: визначити забур'яненість посівів залежно від частки буряку цукрового у сівозміні; вивчити вплив способів основного обробітку ґрунту у сівозміні на рясність бур'янів у посівах буряку цукрового.

Матеріали і методи

Дослідження проведено впродовж 2010–2022 рр., на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова. Земельний масив дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий. Згідно даних хімічного аналізу цей тип ґрунту характеризується наступними агрохімічними показниками: вміст гумусу у шарі ґрунту 0–20 см становить 4,1 %; лужногідролізованого азоту – 7,1 мг/100 г ґрунту (за Тюрніним та Коновою); рухомого фосфору – 12,8 мг/100 г ґрунту (за Чириковим); обмінного калію – 17,3 мг/100 г ґрунту (за Масловою). Кислотність ґрунтового розчину слабокисла (рН 6,2).

Схема досліду представлена трьома варіантами 10-пільних польових сівозмін, де ступінь насичення буряком цукровим становив, відповідно 10, 20, 30 % (чинник А), а також двома способами основного обробітку ґрунту (чинник В), зокрема безполіцевим (під всі культури сівозміни) та комбінованим (оранка під буряк цукровий на глибину 30–32 см і кукурудзу на глибину 25–27 см та безполіцевий різноглибинний обробіток під культури суцільного способу сівби). У всіх варіантах сівозмін, незалежно від кількості полів з буряком цукровим, його попередником була лише пшениця озима. Посівна площа експериментальної ділянки – 172,8 м², а облікової – 64,8 м². Повторність варіантів чотириразова. Розміщення варіантів і повторень – систематичне. Набір технологічних операцій з вирощування буряку цукрового в досліді загальноприйнятий для регіону, за виключенням елементів, які були предметом досліджень. Облік бур'янів, за варіантами досліду, проводили кількісним методом у два строки – перед першим міжрядним розпушуванням та перед збиранням [8]. Для визначення видового складу сегетальної рослинності у посівах буряку цукрового користувалися атласами-визначниками [1].

Результати та їх обговорення

Загальновідомо, що через високу забур'яненість посівів щорічні втрати врожаю продукції рослинництва становлять у середньому 25–30 %, однак в окремих випадках вони можуть перевищувати 50 %. Це зумовлено посиленнями конкурентними

взаємовідносинами між бур'янами та культурними рослинами за життєво необхідні ресурси, такі як світло, волога та елементи мінерального живлення. Надмірна рясність бур'янів приводить не лише до зниження продуктивності культур, але й до ускладнень у технологічному процесі як вирощування, так і збирання врожаю. Тому в посівах сільськогосподарських культур, зокрема буряку цукрового, надзвичайно важливим є ефективне регулювання чисельності та видового складу бур'янів шляхом використання інтегрованих методів контролю забур'яненості, таких як сівозмінна, механічний обробіток ґрунту, що дозволяє значно зменшити негативний вплив сегетальної рослинності на формування врожайності культур.

Проведені нами дослідження свідчать, що за насичення сівозміни буряком цукровим на 10 % кількість бур'янів перед першим розпушуванням міжрядь є найнижчою, як за безполіцевого (79,9 шт./м²), так і комбінованого основного обробітку ґрунту (66,4 шт./м²) (табл. 1). При цьому слід відзначити, що посіви буряку цукровий за комбінованого обробітку ґрунту, який передбачав оранку на 30–32 см під культуру, виявилися менш забур'янені, ніж на фоні безполіцевого розпушування (різниця становила 13,5 шт./м² або 16,9 %). У сівозмінах, де частка буряку цукрового становила 20 % загальна кількість бур'янів зростає на обох фонах основного обробітку ґрунту, особливо за безполіцевого. Результати першого обліку бур'янів свідчать, що за проведення безполіцевого обробітку ґрунту чисельність рослин бур'янів збільшилася на 84,6 %, а за оранки – на 27,3 %, порівняно із сівозмінами, де насичення їх буряком цукровим становило 10 %. Збільшення насичення сівозмін культурою до 30 % призвело до найбільшої рясності бур'янів у посівах буряку цукрового. Слід відзначити, що за комбінованого способу обробітку ґрунту у сівозміні збільшення кількості бур'янів відносно сівозміни із часткою культури 10 і 20 % дорівнювало, відповідно на 42,9 і 12,3 %, а за безполіцевого обробітку – на 85,2 і 0,3 %.

Повторний облік бур'янів перед збиранням буряку цукрового засвідчив значне зменшення їх чисельності (на 60,1–133,6 шт./м² або 89,1–90,6 %), однак зберіглася загальна закономірність щодо впливу частки культури у сівозміні та способу обробітку ґрунту на забур'яненість посівів.

Таблиця 1

Забур'яненість посівів буряку цукрового залежно від ступеня насичення сівозміни та способу основного обробітку ґрунту, (середнє за 2010–2022 рр.)

№ вар.	Частка культури у сівозміні, % (чинник А)	Спосіб основного обробітку ґрунту (чинник В)	Кількість бур'янів, шт./м ²					
			перед першим міжрядним розпушуванням			перед збиранням		
			всього	в тому числі		всього	в тому числі	
				однорічні	багаторічні		однорічні	багаторічні
3.	10	безполіцевий	79,9	75,3	4,6	8,7	7,9	0,8
3а.		комбінований	66,4	63,0	3,4	6,3	5,8	0,5
2.	20	безполіцевий	147,5	145,1	2,4	13,9	13,7	0,2
2 а.		комбінований	84,5	81,8	2,7	8,2	7,9	0,3
8.	30	безполіцевий	148,0	146,9	1,1	14,4	14,2	0,2
8 а.		комбінований	94,9	94,1	0,8	9,8	9,6	0,2
	НІР _{0,95}		15,4	–	–	3,7	–	–

Що стосується біологічних груп бур'янів, які вегетували у посівах культури, то обліки свідчать, що у складі бур'янового компоненту переважну частку становили однорічні види. Слід відзначити, що як перед першим міжрядним розпушуванням, так і перед збиранням відзначено диференціацію частки біологічних груп бур'янів залежно від ступеня насичення сівозміни буряком цукровим. Так, за наявності у 10-пільній сівозміні одного поля буряку цукрового на однорічні види припадало 92,5–93,5 %, а багаторічні 6,5–7,5 % рослин бур'янів. У сівозмінах, де під вирощування буряку цукрового було відведено два і три поля, спостерігали збільшення частки однорічних видів (відповідно 96,6–98,5 і 98,6–99,0 %) і зменшення багаторічних бур'янів (відповідно 1,5–3,5 і 1,1–1,4 %).

Таким чином, узагальнення результатів досліджень свідчить, що незалежно від ступеня насичення сівозміни буряком цукровим, проведення безполицевого обробітку ґрунту сприяє збільшенню кількості бур'янів, порівняно з комбінованим обробітком. В дослідках Уманського НУС також спостерігали збільшення забур'яненості посівів майже у два рази за безполицевого обробітку ґрунту у порівнянні з оранкою на глибину на 30–32 см [6]. На думку Я. П. Цвея із співавторами [14] серед різних способів основного обробітку ґрунту під буряки цукрові найбільш ефективним у зменшенні забур'яненості посівів культури є оранка на глибину 25–27 см, яка дозволяє зменшити рясність сегетальної рослинності на 4,3 %.

Найвища протибур'янова ефективність комбінованого обробітку проявляється за низького та середнього насичення сівозміни буряком (10 % і 20 %). Результати інших науковців також підтверджують, що сівозмінна та правильний підбір культур і оптимальна їх частка можуть забезпечити ефективний контроль поширення бур'янів [25, 27].

Нашими дослідженнями встановлено, що багаторічні бур'яни мають значно меншу частку у складі бур'янового компоненту, але закономірність щодо їхнього зменшення є більш вираженою за комбінованого обробітку. Цей висновок узгоджується із результатами, які одержано на дослідному полі Уманського НУС [6].

Висновки

За результатами досліджень проведених в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України встановлено, що для зменшення рівня забур'яненості посівів буряку цукрового доцільно використовувати комбінований спосіб обробітку ґрунту у сівозміні та не перевищувати насичення культури у сівозміні понад 20 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу способів і глибини основного обробітку ґрунту на поживний режим ґрунту.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Veselovskyi, I. V., Manko, Yu. P., Lysenko, A. K., & Tsentylo, L. V. (2018). *Atlas – vyznachnyk burianiv: Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
2. Hanhur, V. V., & Brazhenko, I. P. (2005). Osoblyvosti zaburianenosti posiviv i hruntu v sivozminakh z korotkoioi rotatsiieiu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 40–42. [in Ukrainian]
3. Hanhur, V., & Filonenko, V. (2024). Effect of soil cultivation systems and the degree of saturation of crop rotations with sugar beet on the level of yield and quality of sugar beet roots. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 24–29. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.04>
4. Hanhur, V. V., Brazhenko, I. P., Kramarenko, I. V., Sokyрко, P. H., Len, O. I., & Udovenko, K. P. (2011). Porivnialna otsinka produktyvnosti posiviv buriaku tsukrovoho pry vyroshchuvanni bezzminno ta v sivozmini. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnogo Ahrarnoho Universytetu*, 1, 12–15. [in Ukrainian]
5. Hanhur, V., & Filonenko, V. (2023). Yield and quality of root fruits of sugar beet when grown in crop rotation with short rotation. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 22–25. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.04>
6. Hospodarenko, H. M., Tsyhoda, V. S., & Prokopchuk, I. V. (2017). Zaburianenist ta produktyvnist posiviv buriaku tsukrovoho zalezno vid hlybyny oranky i system udobrennia. *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 91, 7–18. [in Ukrainian]
7. Demydenko, O. V., Boiko, P. I., Blashchuk, M. I., Shapoval, I. S., & Kovalenko, N. P. (2019). *Sivozminy ta rodiuchist chornozemu Livoberezhnoho Lisostepu*. Smila [in Ukrainian]
8. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii: Pidruchnyk*. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K»» [in Ukrainian]
9. Ivashchenko, O. O. (2016). Realii i perspektivy system zakhystu posiviv vid burianiv. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 11–12, 1–3. [in Ukrainian]
10. Manko, Yu. P., & Khomenko, L. P. (2006). Zminy burianystosti synuzii ahrofitotsenoziv zerno-prosapnoi lanky sivozminy. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Naukovoho Tsentru «Instytut Zemlerobstva UAAN»*, 1–2, 68–73. [in Ukrainian]
11. Myroshnychenko, M. S. (2020). Effect of fertilization system and tillage on weed infestation of sugar beet sowings in short crop rotations. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 29–36. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211050>
12. Moldovan, V. H., & Kvasnitska, L. S. (2015). Zaburianenist ahrotsenoziv v umovakh dostatnoho zvolozhennia Pravoberezhnoho Lisostepu. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 5, 8–10. [in Ukrainian]
13. Prysiashniuk, O. I., Prysiashniuk, L. M., Melnyk, S. I., & Hryniv, S. M. (2022). *Buriaky tsukrovi – selektsiia, nasinnytstvo ta tekhnolohiia vyroshchuvannia: monohrafiia*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian]
14. Tsvei, Ya. P., Myroshnychenko, M. S., & Tyshchenko, M. V. (2019). Productivity of sugar beet and barley in short crop rotations as affected by fertilization and tillage. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 27, 84–93. <https://doi.org/10.47414/np.27.2019.211167>
15. Bowles, T. M., Mooshammer, M., Socolar, Y., Calderón, F., Cavigelli, M. A., Culman, S. W., Deen, W., Drury, C. F., Garcia, A. G. Y., Gaudin, A. C. M., Harkcom, W. S., Lehman, R. M., Osborne, S. L., Robertson, G. P., Salerno, J., Schmer, M. R., Strock, J., & Grandy, A. S. (2020). Long-term evidence shows that crop-rotation diversification increases agricultural resilience to adverse growing conditions in North America. *One Earth*, 2, 284–293. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.007>
16. Buhre, C., Burcky, K., Schmitz, F., Schulte, M., & Ladewig, E. (2011). Survey on sugar beet production technology-State and trends (1994–2010). *Zuckerind*, 136, 670–677.
17. Délye, C., Jasieniuk, M., & Le Corre, V. (2013). Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends Genet*, 29, 649–658. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2013.06.001>
18. Findlater, K. M., Kandlikar, M., & Satterfield, T. (2019). Misunderstanding conservation agriculture: Challenges in promoting, monitoring and evaluating sustainable farming. *Environmental Science & Policy*, 100, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.05.027>

19. Garreto, F. G. S., Fernandes, A. M., Silva, J. A., Silva, R. M., Figueiredo, R. T., & Soratto, R. P. (2023). No-tillage and previous maize–palisadegrass intercropping reduce soil and water losses without decreasing root yield and quality of cassava. *Soil and Tillage Research*, 227, 105621. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105621>
20. Holland, J. M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103 (1), 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.018>
21. Kassam, A., Friedrich, T., & Derpsch, R. (2019). Global spread of conservation agriculture. *International Journal of Environmental Studies*, 76, 29–51. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>
22. Koch, H.-J., Dieckmann, J., Büchse, A., & Märkländer, B. (2009). Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy*, 30 (2), 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.08.001>
23. Liu, Z., Cao, S., Sun, Z., Wang, H., Qu, S., Lei, N., He, J., & Dong, Q. (2021). Tillage effects on soil properties and crop yield after land reclamation. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84191-z>
24. Marlander, B., Hoffmann, C., Koch, H. J., Ladewig, E., Merkes, R., Petersen, J., & Stock-fisch, N. (2003). Environmental situation and yield performance of the sugar beetcrop in Germany: Heading for sustainable development. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189, 201–226. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00035.x>
25. Minhas, W. A., Mumtaz, N., Ur-Rehman, H., Farooq, S., Farooq, M., Ali, H. M., & Hussain, M. (2023). Weed infestation and productivity of wheat crop sown in various cropping systems under conventional and conservation tillage. *Frontiers Plant Science*, 14, 1176738. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1176738>
26. Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R., & Govaerts, B. (2015). Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research*, 183, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012>
27. Shahzad, M., Hussain, M., Jabran, K., Farooq, M., Farooq, S., Gašparović, K., Barboricova, M., Aljuaid, B. S., El-Shehawi, A. M., & Zuan, A. T. K. (2021). The impact of different crop rotations by weed management strategies' interactions on weed infestation and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 11, 2088. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102088>

ORCID

V. Hanhur  <https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>
 S. Pospelov  <https://orcid.org/0000-0003-0433-2996>



2025 Hanhur 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.

Analysis of the environmental sustainability of forest ecosystems of Poltava region

A. Taranenko | D. Bocharov | A. Korolkova | V. Pryadko

Article info

Correspondence Author

A. Taranenko

E-mail:

anna.taranenko@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Taranenko, A., Bocharov, D., Korolkova, A., & Pryadko, V. (2025). Analysis of the environmental sustainability of forest ecosystems of Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 93–100. doi: 10.31210/spi2025.28.01.16

Forestry today faces a number of challenges related to environmental impacts and the use of forest resources. The threat of forest degradation from fires, illegal logging, pests and climate change is increasing. Issues related to the ageing of plantations, insufficient natural regeneration and disturbance of forest structure due to active resource use are particularly acute. At the same time, significant progress is being made in reforestation, particularly through afforestation and the promotion of natural regeneration. Forestry aims at a balanced management of forest resources, which includes the reproduction, protection and conservation of forests, as well as the introduction of new technologies for monitoring and preventing forest fires. However, in order to preserve forest ecosystems in the long term, it is necessary to improve management processes, raise environmental awareness and strengthen the responsibility of forest users. The Emerald Network is an initiative to conserve biodiversity in Europe and neighbouring regions, particularly in Ukraine. It is an integral part of the implementation of the Berne Convention and aims to protect the natural habitats of species of conservation concern. The main objective of the network is to create conditions for the conservation of rare and endangered species and key habitats, regardless of national borders. The Emerald Network makes it possible to identify valuable natural areas where action can be taken to protect them, and also ensures a balanced use of resources. However, the process of developing the network in Ukraine has certain shortcomings, in particular the lack of a sufficient inventory of species and habitats, and a lack of coordination between scientists and authorities. For the further success of this initiative it is important to establish cooperation at all levels: from scientific research to public discussion and implementation.

Keywords: forestry, Emerald network, sustainability, environmental impact assessment.

Аналіз екологічної стійкості лісових екосистем Полтавської області

А. О. Тараненко | Д. В. Бочаров | А. О. Королькова | В. Г. Прядко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Лісове господарство сьогодні стикається з низкою викликів, пов'язаних з впливом на довкілля та використанням лісових ресурсів. Зростає загроза деградації лісів через пожежі, незаконну вирубку, шкідників і зміну клімату. Особливо гостро постають питання щодо старіння насаджень, недостатнього природного відновлення та порушень у структурі лісів через активну експлуатацію ресурсів. Водночас відбувається значний прогрес у лісовідновленні, зокрема за допомогою штучного заліснення і сприяння природному відновленню. Лісове господарство спрямоване на збалансоване управління лісовими ресурсами, що включає відтворення, охорону і захист лісів, а також впровадження нових технологій для моніторингу та попередження лісових пожеж. Але для збереження лісових екосистем у довгостроковій перспективі необхідно вдосконалити управлінські процеси, покращити екологічну просвіту і посилити відповідальність лісокористувачів. Смарагдова мережа – це ініціатива, спрямована на збереження біорізноманіття в Європі та прилеглих регіонах, зокрема в Україні. Вона є складовою частиною виконання Бернської конвенції і спрямована на захист природних середовищ існування видів, що потребують особливої охорони. Основною метою мережі є створення умов для збереження рідкісних і зникаючих видів, а також ключових оселищ, незалежно від національних кордонів. Смарагдова мережа дозволяє ідентифікувати цінні природні території, де впроваджуються заходи щодо їх охорони, а також забезпечує збалансоване використання ресурсів. Однак, процес розробки мережі в Україні має певні недоліки, зокрема відсутність достатньої інвентаризації видів та оселищ, недоліки у координації між науковцями та органами влади. Для подальшого успіху цієї ініціативи важливо налагодити співпрацю на всіх рівнях: від наукових досліджень до громадських обговорень та впровадження політичних рішень.

Ключові слова: лісове господарство, Смарагдова мережа, стійкість, оцінка впливу на довкілля.

Бібліографічний опис для цитування: Тараненко А. О., Бочаров Д. В., Королькова А. О., Прядко В. Г. Аналіз екологічної стійкості лісових екосистем Полтавської області. *Scientific Progress & Innovations*. 2025 № 28 (1). С. 93–100.

Вступ

Ліси мають глобальне значення і є життєво необхідними для всієї екологічної системи планети. Лісові екосистеми вирізняються високою інтенсивністю біологічних процесів та значною масою органічних речовин, чия важливість невідносно зростає. Ліси виступають як акумулятори та провідники енергії, що грає ключову роль у природних процесах та розвитку біосфери [1].

Знищення лісів та деградація лісових екосистем є однією з найсерйозніших екологічних проблем сучасності. Зменшення площ лісів і зниження їхньої стійкості обумовлені не лише надмірною експлуатацією лісових ресурсів і забрудненням довкілля, але й мають значний вплив на економічний розвиток країн та рівень культурного розвитку суспільства.

Ліси, як важлива складова екологічно-економічної системи, виконують екологічні функції: оздоровлення (рекреаційна функція), захист ґрунтів від ерозії, підвищення врожайності сільськогосподарських культур, регулювання водного режиму, виробництво кисню тощо. Важливе значення для підвищення продуктивності лісів, покращення їхніх корисних властивостей та забезпечення лісовими ресурсами має проведення заходів із відновлення, охорони та захисту лісових масивів. Відновлення лісів, що включає відтворення та розведення нових лісів, вимагає проведення лісгосподарських і агротехнічних робіт відповідно до стандартів охорони природи для створення нових лісонасаджень [2]. Експлуатація лісових ресурсів повинна бути інтегрована з природоохоронними заходами, спрямованими на збереження та відновлення лісових насаджень. Охорона лісів, підвищення їх продуктивності і біологічної стійкості є пріоритетними завданнями лісового господарства [3].

Створення мережі Емеральд розглядається як важливий механізм виконання зобов'язань країн щодо збереження видів і оселищ, закріплених Бернською конвенцією. Включення територій до мережі базується на актуальних наукових даних, зібраних протягом останніх 10 років. Реєстри видів і оселищ регулярно оновлюються відповідно до пропозицій учасників. У кожній країні формування мережі Емеральд у повинно базуватися на національній базі даних, яка містить актуальну інформацію про поширення видів і оселищ, що охоплені резолюціями 4 та 6 Бернської конвенції [4]. Таким чином, не кожна територія, що має природоохоронний статус відповідно до національних законодавчих актів, може бути включена до мережі Емеральд. Включення територій залежить від їх відповідності конкретним критеріям, встановленим для цієї мережі.

Формування мережі Емеральд є постійним і динамічним процесом, який вимагає регулярного оновлення інформації. Важливу роль у цьому відіграють наукові дослідження, зокрема польові дослідження та збір актуальних даних про розповсюдження видів і оселищ. Ці дані мають бути враховані в геоінформаційних системах (ГІС) і на картах, відповідно до критеріїв резолюцій 4 та 6.

Створення мережі Емеральд є важливим кроком у збереженні біорізноманіття та охороні природних оселищ в Європі. Цей процес передбачає ретельну оцінку та обґрунтування територій, що мають значення для збереження видів, згідно з критеріями Бернської конвенції. Від початкового подання пропозицій до остаточного затвердження територій, кожен етап спрямований на забезпечення наукової обґрунтованості та ефективності управління природними ресурсами. Здійснюючи контроль за якістю даних і враховуючи біогеографічні принципи, мережа Емеральд стане потужним інструментом для збереження природної спадщини, що в свою чергу сприятиме сталому розвитку і збереженню природного середовища. Мережу Емеральд, що знаходиться на території України зображено на [рисунку 1](#). Варто зазначити, що перелік природоохоронних територій мережі систематично оновлюється та розширюється. Так, наприклад, у 2019 році до Мережі було додано 106 нових територій, які займають площу 1,6 млн гектарів, що становить 2,6 % від загальної площі України [21].

Лісове господарство може мати різноманітний вплив на території мережі Емеральд, що може включати як позитивні, так і негативні аспекти.

Вирубка лісів для ведення лісового господарства може призводити до зменшення площі природних середовищ існування, що негативно впливає на біорізноманіття. Лісгосподарські заходи, такі як прокладання доріг і просік, розділяють природні ареали видів, що ускладнює їхню міграцію та розмноження. Ведення лісового господарства змінюють структуру та функції екосистем, що негативно впливає на гідрологічний режим, родючість ґрунтів та інші екологічні параметри. Хімічні засоби, що використовуються у лісовому господарстві забруднюють водні ресурси та негативно впливають на флору і фауну. Вирощування монокультур та імпорту нових видів рослин призводять до витіснення місцевих видів та зменшення біорізноманіття [5]. Проте добре сплановане лісове господарство може включати заходи з охорони рідкісних видів і природних середовищ існування, сприяючи збереженню біорізноманіття. Реалізація програм відновлення лісів може допомогти відновити деградовані території, що є важливим для екологічного балансу.

Лісові території використовуються для розвитку екологічного туризму, що приносить економічну вигоду та підвищує усвідомлення про важливість збереження природи. Систематичне управління лісами забезпечить сталий розвиток лісових ресурсів, що є важливим для місцевих громад та економіки. Ліси відіграють ключову роль у поглинанні вуглецю, що сприяє боротьбі з кліматичними змінами.

Таким чином, вплив лісового господарства на території мережі Емеральд є складним і багатограним, тому важливо застосовувати сталий підхід для мінімізації негативних наслідків та максимізації позитивних аспектів.

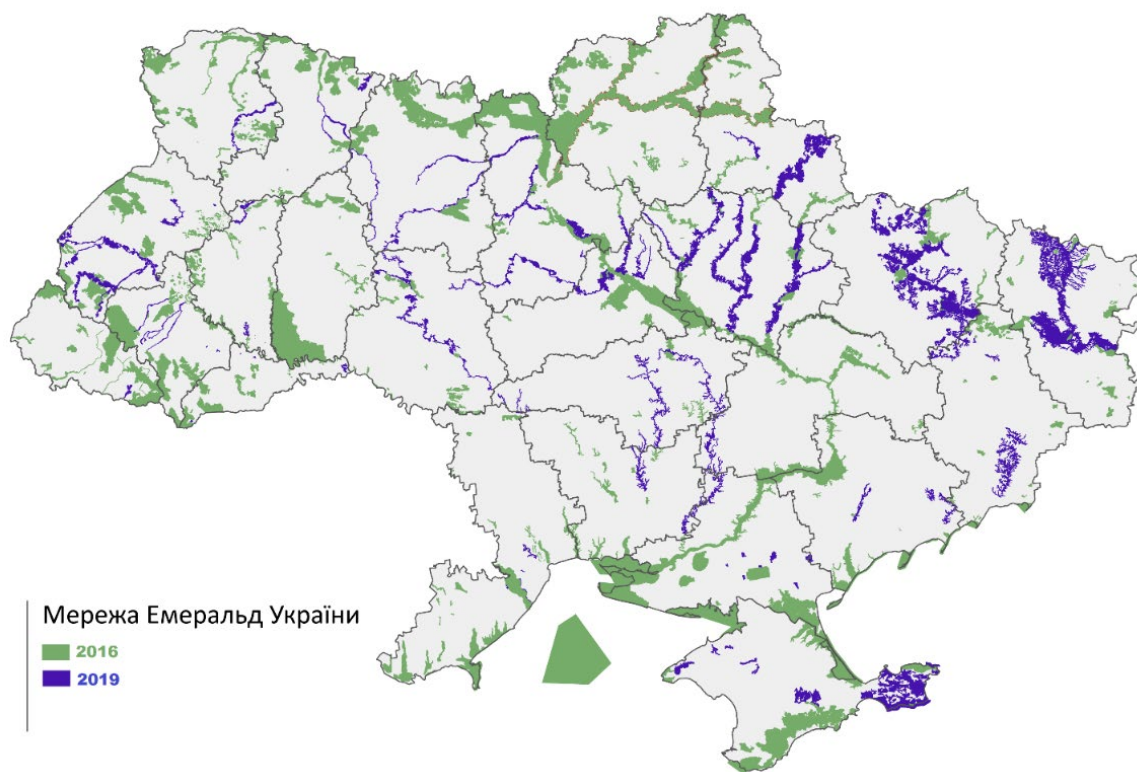


Рис. 1. Мережа Емеральд в Україні
Джерело: [2].

Мета дослідження

Метою даного дослідження є аналіз впливу лісового господарства на території Смарагдової мережі з метою мінімізації негативного впливу на природні екосистеми.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження є лісова екосистема «Городницького лісового господарства» ДП «Ліси України». Основною діяльністю об'єкта дослідження є спеціальне використання лісових ресурсів, що включає проведення суцільних рубок головного користування та санітарних рубок на площах, що перевищують один гектар [30]. Лісове господарство розташоване на територіях Новоград-Волинського та Олевського адміністративних районів західної частини Житомирської області. Загальна площа лісового господарства складає 37,562.3 га. Лісовий фонд, визначений на основі лісовпорядкування, становить 5,023.6 га, із загальним запасом стовбурової деревини в обсязі 1,339.25 тис. м³ [6].

Щорічний обсяг рубок головного користування на площі 356.8 га досягає 86.39 тис. м³. З них експлуатаційні ліси забезпечують 9.05 тис. м³ на площі 320.4 га, а рекреаційно-оздоровчі ліси – 9.05 тис. м³ на площі 36.4 га.

Планована діяльність досліджуваного підприємства передбачає використання вже наявних лісгосподарських ґрунтових доріг, а також

автомобільних шляхів загального користування з твердим покриттям [11].

Городницьке лісове господарство використовує технологічні методи для розробки лісосік, зокрема переважно механізовані способи. У процесі роботи застосовуються бензомоторні пилки та трактори, обладнані трелювальними пристроями. Процес планових рубок включає звалювання дерев, обрізання гілок і сучків, розмітку стовбура за довжиною сортиментів. У лісництві домінують підзолисті ґрунти, які займають 32,3 % площі, та дернові ґрунти – 31,3 %. Сірі лісові ґрунти покривають 20,85 % території, а болотяні – 13,4 %. Процеси ерозії не виражені, зважаючи на особливості рельєфу господарства. Однак, через нераціональні методи трелювання деревини стан ґрунтів на суцільних лісосіках є незадовільним і може погіршуватися [12].

Завданнями дослідження були: здійснення аналізу впливу планової діяльності лісового господарства, оцінка стійкості лісових екосистем, у тому числі і тих, що входять до Смарагдової мережі. Під виконання завдань були використані теоретичні та аналітичні методи дослідження, опрацювання наукових досліджень.

Результати та їх обговорення

Полтавська область є одним із малолісистих регіонів України, з лісистістю лише 8,9 %, що майже вдвічі нижче середнього показника по країні. Розораність території області досягає 61,7 %,

перевищуючи середній показник України (56 %) і значно вищий за аналогічні показники європейських країн. На загальній площі області, яка складає 2,875 млн га, сільськогосподарські землі займають 2,224 млн га, або 77,3 %. Зниження обсягів захисного лісорозведення, разом із високою розораністю території є основними факторами низької лісистості області та деградації сільськогосподарських угідь. Щоб досягти оптимального рівня лісистості в Україні (18–20 %), необхідно збільшити площу лісів на 2 млн га, з яких щонайменше 50 тис. га мають бути в Полтавській області [7].

Лісові масиви регіону розташовані в Лісостеповій природній зоні, проте лісорослинні умови південної частини наближаються до степових, що ускладнює лісогосподарську діяльність. Лісове господарство характеризується тривалим терміном виробництва (від 60 до 120 років), що знижує інвестиційну привабливість цієї галузі.

Лісовий фонд Полтавської області перебуває у користуванні як постійних, так і тимчасових лісокористувачів (на правах оренди). Постійними лісокористувачами є державні лісогосподарські підприємства Державного агентства лісових ресурсів

України (на площі 233,8 тис. га), державні підприємства Міністерства інфраструктури України (5,6 тис. га), а також підприємства інших міністерств і відомств (наукові дослідні станції, сільськогосподарські підприємства, освітні заклади, військові частини, заклади охорони здоров'я тощо) на площі 2,5 тис. га. Комунальні підприємства органів місцевого самоврядування займають 1,3 тис. га.

Тимчасовими лісокористувачами є приватні сільськогосподарські підприємства та фермерські господарства, які займають площу 12,3 тис. га, з них ліси займають 7,4 тис. га, а полезахисні лісові смуги – 4,9 тис. га. Крім того, в області існують ліси та полезахисні лісові смуги, які не були надані у власність або користування (з земель запасу) на загальну площу 37,9 тис. га, з яких 22,8 тис. га – це лісові землі, а 15,1 тис. га – полезахисні лісові смуги [8].

Серед лісового фонду Полтавської області (рис. 2) домінують захисні ліси, які складають 64,5 %, тоді як ліси природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення займають 17,2 %, а рекреаційно-оздоровчі – 18,3 %.

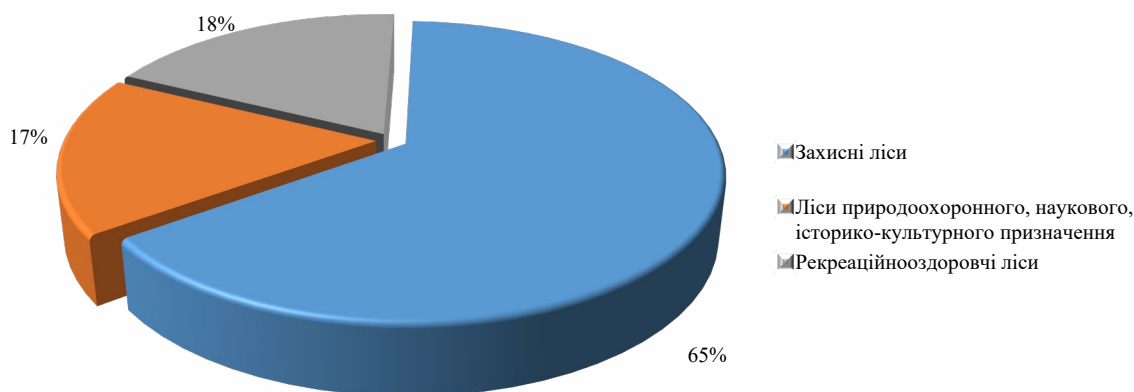


Рис. 2. Розподіл лісів Полтавської області за категоріями, %
Джерело: [22].

З урахуванням категорій лісів та виокремлення особливо захисних ділянок у захисних лісах і генетичних резерватах, приблизно 48 % насаджень виключено з розрахунків рубок головного користування. Вікова структура деревостанів Полтавської області відрізняється від оптимальної. У хвойних і твердолистяних насадженнях переважають середньовікові дерева, а молодняки становлять незначну частину. У групах м'яколистяних і твердолистяних порід спостерігається накопичення стиглих деревостанів, що зумовлено великою площею лісів, які виключені з розрахунків рубок головного користування. Середній вік деревостанів досягає 60 років. Законодавчі обмеження на лісокористування ведуть до поступового старіння лісів і погіршення їх санітарного стану.

У лісах Полтавської області, які передані в постійне лісокористування, накопичено 32,5 тис. га

стиглих і перестійних насаджень, з загальним запасом деревини 7,1 млн м³. Враховуючи, що до експлуатації допускаються лише 52 % деревостанів, процес старіння насаджень відбувається переважно за рахунок категорій лісів, у яких заборонені рубки головного користування. На площі, що допускаються до експлуатації, зосереджено 7,3 тис. га стиглих і перестійних насаджень з загальним запасом 1,8 млн м³, що становить 25 % від загальної кількості таких насаджень у лісовому фонді. Саме ці ділянки формують щорічну розрахункову лісосіку для рубок головного користування.

Серед насаджень Полтавської області переважають площі твердолистяних порід, які займають 45,1 % вкритих лісом земель. Частка хвойних насаджень складає 33,6 %, тоді як м'яколистяні породи займають 21,0 % загальної площі (рис. 3).

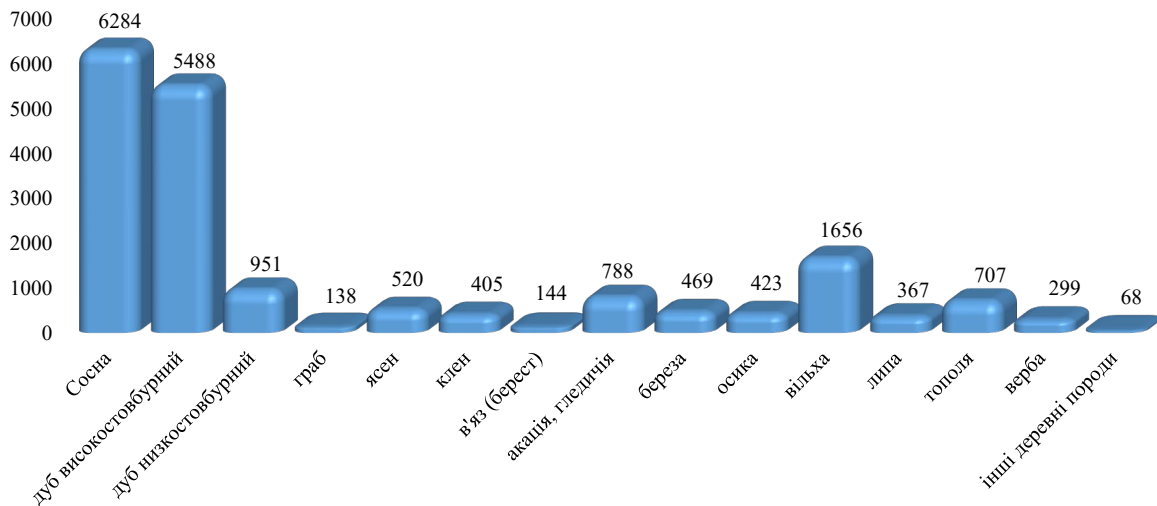


Рис. 3. Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок постійних лісокористувачів за панівними породами в Полтавській області, га
Джерело: [22].

Середній клас пожежної небезпеки в регіоні оцінюється на рівні 2,9. Підвищений рівень ризику пожеж спостерігається в хвойних лісах, незімкнутих лісових культурах, а також у насадженнях, що межують із автомобільними шляхами, населеними пунктами та дачними кооперативами.

Протягом звітної періоду в області зафіксовано 129 випадків загибелі лісових насаджень (для порівняння: у 2019 році – 26, у 2018 – 25, а в 2017 – 93 випадки). Площа лісів, які постраждали від пожеж, склала 113,0 га (зокрема, у 2019 році – 21,1 га, у 2018 – 4,46 га, а в 2017 – 170,18 га). Загальні збитки, завдані внаслідок пожеж, становили 1015,82 тис. грн (для порівняння: у 2019 році – 785,54 тис. грн, у 2018 – 20,5 тис. грн, у 2017 – 1374,9 тис. грн, з яких побічні становили 965,7 тис. грн) [7]. Заготівля деревини від рубок пов'язаних та не пов'язаних з веденням лісового господарства є невід'ємною частиною господарської діяльності постійних лісокористувачів Полтавської області (*табл. 1*).

Таблиця 1

Заготівля деревини від інших заходів пов'язаних та не пов'язаних з веденням лісового господарства в Полтавській області*

Рік	Всього	Заготівля ліквідованої деревини, тис. м ³		
		санітарні	догляду	лісовідновні
2016	431,1	328,6	29,9	0,5
2017	238,58	203,06	25,68	0,48
2018	315,4	273,5	35,8	0
2019	267,88	243,84	17,8	0
2020	290,87	273,1	14,61	0
Разом	1543,83	1322,1	123,04	0,98

*Джерело: [22].

Динаміка лісовідновних робіт з 2016 по 2019 рр. зображена у *таблиці 2*. Загальна площа проведених робіт становить 6684 га, в тому числі шляхом сприяння природному поновленню лісу на площі 816 га.

Таблиця 2

Лісовідновлення на території Полтавської області з 2016 по 2019 рр.*

Рік	Всього	Лісовідновлення, га		
		садіння лісу	висівання лісу	сприяння природному поновленню
2016	1974	1748	35	191
2017	1428	1279	10	139
2018	1138	978	-	160
2019	1221	981	33	207
2020	923	803	1	119
Разом	6684	5789	79	816

*Джерело: [22].

На ділянках, де проводяться суцільні рубки, щорічно реалізуються заходи з лісовідновлення. Основний метод лісовідновлення полягає в створенні лісових культур.

В умовах Полтавської області природне поновлення лісів обмежене через кліматичні та лісорослинні фактори, тому частка природного поновлення не перевищує 20 %. Основним підходом до відновлення лісів на зрубках та згарищах залишається закладка лісових культур, що здійснюється шляхом висадки дерев або посіву. Щороку площа лісовідновлення коливається в межах 0,9–1,9 тис. га, з яких близько 0,2 тис. га відводиться на природне поновлення лісу. Протягом останніх п'яти років роботи з лісовідновлення були проведені на площі 6684 га, з яких 816 га були відновлені шляхом підтримки природного поновлення лісу.

Зважаючи на вищу біологічну стійкість природних насаджень та потребу зменшення фінансових витрат, слід поступово збільшувати частку природного відновлення лісів до 30 %. Це можна досягти завдяки більш широкому впровадженню лісовпорядних заходів, таких як

залишення насінників, підтримка лісовідновлення шляхом мінералізації ґрунту, а також створення часткових лісових культур під покриттям лісу [9].

Протягом 2002–2015 років на території області в рамках програми консервації малопродуктивних і еродованих сільськогосподарських угідь було висаджено 13,7 тис. га захисних лісонасаджень, що становить 80 % від загальної площі нових лісів в Україні в зоні Лісостепу. Частина заліснених територій складається з рекультивованих порушених земель і захисних насаджень, створених навколо промислових об'єктів.

Однак, починаючи з 2012 року, в області спостерігається значне зменшення обсягів робіт із захисного лісорозведення, що пов'язано з браком вільних земель, придатних для заліснення, а також із припиненням фінансування цих заходів з державного бюджету.

У зв'язку з наявністю порушених земель та значними площами сільськогосподарських угідь, які потребують консервації, необхідно активізувати роботи зі заліснення малопродуктивних і деградованих земель запасу, а також крутосхилів і пісків, які вже входять до складу земель лісового фонду.

Протягом останніх п'яти років лісорозведення проводилося на площі 1078 га, однак щорічні обсяги цих робіт мали тенденцію до зниження. У регіоні заліснення здійснюється на непродуктивних землях, у ярах, балках та кар'єрах, а також шляхом створення полезахисних лісових смуг [10].

Аналіз впливу планової діяльності «Городницьке лісове господарство».

У процесі проведення лісогосподарських робіт наявні ризики витоку паливно-мастильних матеріалів та їх локального впливу на поверхню ґрунту; ризик ущільнення ґрунту внаслідок роботи транспортних засобів під час рубок головного користування та суцільних санітарних рубок.

Для збереження ґрунтового покриву розробляється та реалізується ряд заходів, спрямованих на запобігання та мінімізацію негативного впливу господарської діяльності. Планується використання тракторів з низьким тиском на ґрунт під час трелювання деревини. Запропоновано призупиняти лісозаготівлю у випадках сильного перезволоження поверхні ґрунту, а ділянки з постійно сирими ґрунтами планують розробляти лише в морозні зимові періоди. Крім того, в процесі трелювання та вивезення лісопродукції рекомендується використовувати техніку з навісним обладнанням, що допоможе уникнути пошкодження лісової підстилки стовбурами зрубаних дерев. Всі роботи з машинами та технікою (заправка, ремонт, обслуговування) мають здійснюватися в спеціально відведених приміщеннях, таких як гаражі, а не в лісі. З метою збереження водно-фізичних властивостей ґрунтів та запобігання їх ерозії на зрубках під час реалізації планованих заходів передбачається використання технологій, машин і механізмів, що забезпечать мінімальне ушкодження ґрунтів і земельних ресурсів.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу під час лісогосподарських і лісозаготівельних робіт виникають від роботи транспортних засобів і двигунів технічного обладнання. Найбільш небезпечними забруднювачами, що потрапляють у повітря, є двоокис азоту (NO), оксид вуглецю (CO) та вуглеводні, такі як пари бензину (C₈H₁₈). Серед інших забруднюючих речовин, які також можуть потрапляти у навколишнє середовище є сажа, сірчистий ангідрид та бензапірен, пилові частинки [13].

Для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря прийнято гранично допустимі концентрації (ГДК_{мр}). Під час лісозаготівельних робіт у досліджуваному підприємстві сумарна кількість викидів основних семи забруднюючих речовин становить близько 10 тонн на рік, з них близько 15 % складають сполуки I класу небезпеки, 58 % – сполуки III класу небезпеки та близько 30 % відносяться до IV класу небезпеки. У виробничій діяльності підприємства не виявлено негативних факторів, які можуть впливати на життя місцевого населення. Викиди від роботи обладнання по спалюванні порубкових залишків під час планованої діяльності Городницького лісгоспу становлять: N₂O – 0,05 тонни на рік; NO₂ – 1,75 тонни на рік; CH₄ – 0,02 тонни на рік [23]. Встановлено, що діяльність господарства може впливати на клімат регіону, зокрема через зменшення обсягу евапотранспірації в лісових насадженнях. Однак цей вплив є тимчасовим, оскільки на ділянках, де проводяться рубки, здійснюються заходи, спрямовані на відновлення лісових насаджень. На території підприємства немає особливих кліматичних умов, які могли б посилити негативний вплив діяльності господарства на навколишнє середовище [14]. Заплановані заходи підприємства проводяться на територіях природно-заповідного фонду, що охоплюють площі Городницького лісгоспу.

З метою збільшення лісистості території до науково обґрунтованого рівня та підвищення ресурсного і екологічного потенціалу лісів необхідним збереження біологічного різноманіття лісових екосистем і підвищення їх стійкості до негативних впливів навколишнього середовища, що викликані зростанням техногенного навантаження та змінами клімату.

Аналіз лісовкритих територій Полтавської області, що входять до Смарагдової мережі.

Окремі лісовкриті території Полтавській області включені до Смарагдової мережі (Emerald Network) та мають важливе значення для збереження біологічного різноманіття. Ця мережа є частиною зусиль для охорони природних оселищ і видів, що знаходяться під загрозою зникнення, згідно з Бернською конвенцією [18, 19].

Розташування значної частини територій мережі Емеральд України на землях державного лісового фонду дозволяє використовувати інструменти, розроблені в рамках лісового законодавства, для проектування та управління цими територіями. Одним з таких інструментів є плани лісонасаджень,

які є доступними детальними картами лісів України та містять інформацію про їх породний і віковий склад. Дані плани містять багатий обсяг даних, які можуть бути корисні для охорони природи і використовуються на різних етапах створення лісових територій мережі Емеральд. На планах також відображені дані про переважаючу деревну породу, ділянки зі штучною лісовою культурою, заболоченість окремих виділів, розташування доріг, стежок, водойм, меліоративних каналів і різних елементів господарської інфраструктури. Інформація про категорії лісів на планах дозволяє точно визначити місця, що входять до природно-заповідного фонду, а також ідентифікувати існуючі заборони та обмеження на проведення лісогосподарських робіт. Варто зазначити, що плани зазвичай оновлюються кожні десять років під час базового лісовпорядкування, тому можуть не містити відомостей про нещодавні рубки, наслідки пожеж або інші зміни в лісовій площі.

Плани лісонасаджень є важливим інструментом у роботі з мережею Емеральд. По-перше, на стадії планування польових досліджень вони допомагають створювати маршрути, які обминають малозначущі лісові культури, молоді насадження та інші низькоцінні ділянки. Водночас ці плани можуть бути використані для виявлення потенційних оселищ, що зазначені в Резолюції 4 Бернської конвенції та інших документах. Крім того, лісогосподарські підприємства часто мають дані про наявність рідкісних видів, зазначених у Червоній книзі України та без наявності планів знайти ці ділянки вкрай складно. Плани лісонасаджень сприяють оптимізації структури територій, що включаються до мережі Емеральд. Завдяки цим планам можна виключити з територій Мережі лісові розсадники, ріллю та штучні ліси, представлені монокультурами (особливо молодняками), що дозволяє зменшити потенційні конфлікти з користувачами лісу і спростити подальшу розробку менеджмент-планів для територій Мережі.

Якісні плани лісонасаджень можуть бути використані в польових умовах як базова карта для GPS-навігаторів. Вони також можуть слугувати основою для створення векторних полігонів об'єктів у геоінформаційних системах (ГІС). Обидва ці підходи дозволяють уникнути включення до складу територій мережі Емеральд малозначущих з природоохоронної точки зору об'єктів [15–17, 20].

Висновки

Смарагдова мережа створена з метою збереження видів та оселищ, що мають особливе значення для Європи, і тому будь-яка господарська діяльність тут повинна відповідати екологічним стандартам та бути екологічно збалансованою. Стратегія сталого лісокористування на територіях Смарагдової мережі полягає в гармонізації економічних інтересів лісової промисловості з необхідністю збереження біорізноманіття та екологічних функцій лісів.

Проведений аналіз впливів лісового господарства на території Смарагдової мережі дозволив сформулювати низку рекомендацій спрямованих на мінімізацію негативного впливу на природні екосистеми та збалансоване використання лісових ресурсів:

- застосування вибіркового рубок, що дозволить зберегти структуру лісу, підтримуючи природне поновлення деревостану;

- виявлення та охорона ключові оселища видів, що мають особливе екологічне значення, зокрема оселища, внесені до Резолюцій 4 та 6 Бернської конвенції;

- забезпечення умов для природного поновлення лісів;

- використання технологій лісокористування, які зменшують негативний вплив на екосистеми та впровадження технологій відновлення лісів після рубок з використанням місцевих видів рослин;

- створення буферних зон навколо територій з особливо вразливими екосистемами або видами, що потребують охорони;

- впровадження систематичного моніторингу лісокористування;

- співпраця з науковцями з метою оновлення інформації про наявність рідкісних і вразливих видів флори та фауни в лісових насадженнях, розробки обґрунтованих планів лісокористування, впровадження науково-обґрунтованих рішень.

Впровадження даних рекомендацій в управлінські рішення сприятиме зменшенню негативного впливу лісогосподарської діяльності на територіях Смарагдової мережі, забезпечуючи збереження біорізноманіття та екосистем у довгостроковій перспективі.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Vasyliuk, O., Borysenko, K., Kuzemko, A., Marushchak, O., Tiestov, P., & Hrynyk, Ye. (2019). *Proektuvannia i zberezhenia terytorii merezhi Emerald (Smaragdovoi merezhi). Metodichni materialy*. Kyiv: «LAT & K» [in Ukrainian]
2. Interaktyvna Baza danykh vydiv Rezoliutsii 6 ta spysok terytorii Emerald v Ukraini: Retrieved from: <http://emerald.net.ua>
3. Gormiz, O. (2020). Analysis of the state of implementation of the procedure for environmental impact assessment in the Chernigiv region. *Young Scientist*, 6 (82). <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-6-82-6>
4. *Nablyzhennia ekolohichnoho zakonodavstva do prava YeS. Yevropeiska intehtatsiia u sferi ekolohichnoi otsinky: OVD ta SEO*. (2017). Kyiv.
5. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm dopustymykh rivniv shumu v prymyshchenniakh zhytlovykh ta hromadskykh budynkiv i na terytorii zhytlovoi zabudovy. MOZ Ukrainy. Nakaz, Normy vid 22.02.2019 № 463. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19#Text> [in Ukrainian]
6. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh pravyl planuvannia ta zabudovy naselenykh punktiv. MOZ Ukrainy. Nakaz, Pravyla vid 19.06.1996 № 173. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text> [in Ukrainian]

7. Metera, D., Pezold, T., & Wojciech, P. (2005). *Implementation of Natura 2000 in New EU Member States of Central Europe. Assessment Report*. Warsaw: IUCN. Retrieved from: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2005-117.pdf>
8. Polianska, K. V., Borysenko, K. A., Pavlachyk, P., Vasyliuk, O. V., Marushchak, O. Yu., Shyriaieva, D. V., Kuzemko, A. A., Oskyrko, O. S., Nekrasova, O. D., Kutsokon, Yu. K., Balashov, I. O., Vynokurov, D. S., Vasheniak, Yu. A., Moisiienko, I. I., Domashevskiy, S. V., Viter, S. H., Plyha, A. V., Martynov, O. V., Smirnov, N. A., Spinova, Yu. O., Diatlova, O. S., Roman, A. M., Bohomaz, M. V., & Bezsmertna, O. O. (2017). *Zaluchennia hromadskosti ta naukovtsiv do proektuvannia merezhi Emerald (Smarahdovoi merezhi) v Ukraini*. Kyiv. Retrieved from: <https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2019/05/zaluchennia-gromadskosti-EmeraldNetUkr.pdf> [in Ukrainian]
9. Derzhavni sanitarni normy vyrobnychoi zahalnoi ta lokalnoi vibratsii DSN 3.3.6.039-99. MOZ Ukrainy. Normy vid 01.12.1999 № 39. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text> [in Ukrainian]
10. Pro otsinku vplyvu na dokillia/ Zakon Ukrainy vid 23.05.2017 № 2059-VIII. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> [in Ukrainian]
11. Kuzemko, A., Sadohurska, S., Borysenko, K., & Vasyliuka, O. (2017). *Tlumachnyi posibnyk oselyshch Rezoliutsii № 4 Bernskoi konventsii, shcho znakhodiat'sia pid zahrozoiu i potrebuut spetsialnykh zakhodiv okhorony. Tretii proekt versii 2015 roku*. Kyiv [in Ukrainian]
12. Vasyliuk, O. V., Spinova, Yu. O., Sadohurska, S. S., Bronskova, O. M., Kazarinova, H. O., Bronskov, O. I., Honcharov, H. L., Chusova, O. O., Yarotska, M. O., Kuzemko, A. A., Vasheniak, Yu. A., & Shcherba, Yu. (2018). *Smarahdova merezha Donetskoï oblasti*. Kharkiv [in Ukrainian]
13. Maltby, E., & Barker, T. (Eds.). (2009). *The Wetlands Handbook*. <https://doi.org/10.1002/9781444315813>
14. Pawlaczek, P., Kepel, A., Jaros, R., Dzieciolowski, R., Wylegała, P., Szubert, A., & Sidło, P. O. (2004). *Natura 2000 Shadow List in Poland. Detailed Analysis of Habitat Directive Implementation. Synthetic Approach to Bird Directive Implementation*. Warszawa. Retrieved from: http://eko.org.pl/lkp/n2k/shadow_list_natura2000_en.pdf
15. Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha. Zakon Ukrainy vid 25.06.1991 № 1264-XII. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> [in Ukrainian]
16. Maxted, N., & Kell, S. (2021). Establishing a European in situ conservation network of sites and stakeholders. *Crop Wild Relative*, 36–38.
17. Kolodezhna, V. (2023). Emerald network in Ukraine. *Ukraine War Environmental Consequences Work Group*. Retrieved from: <https://uwecworkgroup.info/emerald-network-in-ukraine/>
18. Soshenskyi, O. M., Zibtsev, S. V., Tierientiev, A. Yu., & Vorotynskyi, O. G. (2021). Social and environmental consequences of catastrophic forest fires in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12 (3), 21–34. <https://doi.org/10.31548/forest2021.03.002>
19. Updated list of officially adopted emerald sites (october 2016). (2016). *Convention on the conservation of european wildlife and natural habitats. Standing Committee 36th meeting Strasbourg, 15-18 November 2016*. Strasbourg. Retrieved from: <https://rm.coe.int/1680746901>
20. The Emerald Network: A Network of Areas of Special Conservation Interest for Europe. Explanatory document and compilation of relevant texts. (2016). *Convention on the conservation of european wildlife and natural habitats. Strasbourg, 10 June 2016*. Strasbourg. Retrieved from: <https://rm.coe.int/168074669d>
21. Informatsiia pro Smarahdovu merezhu teper dostupna v interneti! (2020). *Ukrainska pryrodookhoronna hrupa (UNCG)*. Retrieved from: <https://uncg.org.ua/pro-smarahdovu-merezhu-v-interneti/> [in Ukrainian]
22. *Rehionalna prohrama okhorony dokillia, ratsionalnoho vykorystannia pryrodnykh resursiv ta zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky z urakhuvanniam rehionalnykh prioritytiv Poltavskoi oblasti na 2022–2027 roky («Dovkillia - 2027»)*. (2021). Poltava [in Ukrainian]
23. Proekt orhanizatsii i rozvytku lisovoho hospodarstva DP «Horodnytske LH» (2017). Irpin [in Ukrainian]

ORCID

Taranenko A. 

<https://orcid.org/0000-0002-1305-939X>



© 2025 Taranenko 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.

The effectiveness of growth completion of one pen, one animal and unit of gain of pure bred, mixed bred and cross bred piglets of different breeding direction

M. Kremez¹ | O. Myronenko² | L. Kuzmenko² | B. Shaferivskiy² | T. Karunna² | O. Fesenko² | M. Ilchenko²

Article info

Correspondence Author

M. Kremez

E-mail:

nikolajkremez@gmail.com

¹ Sumy National Agrarian University,
160 Herasyma Kondratieva str., Sumy, 4000, Ukraine

² Poltava State Agrarian University,
1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Kremez, M., Myronenko, O., Kuzmenko, L., Shaferivskiy, B., Karunna, T., Fesenko, O., & Ilchenko, M. (2025). The effectiveness of growth completion of one pen, one animal and unit of gain of pure bred, mixed bred and cross bred piglets of different breeding direction. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 101–109. doi: 10.31210/spi2025.28.01.17

The effectiveness of growth completion of one pen, one animal, and unit of gain at pure breeding, pure line breeding, crossing and cross-breeding of maternal and paternal lines under the conditions of pork industrial production was studied in the article. It was established that the use of cross-breeding at piglets' growth completion favored raising their growth intensity by 15.1 % and by 19.4 % of pen weight by the end of growth completion, improving feed conversion rate by 1.7 %, decreasing the cost of 1 kg of weight gain by 3.9 %. This, in its turn, affected the rise profitability level of one piglet and one pen growth completion by 18.0 % as well as the profit increase from growth completion of one piglet by 20.5 % in comparison with piglets' pens of Large White and Landrace breeds' crosses. The exceeding of cross bred piglets over the maternal parent forms as to one head absolute weight gain by 22.5 % and the total gains of one piglet pen by 32.3 % during growth completion period was established as well as the increase by 19.2 % of one piglet weight and by 28.6 % of pen weight at the end of growth completion period. This favored the improvement of feed conversion by 5.4 %, the decrease in the cost of 1 kg weight gain by 7.6 % and by 11.0 % of live weight at the end of growth completion, the growth of market value of one piglet by 12.7 % and the pen – by 28.6 %, the increase by 34.0 % of the income from growth completion of one piglet and by 12.5 % of 1 kg live weight, and by 44.7 % of the profitability of their pen growth completion, which affected the profitability level increase of one piglet and the pen growth completion by 26.3 % in comparison with the pens of pure-bred animals of Large White and Landrace breeds. It was established that the advantage of synthetic paternal line over cross-bred piglets concerning growth intensity during the completion reached 2.7 % and one piglet weight at the end of the period rose by 5.3 %. Feed conversion improved by 8.0 %, food consumption by one piglet during growth completion decreased 5.1 %, the operation cost of one piglet growth completion lowered by 4.5 %, the cost of 1 kg weight gain by the end of growth completion decreased by 7.4 % and market value of one piglet rose by 5.3 %. At the same time, the cross bred animals exceeded the paternal parent genotype as to the total piglet pen gains by 52.1 % during the period of growth completion, by 47.1 % – as to pen weight by the end of the period, by 62.3 % as to operation cost of piglets' pen growth completion. The pen live weight cost at the end of completion decreased by 36.4 %; its market value rose by 47.1 %, and the profit increased by 1.9 % from one piglet growth completion, and from 1 kg live weight – by 7.6 %. The profitability of pen growing rose by 58.2 %, which favored the increase in profitability level by 16.0 % of one piglet and the pen completion in comparison with the pens of pure-bred piglets of PIC-337 synthetic paternal line

Keywords: growth completion, piglet, synthetic line, pure breeding, crossing, cross-breeding, growth intensity, cost, income, profitability

Ефективність дорощування гнізда, однієї тварини та одиниці приросту чистопородних, помісних та гібридних поросят різного селекційного спрямування

М. І. Кремез¹ | О. І. Мироненко² | Л. М. Кузьменко² | Б. С. Шаферівський² | Т. І. Карунна² | О. Г. Фесенко² | М. О. Ільченко²

¹ Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

² Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

В статті досліджувалась ефективності дорощування одного гнізда, однієї тварини, одиниці приросту, за чистопородного, чистолінійного розведення, схрещування та гібридизації материнських і батьківських ліній, в умовах промислового виробництва свинини. Встановлено, що використання гібридизації при дорощуванні підсвинків сприяло підвищенню інтенсивності їх росту на 15,1 %, на 19,4 % маси гнізда на кінець дорощування, покращенню на 1,7 % конверсії корму, зниженню на 3,9 % собівартості 1 кг приросту. Це в свою чергу позначилося на зростанні рівня рентабельності дорощування одного поросяти та гнізда на 18,0 %, збільшенню на 20,5 % доходу від дорощування одного підсвинку порівняно з гніздами помісних підсвинків великої білої та ландрас порід. Встановлено перевернення гібридів над материнськими вихідними формами за абсолютними приростами однієї голови на 22,5 % та валовими приростами гнізда підсвинків за період дорощування на 32,3 %, на 19,2 % за масою одного підсвинку та на 28,6 % масою їх гнізда на кінець дорощування. Це сприяло покращенню конверсії корму на 5,4 %, зниженню на 7,6 % собівартості 1 кг приросту та на 11,0 % 1 кг живої маси на кінець дорощування, підвищенню ринкової вартості одного підсвинку на 12,7 % та їх гнізда на 28,6 %, збільшенню на 34,0 % доходу, від дорощування одного підсвинку та на 12,5 % на 1 кг живої маси і на 44,7 %, дохідності вирощування їх гнізда, що вплинуло на зростання рівня рентабельності дорощування одного поросяти та їх гнізда на 26,3 %, порівняно з гніздами чистопородних підсвинків великої білої та ландрас порід. Встановлено перевернення тварин синтетичної батьківської лінії над гібридними поросятами за інтенсивністю росту під час дорощування на 2,7 %, на 5,3 % за масою одного підсвинку по його завершенню, покращенню конверсії корму на 8,0 %, зниженню на 5,1 % витрат кормів одним підсвинком під час дорощування, на 4,5 % операційної собівартості дорощування одного підсвинку, на 7,4 % собівартості 1 кг приросту на кінець дорощування, та підвищенню на 5,3 % ринкової вартості одного підсвинку. Водночас констатовано перевернення гібридів над батьківським вихідним генотипом за валовими приростами гнізда підсвинків за період дорощування на 52,1 %, за масою гнізда по його завершенню на 47,1 %, на 62,3 % за операційною собівартістю дорощування гнізда поросят, на 36,4 % за собівартістю живої маси гнізда на кінець дорощування, підвищенню на 47,1 % ринкової його вартості, та збільшенню на 1,9 % доходу, від дорощування одного підсвинку та 1 кг живої маси і на 7,6 %, на 58,2 % дохідності вирощування їх гнізда, що посприяло зростанню рівня рентабельності дорощування одного поросяти та їх гнізда на 16,0 %, порівняно з гніздами чистопородних підсвинків синтетичної батьківської лінії PIC-337.

Ключові слова: дорощування, підсвинки, синтетична лінія, чистопородне розведення, схрещування, гібридизація, інтенсивність росту, собівартість, дохід, рентабельність.

Бібліографічний опис для цитування: Кремез М. І., Мироненко О. І., Кузьменко Л. М., Шаферівський Б. С., Карунна Т. І., Фесенко О. Г., Ільченко М. О. Ефективність дорощування гнізда, однієї тварини та одиниці приросту чистопородних, помісних та гібридних поросят різного селекційного спрямування. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 101–109.

Вступ

Як зазначають дослідники [1–3], етап дорошування поросят має вирішальне значення у свинарстві, оскільки саме в цей період забезпечується підготовка молодняку до подальшої відгодівлі, а також адаптація їхнього шлунково-кишкового тракту до перетравлення кормів, які містять значну частку рослинних компонентів. На думку Х. А. Мурільо [4], головною метою цього етапу є стимулювання інтенсивного росту поросят із досягненням середньодобового приросту ваги у 450–550 г, ефективної конверсії корму на рівні 1,3–1,7 кг та зниження відсотка відходу до 2–3 %.

Як вказують дослідження [5, 6], початок періоду дорошування є одним із найважливіших і найскладніших етапів у житті поросят. У цей час тварини зазнають численних стресових впливів, серед яких відлучення від свиноматки, зміна умов утримання, перегрупування та адаптація до нових видів корму. Вдовиченко Ю. В. та ін. [7], зазначають, що ці фактори можуть викликати уповільнення приросту ваги в перші дні після відлучення. Водночас, за умов належного догляду, вже протягом першого тижня після відлучення приріст ваги може становити 200 г на добу, поступово досягаючи 500 г на добу до 49–50 дня.

Продуктивність поросят у період дорошування визначається багатьма факторами, серед них оптимальні умови утримання [8–11], тип годівлі [12–14], а також тривалість періоду дорошування [15], початкова маса тіла [16, 17], стать і сезон [18].

Також дослідження [19–23], засвідчують, що генотип поросят значною мірою впливає на їхню продуктивність у період дорошування. Генетична складова визначає стійкість до стресу, темпи росту, ефективність використання кормів, стійкість до захворювань. Згідно з проведеними дослідженнями, помісні та гібридні поросята суттєво переважають чистопородних за рахунок ефекту гетерозису, який забезпечує покращені показники росту, адаптації та конверсії корму. Як зазначають [24], використання схрещування у свинарстві є поширеною практикою завдяки перевагам гібридної сили та породної сумісності. Однак, на думку [25], такі досягнення у продуктивності не передаються наступним поколінням, що акцентує увагу на важливості збереження чистопородних ліній для подальшого вдосконалення і забезпечення ефективного схрещування.

Через те, що відтворні та відгодівельні ознаки свиней мають різноспрямоване успадкування, ефект гетерозису під час схрещування не завжди вдається реалізувати повною мірою. У зв'язку з цим у сучасному свинарстві дедалі частіше застосовують удосконалений підхід – внутрішньопородну або породно-лінійну гібридизацію [26, 27]. Цей метод передбачає окрему селекцію материнських і батьківських ліній. Зокрема, материнські породи які найчастіше представлені великою білою і ландрас породами, спрямовані на покращення відтворних характеристик. Натомість батьківські (термінальні) лінії, до яких зазвичай належать породи дюрок, п'єтрен або їхні помісі, розводяться для підвищення

продуктивності відгодівлі та поліпшення якості туш. Кожна з цих ліній піддається окремій селекції та періодичній перевірці на комбінаційну здатність [28–30], що забезпечує ефективність гібридизації та стабільне зростання продуктивності свиней. Як зазначає [31], генотип має значний вплив на темпи росту свиней. Наприклад, породи, селекціоновані для швидкого приросту ваги, такі як дюрок і гемпшир, зазвичай демонструють вищі темпи росту порівняно з породами, які не мають таких генетичних характеристик. Це підтверджується дослідженнями [32], в яких тварини порід дюрок та гемпшир проявили суттєво вищу інтенсивність росту порівняно з аналогами великої білої та ландрас порід. При порівнянні інтенсивності росту порід гемпшир та ландрас [33] встановили вищу швидкість росту та кращу оплату кому у свиней породи гемпшир. Результати досліджень [34] показали переваги в інтенсивності росту трипородних помісей DLY над аналогами від двопородного схрещування ландрас та йоркшира, але нижчу в порівнянні з чистопородними тваринами дюрок. Також в дослідженнях [35–38] встановлено, що поросята від схрещування DLY у середньому мали вищий добовий приріст ніж від схрещування PLY. Також в дослідженнях [39] встановлена краща збереженість поросят під час дорошування у трипородних помісей DLY порівняно з вихідними батьківськими формами.

Дослідження [40] показало відмінності у швидкості росту гібридних поросят данського та канадського походження в період дорошування. Хоча собівартість дорошування однієї голови була майже однаковою, поросята канадського походження мали нижчу вартість приросту 1 кг живої маси, проте їх загальна собівартість після завершення дорошування була вищою. У той же час ці поросята забезпечували більший дохід від реалізації та вищий рівень рентабельності порівняно з їхніми ровесниками данського походження.

Як вказують [41], ефективність використання кормів значною мірою залежить від генотипу та методу розведення, оскільки вони визначають здатність свиней засвоювати поживні речовини. Дослідники [42] зазначають, що різні генотипи відрізняються за роботою травної системи та метаболічними шляхами, що впливає на їхню здатність перетворювати корм на м'язову масу. Деякі генотипи демонструють високу ефективність засвоєння, тоді як інші характеризуються меншою продуктивністю у цьому напрямку. Цю точку зору підтверджує [43], які зазначають, що генетична схильність до засвоєння корму визначається активністю генів, відповідальних за регуляцію апетиту та метаболізму. Такі гени впливають на апетит, засвоєння поживних речовин і їх ефективне використання. Зокрема, генетичні варіації, які регулюють обмін білків, жирів і вуглеводів, мають значний вплив на ефективність кормової конверсії, що є важливим чинником у підвищенні продуктивності свинарства та економічної рентабельності галузі. Так в дослідженнях [44, 39] за класичної трипородної гібридизації свині від поєднання DLY кращу ефективність використання кормів порівняно з поєднаннями PLY.

Помісні поросята є оптимальним компромісом між високою продуктивністю та економічною ефективністю, тоді як чистопородні тварини краще підходять для селекційних програм та спеціалізованих виробничих завдань. За повідомленнями [45], трипородні помісі та гібриди за участю чистопородних та синтетичних батьківських ліній мали суттєві розбіжності в інтенсивності росту які обумовлені генотипом батьківської форми. Так згідно з дослідженням [46], у процесі дорощування помісі ландрас×дюрок та трипородні гібриди велика біла×ландрас×дюрок продемонстрували незначні відмінності за рівнем середньодобового приросту, добового споживання корму та його конверсії.

У той же час, за даними [47], в умовах промислового виробництва в Україні спостерігалися суттєві переваги помісних і гібридних свиней над чистопородними. У його дослідженнях були представлені економічні вигоди від використання ефекту гетерозису при схрещуванні іноземних селекційних ліній із вітчизняними породами.

Оскільки більшість промислових підприємств України, за даними [49], використовують переважно іноземні породи й лінії свиней, важливо проводити перевірку їхньої продуктивності та поєднувальної здатності в специфічних умовах України. Це особливо актуально для технологічно чутливої групи свиней на етапі дорощування, який, за повідомленнями [5, 7, 17], характеризується значним рівнем стресових факторів.

Таблиця 1

Схема досліджень

Показник	Напрямок селекції і метод розведення			
	материнські породи	батьківська лінія	схрещування, середні показники	гібридизація, середні показники
Група свиней	I	II	III	IV
Порода та породність свиней	ВБ; Л	PIC337	$\frac{1}{2}$ ВБ $\frac{1}{2}$ Л; $\frac{1}{2}$ Л $\frac{1}{2}$ ВБ	$\frac{1}{4}$ ВБ $\frac{1}{4}$ Л $\frac{1}{2}$ PIC337; $\frac{1}{4}$ Л $\frac{1}{4}$ ВБ $\frac{1}{2}$ PIC337
Тривалість підсисного періоду, діб	21	21	21	21
Кількість поросят під час дорощування, голів	75	75	75	75
Тривалість дорощування, днів	51	51	51	51

Зоотехнічні показники, такі як багатоплідність, кількість поросят у гнізді, середня маса одного поросяти та загальна маса гнізда при відлученні, кількість поросят, їх маса та маса одного підсвинка, абсолютний приріст одного підсвинка і валовий приріст гнізда після завершення дорощування, визначали за загальноприйнятими методиками [50].

Валовий приріст гнізда поросят та абсолютний приріст одного підсвинку під час дорощування, ефективність використання кормів, кормову та операційну собівартість дорощування 1 го підсвинку та гнізда поросят, ринкову їх вартість на кінець дорощування, дохід від дорощування одного підсвинку та їх гнізда і рентабельність дорощування однієї голови та гнізда поросят визначали за методикою С. Ю. «Визначення економічної ефективності наукових досліджень у свинарстві» викладеній в підручнику [50]

Мета дослідження

Метою нашого дослідження було встановлення ефективності дорощування материнських і батьківських ліній, а також їх гібридів англійського походження в умовах промислового виробництва свинини, що й становить мету нашого дослідження.

Матеріали і методи

Для оцінки економічної ефективності розведення материнських і батьківських ліній свиней за чистопородного, чистолінійного розведення, схрещування та гібридизації було здійснено аналіз економічних показників отримання, дорощування одного гнізда, однієї тварини, одиниці приросту, а також 1 кг живої маси свиней по завершенню дорощування. Ця оцінка базувалася на результатах вивчення їхніх відтворювальних і властивостей та інтенсивності росту і ефективності засвоєння кормів під час дорощування.

З цією метою були використані показники продуктивності материнських порід великої білої та ландрас при їх чистопородному розведенні, свиней синтетичної лінії PIC-337 при чистолінійному розведенні, а також продуктивність помісних тварин материнських порід великої білої та ландрас. Крім того, було проаналізовано продуктивність гібридних свиней, отриманих від схрещування помісних маток велика біла×ландрас та ландрас×велика біла з кнурами синтетичної лінії PIC-337 (*табл. 1*).

Обробку даних, отриманих у ході експериментальних досліджень, здійснювали за допомогою методів біометрії відповідно до методики [51], із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel. Статистична достовірність результатів визначалася за трьома рівнями значущості: перший – $p < 0,05$, другий – $p < 0,01$ і третій – $p < 0,001$.

Результати та їх обговорення

Під час дорощування поросят також встановлена залежність продуктивних якостей свиней, як від напряму селекції так і від методу їх розведення. Аналіз ефективності різних методів розведення свиней англійського походження з різними векторами селекції під час їх дорощування базується на ключових показниках, які наведені в *табл. 2* з якої витікає, що за рахунок найбільш високої генетично обумовленої швидкості росту найбільшої маси за

51 добу дорощування набрали підсвинки батьківської синтетичної лінії (II група). Вони вірогідно ($p<0,001$) перевершували за цим показником чистопородних підсвинків материнських ліній на 7,1 кг, помісних одностатевих материнських ліній на 5,5 кг та гібридних тварин на 1,8 кг ($p<0,01$). В свою чергу гібридні підсвинки вірогідно ($p<0,001$) переважали на 5,2 кілограма за масою по завершенню дорощування чистопородних аналогів та на 3,7 кг помісних від схрещування свиней материнських генотипів. Тоді як різниця в масі по завершенню дорощування між чистопородними і помісними тваринами материнських генотипів була невірогідною і склала всього 1,60 кг.

Нерівне щодобове споживання корму тваринами різних груп спричинило за однаковий період

дорощування різну його кількість спожиту в розрахунку на одного підсвинка. Найбільше кормів витратили під час цього періоду гібридні поросята четвертої дослідної групи, у яких цей показник виявився на 5,5 кг більше ніж у помісних тварин, на 6,4 ніж чистопородних тварин материнських генотипів і на 2,3 кг в порівнянні з тваринами синтетичної батьківської лінії. В свою чергу помісні тварини третьої групи спожили корму на 1,0 кг більше порівняно з чистопородними своїми аналогами, але на 3,2 кг менше порівняно з тваринами батьківської синтетичної лінії, які в свою чергу на 4,2 кг спожили його більше ніж їх чистокровні ровесники материнських ліній.

Таблиця 2

Ефективність дорощування одного чистопородного, помісного та гібридного поросяти та 1 кг його живої маси за різного напрямку селекції

Показник	Напрямок селекції і метод розведення			
	материнські породи	батьківська лінія	схрещування середні показники	гібридизація середні показники
Група свиней	I	II	III	IV
Маса 1 го підсвинку на кінець дорощування, кг	27,4±0,31	34,5±0,63 <i>aaa;ddd; ee</i>	29,0±0,37	32,6±0,29 <i>ccc; fff</i>
Витрати корму на 1 голову під час дорощування, кг	40,5	44,7	41,5	46,9
Кормова собівартість дорощування 1 го підсвинка, грн	712,7	772,5	730,0	807,2
Операційна собівартість дорощування одного підсвинку, грн	910,2	986,6	932,3	1030,9
Собівартість одного підсвинка на кінець дорощування, грн	1397,6	1687,8	1410,6	1482,5
Собівартість 1 кг приросту маси за час дорощування, грн	41,6	35,8	40,0	38,4
Собівартість 1 кг живої маси на кінець дорощування, грн	51,0	49,0	48,7	45,4
Вартість одного підсвинку на кінець дорощування, грн	2629,0	3308,0	2780,2	3132,9
Дохід від дорощування одного підсвинку, грн	1231,3	1620,3	1369,5	1650,4
Рентабельність дорощування одного підсвинку, %	88,6	97,6	97,6	111,9

Примітки: вірогідність – ^a – 2 до 1; ^b – 3 до 1; ^c – 4 до 1; ^d – 3 до 2; ^e – 4 до 2; ^f – 4 до 3.

Різна кількість спожитого корму, який мав схожу ціну, спричинила різну кормову собівартість вирощування одного підсвинку. Найвищою вона виявилась у гібридних поросят четвертої групи і склала 807,2 грн, що на 77,3 грн більше ніж у помісних тварин, на 94,5 грн ніж у чистопородних тварин материнської лінії, та на 34,7 кг порівняно з аналогами батьківської синтетичної лінії. Водночас помісні тварини третьої групи мали нижчу на 42,6 грн кормову собівартість дорощування порівняно тваринами батьківської лінії, але на 17,3 грн її вищу в порівнянні з чистопородними тваринами материнських ліній.

Операційна собівартість вирощування одного підсвинку щільно прив'язана до кормової собівартості і мала таку ж саму тенденцію як і остання. Найвищою вона виявилась у гібридних поросят 1030,9 грн, тоді як у помісних тварин вона була на 77,3 грн меншою і на 120,7 грн меншою порівняно чистопородними тваринами материнських ліній та на 44,3 грн в порівнянні з тваринами батьківських ліній. Помісні тварини третьої групи мали операційну собівартість на 54,4 грн нижчу порівняно з тваринами батьківської

лінії, але на 22,0 грн вищу порівняно з чистопородними тваринами материнських ліній. Тоді як тварини батьківської лінії мали на 76,4 грн вищу собівартість порівняння материнськими лініями.

Собівартість одного підсвинку на кінець дорощування складається із його вартості на початок цього періоду та собівартості самого дорощування. З таблиці витікає, що найнижча собівартість підсвинку на кінець дорощування була у тварин батьківської синтетичної лінії, що на 290,1 грн вище ніж у тварин першої групи, на 277,1 грн ніж у тварин третьої групи та на 205,3 грн порівняно з тваринами четвертої групи. Тоді як останні мали дещо вищу собівартість одного підсвинку на 84,8 грн порівняно чистопородними тваринами материнських ліній та на 71,8 грн порівняно з їх помісями.

Водночас собівартість одного кілограма приросту завдячуючи різній енергії росту в період дорощування мала зовсім іншу тенденцію. Найвищою вона виявилась у тварин контрольної групи 41,60 грн, тоді як у помісних тварин материнських генотипів вона була нижчою на 1,6 грн, у гібридних підсвинків на

3,1 грн та у лінійних тварин батьківської лінії на 5,8 грн. Тоді як собівартість 1 кг живої маси на кінець дорощування виявилось найменшою у гібридних тварин – 45,4 грн, що на 3,3 грн менше ніж помісних тварин, на 3,6 грн ніж у тварин батьківської лінії і на 5,6 грн в порівнянні чистопородними тваринами материнської лінії.

Різна жива маса підсвинків по завершенню дорощування визначила і різну їх реалізаційну вартість на цей час. Найвищою реалізаційною вартістю відзначалися свині синтетичної батьківської лінії які 175,2 гривень перевершили своїх гібридних аналогів на 527,9 грн помісних та на 679,1 грн чистопородних тварин материнських ліній.

Різна реалізаційна вартість та неоднаково собівартість підсвинків на кінець періоду дорощування визначили і нерівномірно доходність від дорощування одного підсвинку. Найвищим дохід від дорощування одного підсвинку мали гібридні поросята четвертої групи 1650,4 грн, які перевершували своїх помісних аналогів на 280,9 грн, чистопородних тварин першої групи на 419,1 грн і лінійних тварин батьківських генотипів на лише на 30,1 грн.

Дещо інші показники були отримані при розрахунку ефективності дорощування гнізда поросят кожного породного поєднання (таблиця 3). Як видно з даних таблиці за період дорощування була зафіксована досить висока збереженість поросят усіх груп за

винятком другої групи і тому кількість поросят на кінець дорощування здебільшого залежала від їх кількості на початок цього періоду. Найбільша кількість поросят з кожного гнізда залишилися до кінця дорощування у тварин четвертої групи, що виявилось вищим на 0,8 голів у порівнянні з гніздами третьої групи на 1,0 голову ніж у тварин контрольної групи. Найменша кількість поросят залишилась від гнізда свиней батьківської лінії, що виявилось на 4,0 голови менше порівняно з чистопородними гніздами першої групи, на 4,2 голови в порівнянні аналогами третьої групи і на 5,0 голів порівняно з гібридними гніздами що й визначило ефективність процесу дорощування гнізда поросят. Маса гнізда поросят по завершенні дорощування залежала як від їх кількості яка залишилась на цей час в гнізді, так і від маси кожного підсвинку на цей період. Логічно, що найвищою вона виявилась в гніздах гібридних поросят четвертої групи 457,3 грн, які на 74,3 кг перевершували аналогів III групи, на 101,8 кг чистопородних тварин I групи та на 146,3 кг лінійних аналогів другої групи. Останні, не дивлячись на найвищу масу підсвинку по завершенню дорощування, виявили найменшу масу гнізда спричинену малою їх кількістю в гнізді на цей період. За цим показником вони поступались своїм чистопородним аналогам материнських генотипів на 44,5 кг, їх помісним аналогам 72,1 кг, та гібридним гніздам четвертої групи 146,3 кг.

Таблиця 3

Ефективність дорощування чистопородного, помісного та гібридного гнізда поросят 1 кг його живої маси за різного напрямку селекції

Показник	Напрямок селекції і метод розведення			
	материнські породи	батьківська лінія	схрещування середні показники	гібридизація середні показники
Група свиней	I	II	III	IV
Багатоплідність, гол.	15,7±0,32 ^{aaa}	10,6±0,43	16,2±0,27 ^{ddd; b}	17,0±0,19 ^{eee; ccc; ff}
Збереженість поросят за період дорощування, %	98,3	96,0	98,3	98,3
Кількість поросят в гнізді по завершенню дорощування, гол	13,0	9,0	13,2	14,0
Маса гнізда підсвинків на кінець дорощування, кг	355,5	311,0	383,0	457,3
Валовий приріст гнізда поросят під час дорощування, кг	282,9	246,2	306,9	374,4
Кормова собівартість дорощування гнізда поросят, грн	9250,9	6971,5	9654,3	11311,4
Операційна собівартість дорощування гнізда поросят, грн	11814,6	8903,5	12329,9	14446,2
Собівартість гнізда поросят на кінець дорощування, грн	18141,5	15230,4	18656,7	20773,0
Ринкова вартість гнізда поросят на кінець дорощування, грн	34124,0	29851,8	36769,8	43899,2
Дохід від дорощування гнізда поросят, грн	15982,5	14621,4	18113,1	23126,2
Рентабельність дорощування гнізда поросят, %	88,1	96,0	97,1	111,3

Примітки: вірогідність – ^a – 2 до 1; ^b – 3 до 1; ^c – 4 до 1; ^d – 3 до 2; ^e – 4 до 2; ^f – 4 до 3.

Аналогічна ситуація склалася і за валовим приростом гнізда поросят під час дорощування. Цей показник у тварин четвертої групи виявився на 67,5 кг вищим ніж у тварин третьої групи та на 91,5 порівняно з аналогами першої групи. Не дивлячись на найвищі абсолютні прирости підсвинків другої групи валовий приріст їх гнізда виявився найнижчим. За цією ознакою вони поступались аналогам першої групи 36,8 кг третьої 60,7 кг та четвертої 128,3 кг.

Завдяки найкращій конверсії корму та малій кількості поросят в гнізді по завершенню дорощування підсвинки синтетичної батьківської лінії мали й найнижчу вартість кормів витрачених на їх дорощування. З рівнем цього показника вони переважали аналогів першої, третьої та четвертої груп на 2279,4, 2682,8 та 4339,9 грн відповідно. Водночас найвищою кормовою собівартістю вирізнялись гібридні гнізда четвертої групи, які мали цей показник вище аналогів першої, другої

та третьої груп на 2060,5, 4339,9 та 1657,1 грн відповідно.

Аналогічну тенденцію мали і зміни операційної собівартості. Гібридні гнізда четвертої групи мали вищу операційну собівартість на 2631,5 грн порівняно тваринами першої, на 5542,6 грн з аналогами другої та на 2116,3 грн в порівнянні з гніздами підсвинків третьої груп. Водночас гнізда підсвинків батьківської лінії мали найнижчу операційну собівартість гнізда, яка виявилась на 2911,1 грн нижчою порівняно з гніздами чистопородних тварин першої групи та на 3426,3 грн в порівнянні з помісними гніздами третьої групи.

За однакової реалізаційної ціни 1 кг живої маси підсвинків по завершенню дорощування найнижчу реалізаційну вартість гнізда в протиставу вартості одного підсвинку мали тварини другої групи які за рівнем цього показника поступались чистопородним гніздам тварин першої групи 4272,2 грн, їх помісним ровесникам третьої групи 6918,0 грн та аналогам з четвертої групи 14047,4 грн. Найбільшу вартість гнізда поросят по завершенню дорощували мали підсвинки четвертої групи які перевищували цей показник над аналогами третьої групи на 7129,4 грн, та першої на 9775,2 грн.

На відміну від показників дохідності однієї голови та 1 кг живої маси дохід отриманий від дорощування гнізда поросят мав іншу закономірність. Найвищим він виявився в гніздах гібридних підсвинків 23126,2 грн, що перевершувало на 5013,1 грн, дохідність дорощування помісних та на 7143,7 грн чистопородних тварин материнських генотипів і на 8504,7 грн гнізда підсвинків батьківської лінії. В свою чергу останні мали нижчий на 1361,1 грн дохід від дорощування гнізда підсвинків порівняно з чистопородними гніздами материнських генотипів та 3491,7 грн в порівнянні з їх помісними гніздами.

Різною виявилась і рентабельність дорощування гнізда поросят. Вищою вона виявилась в гніздах гібридних і помісних поросят порівняно з чистопородними обох напрямів селекції. Так дорощування гібридних поросят мало на 23,2 % вищу рентабельність порівняно з чистопородними тваринами материнської лінії та на 15,3 % в порівнянні з рентабельністю дорощування тварин батьківської лінії. Водночас перевага помісних гнізд за цим показником склала відповідно 9,0 та 1,1 %.

Таким чином використання гібридизації при дорощуванні підсвинків посприяло підвищенню інтенсивності росту поросят в цей період за рахунок чого збільшенню на 15,1 % абсолютних приростів 1 голови поросят за період дорощування, на 12,7 % маси 1 голови підсвинків та на 19,4 % маси їх гнізда на кінець дорощування, та на 22,0 % валового його приросту, покращенню на 1,7 % конверсії корму, зниженню на 3,9 % собівартості 1 кг приросту та на 6,7 % 1 кг живої маси на кінець дорощування. Збільшення живої маси одного підсвинку та гнізда в цілому посприяло підвищенню ринкової вартості одного підсвинку на 12,7 % та їх гнізда на 19,4 %, зростанню рівня рентабельності дорощування одного поросяти та їх гнізда на 18,0 %, збільшенню на 20,5 % доходу, від дорощування одного підсвинку та на 6,9 %

на 1 кг живої маси і на 27,7 %, дохідності вирощування їх гнізда, що посприяло покращенню на 14,7 % рентабельності дорощування цього гнізда порівняно з гніздами помісних підсвинків великої білої та ландрас порід. Водночас такий варіант розведення призвів до підвищення витрат кормів на 1 голову 13,2 % та на гніздо поросят на 17,2 % під час дорощування, підвищенню собівартості дорощування одного підсвинку на 10,6 %, та їх гнізда на 17,2 %.

Водночас при порівнянні результатів гібридизації та чистопородного розведення вихідних форм встановлено перевершення гібридів над материнськими вихідними формами за абсолютними приростами однієї голови на 22,5 % та валовими приростами гнізда підсвинків за період дорощування, на 32,3 %, на 19,2 %, за масою одного підсвинку та на 28,6 % масою їх гнізда на кінець дорощування. Покращенню конверсії корму на 5,4 %, зниженню на 7,6 % собівартості 1 кг приросту та на 11,0 % 1 кг живої маси на кінець дорощування, підвищенню ринкової вартості одного підсвинку на 12,7 % та їх гнізда на 28,6 %, збільшенню на 34,0 % доходу, від дорощування одного підсвинку та на 12,5 % на 1 кг живої маси і на 44,7 %, дохідності вирощування їх гнізда, що посприяло зростанню рівня рентабельності дорощування одного поросяти та їх гнізда на 26,3 %, порівняно з гніздами чистопородних підсвинків великої білої та ландрас порід. Водночас такий варіант розведення призвів до підвищення витрат кормів на 1 голову 15,9 % під час дорощування, підвищенню собівартості дорощування одного підсвинку на 13,3 %, та їх гнізда на 17,2 % але посприяв зниженню на 7,6 % собівартості 1 кг приросту та на 11,0 % собівартості 1 кг живої маси підсвинків на кінець дорощування.

Порівнюючи результати отримані під час гібридизації з показниками при чистолінійному розведенні тварин батьківської синтетичної лінії встановлено перевершення тварин синтетичної батьківської лінії за інтенсивністю росту і як результат за абсолютними приростами однієї голови під час дорощування на 2,7 %, що посприяло зростанню на 5,3 % маси одного підсвинку по його завершенню, покращенню конверсії корму на 8,0 %, зниженню на 5,1 % витрат кормів одним підсвинком під час дорощування, на 4,5 % операційної собівартості дорощування одного підсвинку, на 7,4 % собівартості 1 кг приросту на кінець дорощування, та підвищенню на 5,3 % ринкової вартості одного підсвинку. Водночас зафіксовано їх перевершення на 12,2 % за собівартість одного підсвинку на кінець дорощування та на 7,3 % за собівартістю 1 кг живої маси на кінець дорощування. Водночас констатовано перевершення гібридів над батьківським вихідним генотипом за валовими приростами гнізда підсвинків за період дорощування на 52,1 %, та на 47,1 % за масою їх гнізда по його завершенню, на 62,3 % за операційною собівартістю дорощування гнізда поросят, на 36,4 % за собівартістю живої маси їх гнізда на кінець дорощування, підвищенню на 47,1 % ринкової його вартості, та збільшенню на 1,9 % доходу, від дорощування одного підсвинку та на 1 кг живої маси і на 7,6 %, на 58,2 %

дохідності вирощування їх гнізда, що посприяло зростанню рівня рентабельності дорощування одного поросяти та їх гнізда на 16,0 %, порівняно з гніздами чистопородних підсвинків синтетичної батьківської лінії PIC-337. Водночас такий варіант розведення призвів до підвищення витрат кормів на 1 голову 15,9 % під час дорощування, підвищенню собівартості дорощування одного підсвинку на 13,3 %, та їх гнізда на 17,2 % але посприяв зниженню на 7,6 % собівартості 1 кг приросту та на 11,0 % собівартості 1 кг живої маси підсвинків на кінець дорощування.

Наші висновки стосовно переваг в інтенсивності росту помісних поросят над чистопородними співзвучні з результатами отриманими в роботах [19–21, 23, 24]. Також наші дані про переваги гібридних поросят над помісями і чистопородними свинями співпадають з результатами отриманими в роботах [28–30, 34], але протирічать повідомленням [46], які не встановили різниці між схрещуванням вихідних порід ландрас та дюрок і традиційними комерційними гібридами поєднання велика біла × ландрас × дюрок.

Наші результати не співпали з повідомленнями [39], які встановили кращу збереженість поросят під час дорощування у трипородних помісей DLY порівняно з вихідними батьківськими формами, тоді як в наших дослідженнях не встановлено різниці у чистопородних, помісних гніздах материнських генотипів та серед гібридних поросят за їх збереженістю під час дорощування. Водночас у цих тварин вона, в наших дослідженнях виявилась суттєво вищою порівняно з аналогами батьківської лінії

Дані отримані в наших дослідженнях стосовно покращення ефективності кому гібридними поросят в порівнянні з їх чистопородними та помісними аналогами співпали з повідомленнями [23, 30, 41, 47], але не узгоджуються з повідомленнями [46], які не встановили суттєвої різниці в ефективності використання кормів між помісними та гібридними тваринами.

Наші висновки стосовно того що гібриди поступались лінійними тваринами батьківської синтетичної лінії за інтенсивністю росту, абсолютними приростами однієї голови, масою одного підсвинку під час дорощування є аналогічні повідомленням [34], але протирічать інформації викладеній в роботах [32], де гібриди перевершували за інтенсивністю росту обидві батьківські форми.

Також отримані нами дані про покращення економічної ефективності дорощування помісних і гібридних поросят схожі з висновками опублікованих в роботах [35, 48].

Вважаємо що дослідження з порівняння економічної ефективності різних методів розведення за участю найбільш поширених в Україні генотипів свиней варто продовжити.

Висновки

Встановлено, що використання гібридизації при дорощуванні підсвинків посприяло підвищенню інтенсивності росту поросят, збільшенню абсолютних приростів та маси їх гнізда, покращенню конверсії

корму, зниженню собівартості 1 кг приросту та 1 кг живої маси, , ринкової вартості одного підсвинку та їх гнізда на кінець дорощування, зростанню рівня рентабельності дорощування одного поросяти та їх гнізда, збільшенню доходу, від дорощування одного підсвинку, 1 кг живої маси і їх гнізда, покращенню рентабельності дорощування цього гнізда порівняно з гніздами помісних підсвинків великої білої та ландрас порід. Водночас такий варіант розведення призвів до підвищення витрат кормів під час дорощування одним підсвинком та їх гніздом, зростанню собівартості дорощування одного підсвинку та їх гнізда.

Доведено, що гібриди перевершували чистопородних тварин великої білої та ландрас порід, за абсолютними приростами однієї голови та валовими приростами гнізда підсвинків, за масою одного підсвинку та масою їх гнізда, ефективністю корму на кінець дорощування. Вони мали на цей період нижчу собівартості 1 кг приросту та 1 кг живої маси, вищу ринкову вартість одного підсвинку та гнізда в цілому, більший дохід від дорощування одного підсвинку, їх гнізда та 1 кг живої маси, рівень рентабельності дорощування одного поросяти та їх гнізда. Водночас такий варіант розведення призвів до підвищення витрат кормів на 1 голову, підвищенню собівартості дорощування одного підсвинку та їх гнізда, але посприяв зниженню собівартості 1 кг приросту 1 кг живої маси підсвинків на кінець дорощування.

Визначено, що гібриди поступались лінійними тваринами батьківської синтетичної лінії за інтенсивністю росту, абсолютними приростами однієї голови, масою одного підсвинку під час дорощування, ефективністю використання кормів, та операційною собівартістю дорощування одного підсвинку та 1 кг приросту, ринковою вартістю та собівартістю одного підсвинку і 1 кг живої маси на кінець дорощування. Водночас переважали за валовими приростами та масою гнізда підсвинків по завершенню дорощування, за операційною собівартістю дорощування гнізда поросят, мали вищу ринкову його вартість та більший дохід, від дорощування одного підсвинку, 1 кг живої маси та гнізда, що посприяло зростанню рівня рентабельності дорощування, як одного поросяти так і їх гнізда.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Povod, M. (Red.). (2021). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktiv svynarstva: navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Naukovo-metodychny tsentr VFPO [in Ukrainian]
2. Lykhach, V. Ya., Povod, M. H., Shpetnyi, M. B., Niechmilov, V. M., Lykhach, A. V., Mykhalko, O. H., Bakar, Ye. V., Lenkov, L. H., & Kucher, O. O. (2023) *Optymizatsiia tekhnolohichnykh rishen utrymannia i hodivli svynei v umovakh promyslovoi tekhnolohii: monohrafiia*. Mykolaiv: Ilion [in Ukrainian]
3. Mykhalko, O. H., & Andrukova, Y. O. (2023). Productivity of danish breeding pigs under different breeding methods and insemination season. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock*, 4, 18–29. <https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2023.4.3>

4. Murilo, Kh. A. M. (2019) Stratehii hodivli ta menedzhmentu porosiat na etapi doroshchuvannia. *Prybutkove Svyнарство*, 2 (50). Retrieved from: <https://pigua.info/uk/post/strategii-godivli-ta-menedzhmentu-porosiat-na-etapi-dorosuvanna> [in Ukrainian]
5. Maistruk, S. (2005) Tekhnolohiia vyroshchuvannia porosiat do chotyrymisiachnogo viku. *Tvarynnystvo Ukrainy*, 9, 9–11. [in Ukrainian]
6. Povod, M. H., & Khramkova, O. M. (2017) Vidhodivelnia produktyvnist hibrydnogo molodniaku svynei vitchyznianoho ta zarubizhnogo pokhodzhennia. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ah-rarnoho Universytetu. Serii Tvarynnystvo*, 7 (33), 226–232. [in Ukrainian]
7. Vdovychenko, Yu. V., Nechmilov, V. M., & Povod, M. H. (2018). Piglets productivity for dry, wet and liquid type of feeding on growing. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 106–109. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.15>
8. Voloshchuka, V. M. (Ed.). (2014). *Svyнарство: monohrafiia*. Kyiv: Ah-rarna nauka [in Ukrainian]
9. Erikson, D. (2015). Amerykanska tekhnolohiia utrymannia svynei (vid vidluchennia do zaboiu). *Prybutkove Svyнарство*, 3 (27), 64–67. [in Ukrainian]
10. Lykhach, V. (2015). Tekhnolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia porosiat. *Tvarynnystvo Ukrainy*, 6, 11–13. [in Ukrainian]
11. Shpetnyi, M. B., & Povod, M. H. (2018). Intensyvni rost, vidhodivelnia ta zabiini yakosti svynei, vyroshchennykh v stankakh za riznykh konstruktivnykh osoblyvosti pidlohy. *Naukovo-In-formatsiyni Visnyk Khersonskoho Derzhavnoho Ah-rarnoho Uni-versytetu*, 11, 132–139. [in Ukrainian]
12. Gonyou, H. W., & Lou, Z. (2000). Effects of eating space and availability of water in feeders on productivity and eating behavior of grower/finisher pigs. *Journal of Animal Science*, 78 (4), 865. <https://doi.org/10.2527/2000.784865x>
13. Choct, M., Selby, E. A. D., Cadogan, D. J., & Campbell, R. G. (2004). Effect of liquid to feed ratio, steeping time, and enzyme supplementation on the performance of weaner pigs. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55 (2), 247. <https://doi.org/10.1071/ar03106>
14. Hurst, D., Clarke, L., & Lean, I. J. (2008). Effect of liquid feeding at different water-to-feed ratios on the growth performance of growing-finishing pigs. *Animal*, 2 (9), 1297–1302. <https://doi.org/10.1017/s175173110800253x>
15. Nechmilov, V. M., & Povod, M. H. (2018). Vidhodivelnia produktyvnist svynei za riznykh terminiv doroshchuvannia ta vy-korystannia sukhoho i ridkoho typiv hodivli. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ah-rarnoho Universytetu. Serii Tvarynnystvo*, 7 (35), 122–134. [in Ukrainian]
16. Huting, A. M. S., Sakkas, P., Wellock, I., Almond, K., & Kyriazakis, I. (2018). Once small always small? To what extent morphometric characteristics and post-weaning starter regime affect pig lifetime growth performance. *Porcine Health Management*, 4 (1). <https://doi.org/10.1186/s40813-018-0098-1>
17. Povod, M. G., Mykhalko, O. G., Izhboldina, O. O., Gutty, B. V., Verbelchuk, T. V., Borshchenko, V. V., & Koberniuk, V. V. (2023). The influence of piglet weight placed for rearing on their productive quality and efficiency of rearing. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 6 (2), 37–43. <https://doi.org/10.32718/ujvas6-2.07>
18. Paredes, S. P., Jansman, A. J. M., Verstegen, M. W. A., Awati, A., Buist, W., Den hartog, L. A., Van hees, H. M. J., Quiniou, N., Hendriks, W. H., & Gerrits, W. J. J. (2012). Analysis of factors to predict piglet body weight at the end of the nursery phase. *Journal of Animal Science*, 90 (9), 3243–3251. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4574>
19. Ponomarenko, V. M. (2010). Porivnialna kharakterystyka rozvytku svynei riznykh henotypiv. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ah-rarnoi Akademii*, 3, 188–191. [in Ukrainian]
20. Halimov, S. M. (2013). Vykorystannia miasnykh henotypiv pry chystoporodnomu rozvedenni ta skhreshchuvanni v umovakh SFH «Tekhmet-Yuh» Mykolaivskoi oblasti. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnoho Ah-rarno-Tekhnichnoho Universytetu*, 21, 60–61. [in Ukrainian]
21. Susol, R. L. (2014). Produktyvni yakosti svynei suchasnykh henotypiv zarubizhnoi seleksii za riznykh metodiv rozvedennia. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ah-rarnoho Universytetu*, 2 (2), 92–98. [in Ukrainian]
22. Vashchenko, O. V. (2016) Produktyvnist svynei pry chystoporodnomu rozvedenni ta skhreshchuvanni. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 51, 34–41. [in Ukrainian]
23. Khramkova, O. M. (2020). Hospodarsko-biologichni osoblyvosti, adaptatsiini vlastyvoli svynei irlandskoho pokhodzhennia ta yikh vykorystannia za riznykh metodiv rozvedennia. *Candidate's thesis*. Dnipro [in Ukrainian]
24. Christiansen, G. M., & Jensen, T. (2014). Lav korrelacion mellem tilvaest i sma-grisestald og slagtesvinestald. *Videncenter for Svineproduktion*. Retrieved from: <https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/notater/2014/1402>
25. Sorensen, M. K., Norberg, E., Pedersen, J., & Christensen, L. G. (2008). Invited review: crossbreeding in dairy cattle: a Danish perspective. *Journal of Dairy Science*, 91 (11), 4116–4128. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1273>
26. Susol, R. L., Harmatiuk, K. V., & Khalak, V. I. (2018). Optymizatsiia systemy rozvedennia i hodivli svynei miasnogo napriamku produktyvnosti v umovakh Pivdna Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 2 (2), 353–359. [in Ukrainian]
27. Lykhach, V. Y., & Lykhach, A. V. (2020). *Tekhnolohichni innovatsii u svynarstvi: monohrafiia*. Kyiv: FOP Yamchynskiy O. V. [in Ukrainian]
28. Clutter, A. C., Buchanan, D. S., & Luce, W. G. (2004). *Evaluating breeds of swine for crossbreeding programs*. Oklahoma: Oklahoma State University.
29. Iversen, M. W., Nordbø, Ø., Gjerlaug-Enger, E., Grindflek, E., Lopes, M. S., & Meuwissen, T. (2019). Effects of heterozygosity on performance of purebred and crossbred pigs. *Genetics Selection Evolution*, 51 (1). <https://doi.org/10.1186/s12711-019-0450-1>
30. Bates, R. O. (2020). terminal and rotaternal crossbreeding systems for pork producers. *Agricultural: Swine Breeding*, G 2311, 1–4. Retrieved from: <https://core.ac.uk/download/pdf/62787896.pdf>
31. Kaić, A., Škorput, D., & Luković, Z. (2009). Carcass quality of crossbred pigs with Pietrain as a terminal sire. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (sup3), 252–254. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s3.252>
32. Smith, W. C., Pearson, G., & Purchas, R. W. (1990). A comparison of the Duroc, Hampshire, Landrace, and Large White as terminal sire breeds of crossbred pigs slaughtered at 85 kg liveweight. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 33 (1), 89–96. <https://doi.org/10.1080/00288233.1990.10430665>
33. Smith, W. C., & Pearson, G. (1988). Porivniannia zrostannia, kharakterystyk tushi ta yakosti miasa svynei vid knuriv porid Hampshire ta Landrace. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 31, 307–310.
34. McGloughlin, P., Allen, P., Tarrant, P. V., Joseph, R. L., Lynch, P. B., & Hanrahan, T. J. (1988). Growth and carcass quality of crossbred pigs sired by Duroc, Landrace and Large White boars. *Livestock Production Science*, 18 (3–4), 275–288. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(88\)90036-x](https://doi.org/10.1016/0301-6226(88)90036-x)
35. Purchas, R. W., Smith, W. C., & Pearson, G. (1990). A comparison of the Duroc, Hampshire, Landrace, and Large White as terminal sire breeds of crossbred pigs slaughtered at 85 kg liveweight. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 33 (1), 97–104. <https://doi.org/10.1080/00288233.1990.10430666>
36. Clutter, A. C., Buchanan, D. S., & Luce, W. G. (2004). Evaluating breeds of swine for crossbreeding programs. *Oklahoma State University, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 3604, 1–4.
37. Edwards, D. B., Tempelman, R. J., & Bates, R. O. (2006). Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for growth and composition1. *Journal of Animal Science*, 84 (2), 266–275. <https://doi.org/10.2527/2006.842266x>
38. Nielsen, B., & Veland, I. H. (2016). God virkning af Durocavl på d(Ly)-krydsninger. Retrieved from: https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2016/1092
39. Christians, C. J., & Johnson, R. K. (2000). Crossbreeding programs for commercial pork production. *Breeding & Genetics*, 361, 1–6.
40. Voloshynov, V. V. (2024). Growth and efficiency of piglets of Danish and Canadian origin in the south of Ukraine. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (100), 3–8. <https://doi.org/10.32718/nvltet-a10001>
41. Hurst, D., Clarke, L., & Lean, I. J. (2008). Effect of liquid feeding at different water-to-feed ratios on the growth performance of growing-finishing pigs. *Animal*, 2 (9), 1297–1302. <https://doi.org/10.1017/s175173110800253x>
42. Jo, Y. Y., Choi, M. J., Chung, W. L., Hong, J. S., Lim, J. S., & Kim, Y. Y. (2021). Effects of feed form and particle size on growth performance, nutrient digestibility, carcass characteristics, and gastric health in growing-finishing pigs. *Animal Bioscience*, 34 (6), 1061–1069. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0777>

43. Missotten, J. A., Michiels, J., Degroote, J., & De Smet, S. (2015). Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6 (1). <https://doi.org/10.1186/2049-1891-6-4>
44. Maribo, H., & Nielsen, M. B. F. (2018) Test af danbred duroc og pietrain som farrace til smågrise og slagtesvin. *Videncenter for Svineproduktion*. Retrieved from: file:///D:/download/Meddelelse_1160.pdf
45. Koroban, M. P., & Lykhach, V. Ya. (2023). Vidhodivelni yakosti molodniaku svynei suchasnykh henotypiv za riznykh vahovykh kondytsii v umovakh promyslovoi tekhnolohii. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 41, 26–32. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-4.4>
46. Kuhlert, D. L., Jungst, S. B., & Little, J. A. (1994). An experimental comparison of equivalent terminal and rotational crossbreeding systems in swine: pig performance. *Journal of Animal Science*, 72(10), 2578–2584. <https://doi.org/10.2527/1994.72102578x>
47. Vashchenko, O. V. (2017) Ekonomichna efektyvnist vykorystannia heterozyzu za promyslovoho skhreshchuvanni svynei. *Tekhnolohiia Vyrobnystva ta Pererobky Produktsii Tvarynnystva*, 1 (134), 32–37. [in Ukrainian]
48. Vashchenko, O. V. (2021). Efektyvnist vykorystannia svynei inozemnoi selektsii pry skhreshchuvanni z vitchyznianymy porodamy i typamy. *Candidate's thesis*. Chubynske [in Ukrainian]
49. Yurchenko, O. S., Bondarska, O. M., Lykhach, V. Ya., Kalitaiev, K. K., & Kovalenko, O. A. (2024). Stan vitchyznianoho svynarstva. Problemy ta perspektyvy. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 42, 55–63. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.8>
50. Ladyka, V. I., & Khmelnychi, L. M., (Eds.). (2023). *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystva: pidruchnyk dlia aspirantiv*. Odesa: Oldi+ [in Ukrainian]
51. Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, S. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn: navchalnyi posibnyk*. Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian]

ORCID

- | | | |
|------------------|---|---|
| M. Kremez |  | https://orcid.org/0000-0002-1110-4986 |
| O. Myronenko |  | https://orcid.org/0000-0002-6067-3755 |
| L. Kuzmenko |  | https://orcid.org/0000-0002-1776-0714 |
| B. Shaferivskiyi |  | https://orcid.org/0000-0001-5742-5016 |
| T. Karunna |  | https://orcid.org/0000-0001-9290-8961 |
| O. Fesenko |  | https://orcid.org/0009-0006-5047-7781 |
| M. Il'chenko |  | https://orcid.org/0000-0003-0163-1384 |



2025 Kremez 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.

Improving the quality and safety of raw milk in production with effective treatment and prevention of mastitis

V. Kotelevych✉ | S. Huralska | V. Olishevskiy

Article info

Correspondence Author

V. Kotelevych

E-mail:

valya.kotelevich@ukr.netPolissia National University,
7 Staryi Bulvar Str.,
Zhytomyr, 10008,
Ukraine

Citation: Kotelevych, V., Huralska, S., & Olishevskiy, V. (2025). Improving the quality and safety of raw milk in production with effective treatment and prevention of mastitis. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 110–118. doi: 10.31210/spi2025.28.01.18

Mastitis is one of the main problems in dairy farming that affects the quality and safety of milk. The PJSC PC "Podillya" farm has 7,500 heads of Holstein cattle, of which 2,700 are dairy cows. To improve the quality of raw milk, the farm has implemented a quality management system that includes Good Manufacturing Practice (GMP) and Good Hygiene Practice (GHP), as well as a HACCP system. Given the high prevalence of mastitis and its negative impact on animal productivity, the research is aimed at improving treatment and preventive measures. Purpose of the work. To assess the prevalence of mastitis, identify disease pathogens, their sensitivity to antimicrobial drugs, develop and test treatment protocols, as well as monitor milk quality to enhance its safety. Bacteriological studies of milk from cows with mastitis were conducted in the laboratories of "Biosafety-Center" (Dnipro) and "Biolights" (Ternopil). The sensitivity of pathogens to antimicrobial drugs was determined, and therapeutic protocols were developed. Milk quality monitoring was carried out in accordance with DSTU 3662:2018, particularly for somatic cell count, bacterial contamination, and antibiotic residue content. At the beginning of the studies, the farm observed a high frequency of clinical mastitis with significant somatic cell count (SCC) levels. It was established that the main causative agents of mastitis were *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus chromogenes*, *Streptococcus dysgalactiae*, and *Escherichia coli*. The sensitivity of isolated pathogens to antibiotics proved to be high, particularly to gentamicin, enrofloxacin, amoxicillin with clavulanic acid, and others. The developed treatment protocols included combined use of intramuscular, anti-inflammatory, and intramammary medications. For mastitis prevention, udder dry-off treatments were used, specifically Multimast DC and Nafpenzal DC. These products provided long-lasting protective effects and effectively prevented the development of infections. The implemented measures contributed to a significant reduction in disease incidence: from 7.3 % in 2022 to 0.8–1.5 % in 2024. During this period, milk quality indicators improved: fat content increased from 3.98 % to 4.29 %, and protein content increased from 3.34 % to 3.62 %. At the same time, the somatic cell count in milk decreased to a level that meets the requirements for extra and premium grades. The developed therapeutic and preventive measures ensured improved milk quality and safety, reduced animal treatment costs, and enhanced the farm's economic performance. The proposed approaches can be used in other dairy farms to increase production efficiency.

Keywords: cattle, Holstein breed, physicochemical and sanitary indicators, antibiotic sensitivity, mastitis prevention.

Підвищення якості і безпечності молока-сировини на виробництві за ефективного лікування та профілактики маститу

В. А. Котелевич | С. В. Гуральська | В. М. Олішевський

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Мастити є однією з основних проблем молочного скотарства, що впливають на якість і безпечність молока. У господарстві ПРАТ ПК «Поділля» утримується 7500 голів великої рогатої худоби голштинської породи, з яких 2700 – дійні корови. Для підвищення якості молока-сировини господарство впровадило систему управління якістю, що включає належну виробничу (GMP) і гігієнічну практики (GHP), а також систему HACCP. З огляду на високу поширеність маститів та їхній негативний вплив на продуктивність тварин, проведені дослідження спрямовані на вдосконалення лікувальних і профілактичних заходів. Метою роботи була оцінка поширеності маститів, визначення збудників захворювань, їх чутливості до антимікробних препаратів, розробка та апробація схем лікування, а також моніторинг якості молока з метою підвищення його безпечності. Проведено бактеріологічні дослідження молока хворих на мастит корів у лабораторіях «Biosafety-Center» (м. Дніпро) та «Біолайтс» (м. Тернопіль). Визначено чутливість збудників до антимікробних препаратів, розроблено терапевтичні схеми. Моніторинг якості молока здійснювався відповідно до ДСТУ 3662:2018, зокрема за кількістю соматичних клітин, бактеріальним забрудненням і вмістом залишків антибіотиків. На початку досліджень у господарстві спостерігалася висока частота клінічних маститів із значним рівнем соматичних клітин (КСК). Встановлено, що основними збудниками маститів є *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus chromogenes*, *Streptococcus dysgalactiae* та *Escherichia coli*. Чутливість виділених збудників до антибіотиків виявилася високою, зокрема до гентаміцину, енрофлоксацину, амоксициліну з клавулановою кислотою та інших. Розроблені схеми лікування передбачали комбіноване використання внутрішньом'язових, протизапальних та внутрішньоцистернальних препаратів. Для профілактики маститів використовували препарати для консервації вимені перед сухостоєм, зокрема Мультимаст DC і Нафпензал DC. Ці засоби забезпечували тривалий захисний ефект і ефективно запобігали розвитку інфекцій. Проведені заходи сприяли значному зниженню захворюваності: з 7,3 % у 2022 році до 0,8–1,5 % у 2024. За цей період покращилися показники якості молока: жирність підвищилася з 3,98% до 4,29 %, а вміст білка – з 3,34 % до 3,62 %. Водночас кількість соматичних клітин у молоці зменшилася до рівня, що відповідає вимогам екстра і вищого ґатунку. Розроблені лікувальні та профілактичні заходи забезпечили підвищення якості і безпечності молока, зниження витрат на лікування тварин та покращення економічних показників господарства. Запропоновані підходи можуть бути використані в інших молочних господарствах для підвищення ефективності виробництва.

Ключові слова: велика рогата худоба, голштинська порода, фізико-хімічні і санітарні показники, чутливість до антибіотиків, профілактика маститів.

Бібліографічний опис для цитування: Котелевич В. А., Гуральська С. В., Олішевський В. М. Підвищення якості і безпечності молока-сировини на виробництві за ефективного лікування та профілактики маститу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 110–118.

Вступ

Молоко та молочні продукти є важливими складовими раціону харчування, особливо для дітей і людей похилого віку, що робить питання їх якості та безпечності надзвичайно актуальним [8–11, 13, 21, 29–35, 41, 48].

Водночас молоко є сприятливим середовищем для розмноження численних мікроорганізмів, включаючи небезпечні патогени, такі як *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Brucella abortus*, *Brucella melitensis*, *Mycobacterium bovis*, *Yersinia enterocolitica* [7, 15, 18, 48, 55, 57, 60]. Наявність цих мікроорганізмів створює серйозні ризики для здоров'я споживачів.

За результатами досліджень Букалової Н. В. та ін. (2022), свіжовидоєне молоко від корів на фермі було контаміноване патогенними бактеріями, зокрема стрептококами, стафілококами та корінебактеріями. Ці мікроорганізми є не лише збудниками маститу у корів, але й можуть викликати харчові захворювання у людей [10].

Бактеріологічні дослідження якісного та кількісного складу мікрофлори секрету вимені корів, хворих на субклінічний мастит, показали, що захворювання спричинене асоціаціями умовно-патогенних і патогенних мікроорганізмів. Кожен із них характеризується специфічною резистентністю до антибактеріальних препаратів, що ускладнює лікування та санацію молочної залози без урахування цих особливостей [39, 58].

Мікробіологічні дослідження зразків молока від корів ТОВ «Агрохолдинг 2012» у Хмельницькій області виявили, що середньорічний показник мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) за прив'язного утримання тварин становив $19 \pm 3,4 \times 10^4$, а за безприв'язно-боксового утримання – $21 \pm 4,2 \times 10^4$ тис. КУО/см³ [38].

За результатами бактеріологічних досліджень Якубчак О. М. (2023), у зразках молока-сировини виявлено широкий спектр мікроорганізмів, зокрема: *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Lactobacillus fermentum*, *Kluyvera intermedia*, *Streptococcus gallolyticus*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis*, *Aneurinibacillus aneurinilyticus*, *Achromobacter xylosoxidans*. У невеликих кількостях були виділені ентеробактерії, лактобактерії та спорові мікроорганізми [61].

Це свідчить про циркуляцію у молокопереробному ланцюзі як непатогенних, так і патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів. Хоча технологічна переробка на молокопереробних підприємствах знищує значну частину мікроорганізмів, деякі з них, такі як *Escherichia coli* та *Kluyvera intermedia*, можуть залишатися життєздатними після обробки, що створює потенційну небезпеку для споживачів.

Беручи до уваги, що якість молока не може бути покращена в процесі його переробки, система управління якістю та безпечністю молока має бути зосереджена на етапах виробництва. Це відповідає

вимогам наказу Мінагрополітики №118/2019, згідно з яким молочні продукти повинні вироблятися з молока від клінічно здорових тварин, які не мають ознак хвороб чи травм вимені, що спричиняють забруднення молока та молозива. Серед критеріїв виключення: відсутність інфекцій сечостатевих шляхів із виділеннями, діареї з лихоманкою, а також ознак запалення вимені.

Патологічні процеси в молочній залозі, особливо запального характеру, залишаються ключовим фактором, що негативно впливає на продуктивність і санітарну якість молока [2, 3, 6, 16]. Однією з основних проблем, як в Україні, так і у світі, є мастит у дійних корів, особливо субклінічний. Основними причинами його розвитку є недотримання умов утримання та технології доїння, зокрема порушення вакуумного режиму, використання зношених компонентів обладнання та «сухе доїння», що призводить до мікротравм шкіри вимені і молочних шляхів. Ці пошкодження стають воротами для патогенної мікрофлори [44, 47].

Мастит є запаленням тканин молочної залози, що розвивається внаслідок проникнення патогенних мікроорганізмів, таких як *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysagalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*. Дослідження Левченко А. Г. та Фотіна О. В. (2013) підтверджують, що молоко від корів із маститом містить значну кількість умовно-патогенної мікрофлори, серед якої домінують стафілококи та стрептококи. Найчастіше виявляли *S. agalactiae*, *S. aureus*, *E. coli*. При клінічному маститі переважаючими збудниками були *S. aureus* (61,5 %), *S. agalactiae* (27,0 %) та *E. coli* (11,5 %) [40].

Кондрасій Л. А., Якубчак О. М. (2016); Ковальчук І. І. та співавтори (2021); Скляренко Ю. Г. Чернявська Т. О. (2018) у своїх працях зазначають, що основними причинами виникнення маститу у великої рогатої худоби є незадовільний санітарний стан приміщень, стійл, боксів, доїльного обладнання, порушення режиму машинного доїння, несвоєчасне переведення корів на сухостій, висока щільність поголів'я, відсутність моціону при стійловому утриманні, протяги та низька температура в приміщеннях. Велика скупченість тварин порушує мікроклімат, збільшує вологість, бактеріальне забруднення та концентрацію газів, що спричиняє підвищення захворюваності тварин і погіршення якості молока-сировини [28, 38, 54].

Попри різноманітні причини розвитку маститу, ключову роль відіграє мікробіологічний фактор і його вірулентність. На стафіло- і стрептококи, ентеробактерії та інші мікроорганізми припадає 85–90 % випадків запалення молочної залози. Значною мірою виникнення маститу також залежить від резистентності організму тварин. За однакових умов утримання, повноцінної годівлі та експлуатації тварин можливо спостерігати різний перебіг та форми маститу [45].

Дослідження Куртяка Б. М., Собко Г. В. (2015) доводять необхідність проведення регулярного бактеріологічного моніторингу секрету вимені корів на кожній молочнотоварній фермі [39].

Мастит не лише знижує продуктивність, але й може призводити до незворотних змін у молочній залозі. У перехворілих корів часто спостерігається атрофія окремих часток вимені, що унеможливує виробництво молока. Одним із поширених ускладнень є індурація паренхіми вимені, що характеризується ущільненням тканин внаслідок розростання сполучної тканини. Це явище часто стає причиною вибраковування продуктивних тварин. Дослідження Плахотнюка І. М. та Ордіна Ю. М. (2017) показали, що індурація молочної залози реєструється у 19,5% корів із запаленням вимені. Частота ускладнення зростає при ураженні двох, трьох і чотирьох часток вимені до 1,5 %, 26,4 % та 16,5% відповідно. Ризик розвитку індурації збільшується на 69,5 % після гнійно-катарального запалення та абсцесів [45].

Лікування маститу у корів зазвичай включає використання антибіотиків, проте це породжує низку проблем. Зокрема, широке застосування антибіотиків сприяє розвитку антибіотикорезистентності у збудників маститу та зниженню загальної резистентності тварин. Це може спричинити серйозні ускладнення, такі як атрофія чи індурація часток вимені, гіпогалактія або агалактія, що призводить до значних економічних втрат для господарств [25, 27, 46].

Ще однією критичною проблемою є залишки антибіотиків у молоці під час лікування тварин. Це не лише погіршує технологічні властивості молока, але й створює потенційний ризик для здоров'я споживачів.

Запальні процеси у молочній залозі значно впливають на якість молока-сировини. У результаті змінюється хімічний склад, фізичні та біологічні властивості продукту. Таке молоко втрачає поживну цінність і стає непридатним для подальшої переробки [5]. Навіть невелика частка хворих корів у стаді (приблизно 2%) може суттєво зіпсувати якість та безпечність молока.

Згідно з вимогами ветеринарно-санітарної експертизи, молоко від корів, хворих на мастит, заборонено вживати або продавати. Воно містить велику кількість патогенних бактерій, токсинів, а також характеризується підвищеною кислотністю. Це робить продукт непридатним для виробництва молочнокислих виробів, особливо сиру [42, 43]. Мікроорганізми в такому молоці руйнують білки, жири та інші поживні речовини, що погіршує смак, запах і консистенцію продуктів. Крім того, в ньому залишаються термостійкі токсини, які не руйнуються під час термічної обробки.

Як зазначають Gomes F. та Henriques M. (2016) і Gussmann M. та співавтори (2019), повністю запобігти або профілактувати виникнення субклінічного маститу у молочних тварин неможливо через комплексний вплив таких факторів, як генетична схильність певних порід, кліматичні умови, рівень дезінфекції, стан доїльного обладнання [19, 20]. У цьому контексті Скляр О. І. та ін. (2016, 2017) підкреслюють доцільність розробки схем профілактики та лікування маститів з урахуванням умов експлуатації господарств [51, 53].

Дані Краєвського А. Й. (2013) свідчать, що захворюваність корів на клінічні та субклінічні

мастити у весняно-літній період може досягати 25–30 %, а в умовах промислового виробництва молока – до 60 % [37]. Дослідження Довбні Н. та співавторів (2019) виявили сезонність прояву маститу у корів голштинської породи, де найвищий рівень захворюваності спостерігався взимку (14,37 %), а найнижчий – весною (6,41 %). У зимовий період клінічна форма маститу складала 92,1 %, тоді як восени її частота знижувалася до 49,9 % [14].

Аналіз наукових праць Касянчук В. В. та ін. (2015); Скляр О. І. (2015); Moradi M. et al. (2021) показує, що проблеми безпечності молока-сировини та підвищеного вмісту соматичних клітин у молоці залишаються актуальними [26, 42, 50]. Дослідження Шкромади О. І. та ін. (2019) демонструють, що при субклінічному маститі спостерігається підвищення кількості соматичних клітин у молоці та зміна їх видового складу. Для ранньої діагностики автори рекомендують використовувати тест Шалма, а для підтвердження діагнозу – метод Прескотта-Бріда. Щоб уникнути інфікування під час доїння, пропонується проводити дезінфекцію гуми доїльних стаканів озоноповітряною сумішшю після кожної видоєної корови [49].

Таким чином, підвищення якості та безпечності молока-сировини через ефективне лікування і профілактику маститу залишається надзвичайно актуальним завданням сучасного тваринництва.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було визначення спектру збудників маститу у молоці корів, їх чутливості до антибіотиків, розробка та оцінка ефективності схем лікування, заходів профілактики, а також надання ветеринарно-санітарної оцінки молока-сировини.

Матеріали і методи

Виробничий дослід проведено в умовах ПРАТ ПК «Поділля». Матеріалом для дослідження були зразки молока від хворих на мастит корів та здорових; експертні висновки Тульчинської МРДЛ ДПСС, акредитованої Національним агенством з акредитації України, в якій визначали органолептичні, фізико-хімічні показники та показники безпечності молока-сировини за регламентом «Молочний модуль». Наявність збудників маститу у зразках молока від хворих на мастит корів та їх чутливість до антибіотиків визначали в умовах Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК «Biosafety-Center», що є структурним підрозділом Дніпропетровського аграрно-економічного університету (атестат акредитації ДНДКІВПКД №027/вир. лаб. від 11.06.2017), та на базі ТОВ «Експертний центр діагностики та лабораторного супроводу Біолайтс» м. Тернопіль. Відбір зразків молока від хворих на мастит корів і перехворілих, в молоці яких не було змін за результатами каліфорнійського тесту, проводили у стерильні пластикові ємності об'ємом 0,2 л і відправляли у вище вказані лабораторії у термоконтейнерах з льодом.

Дослідження молока на наявність залишків антибіотиків проводили після кожного доїння за допомогою тест-системи Біозі в господарстві та при прийманні молока на ПРАТ ВМЗ «Рошен» м. Вінниця, який дає можливість одночасно виключати антибіотики чотирьох груп: тетрацикліни, хлорамфенікол, бета-лактами, стрептоміцини. Кількість соматичних клітин визначали у зразках молока від корів з кожного приміщення, які відбиралися у холодильниках (для контролю стану поголів'я) та від кожної корови окремо фірмою ЛАДС (Львівська аграрна дорадча служба) у середній пробі молока під час доїння.

Результати та їх обговорення

У господарстві ПРАТ ПК «Поділля» утримується 7500 голів великої рогатої худоби голштинської породи, з них 2700 голів є дійними коровами. Проект ферми у ПРАТ ПК «Поділля» розроблявся за Канадською технологією з використанням Європейського обладнання, які передбачають для підвищення якості і безпечності молока-сировини розроблення і сертифікацію системи управління якістю. Дана система не обмежується лише запровадженням НАССР. Для її ефективного функціонування на підприємстві створено також такі передумови як належна виробнича практика (GMP) та гігієнічна практика (GHP). Належна виробнича практика (GMP) передбачає сукупність прийомів виробництва і процедур контролю якості, що спрямовані на забезпечення постійної відповідності виробленого молока-сировини вимогам. Вона включає вимоги, умови і способи виробництва, дотримання яких забезпечує випуск якісної і безпечної для споживача молочної сировини. Належна гігієнічна практика (GHP) на підприємстві має на меті виключити імовірність потрапляння в готову продукцію сторонніх предметів, починаючи від механічного забруднення, мікроорганізмів, комах, гризунів.

Істотною проблемою у господарстві є захворюваність корів на мастит. За даними Левченка А. Г., Фотіного О. В (2013), Cheng W. N., Han S. G. (2020),

Vakkamäki J. et al. (2017) частота виникнення маститу та індурації паренхіми вимені є у прямій залежності від продуктивності корів [12, 40, 59]. Установлено, що незалежно від форми запалення у більшості тварин переважало ураження клінічним маститом однієї чверті вимені, рідше двох та лише як виключення – трьох.

Аналогічні результати отримано Байдевлєтов Ю. А. та Байдевлєтова Ю. В. (2019) при дослідженні тварин у господарствах Сумської області. Зокрема, переважало ураження корів голштинської, симентальської та чорно-рябої порід клінічним маститом однієї чверті вимені (відповідно 75,8 %, 66,4 % та 85,0 %) і як виключення трьох (0,9 %, 0,8 % і 0,4 %) [4]. Запалення у корів усіх порід виникало переважно у задніх чвертях вимені. Серед високопродуктивних корів голштинської і симентальської порід атрофія реєструвалася відповідно у 19,1 % і 19,9 % тварин, а індурація вимені – у 6,6 % та 8,7 %.

Результати наших досліджень співпадають з думкою Адмін О. Є., Адмін Н. Г. (2022) про важливість програми профілактики, як практики управління стадом, враховуючи пік захворюваності корів на мастит протягом різних етапів лактаційного періоду всіх сезонів року у дійних стадах [1].

Протягом 2022–2024 років була проведена значна робота з лікування хворих на мастит корів та профілактики цього захворювання. Дослідженнями Скляр О. І. (2015) доведено, що субклінічний мастит (*Mastitis latentus*) є підгострим запальним процесом у вимені, що супроводжується збільшенням кількості соматичних клітин у молоці (епітеліальних клітин альвеол і молочних проток та лейкоцитів), змінами біохімічних показників (підвищення рН), наявністю вірулентних бактерій та майже відсутністю клінічних ознак [50, 52].

Отримані нами результати досліджень показали, що на початку роботи в господарстві реєструвалася значна частина корів з підвищеним рівнем КСК та клінічно вираженими гнійними і гнійно-серозними маститами (рис. 1).

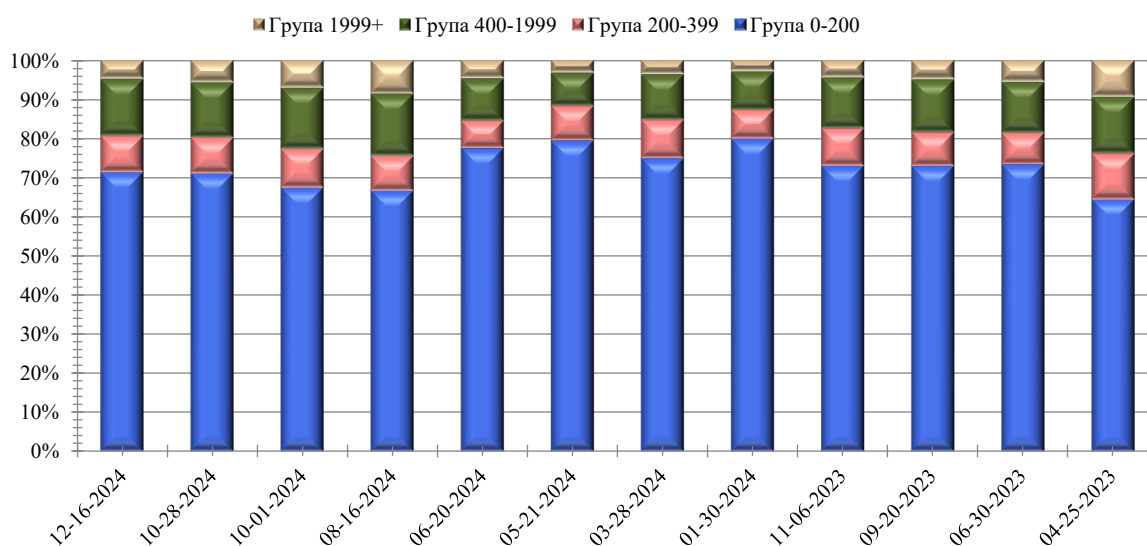


Рис. 1. Розподіл корів за КСК

Необхідно зазначити, що за застосованою в господарстві прив'язно-безвигульною системою утримання дійних (лактуючих) корів, сезонність захворювання корів на мастит не виражена.

За даними Супрович Т. М., Строяновської Л. В. (2023), високий рівень захворюваності корів голштинської породи на мастит спостерігали навесні (18,3 %), взимку (11,1 %) та восени (16,4 %), Катаральна форма маститу реєструвалася у 52,7 % випадків, серозна – у 39,8 %, фібриозна – у 5,2 %, гнійно-катаральна – у 1,4 % та абсцес вимені – 0,9 % [56]. Аналогічні дослідження, проведені Довбня А. та ін. (2019), встановили сезонність захворювання корів на мастит при безприв'язному утриманні. Найбільше тварини хворіли навесні та восени, а критичними були січень-квітень [14]. Збудниками субклінічного маститу у 88,3 % були асоціації мікроорганізмів у різних варіаціях і лише 11,7 % – монокультури, спектр яких становив *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Escherichia*, *Corynebacterium* spp, *Klebsiella* spp, *Enterococcus* spp. та *Clostridium* spp. Виділені ізоляти збудників були антибіотикорезистентними до більшості антибактеріальних препаратів.

Бактеріологічні дослідження секрету вимені хворих на субклінічний мастит корів голштинської породи, проведені Супрович Т. М., Строяновською Л. В. (2023) у фермерських господарствах Хмельницької

області виявили грампозитивні (*Staphylococcus* spp, *Streptococcus* spp, *Corynebacterium* spp, *Clostridium* spp *Enterococcus* spp, *Clostridium* spp.) та грамнегативні (*Escherichia coli*, *Klebsiella* spp.) бактерії [56]. Найбільш високу контамінацію становили мікроорганізми з роду *Staphylococcus* та *Streptococcus* (відповідно 38,2 % та 26,5 %). Патогенна кишкова паличка була вивлена лише у 11,8 % ізолятів; золотистий стафілокок у поєднанні з епідермальним, коринобактеріями, ентерококами та гнійним стрептококом – у 2,9 %; у монокультурі в одному випадку виділено бактерії роду *Clostridium* та *Staphylococcus aureus* у монокультурі у 2,9 % ізолятів [23, 24].

Отримані Крупельницьким Т. В., Соколюк В. М., (2023) дані, свідчить про об'єктивні потенційні ризики інфікування молочної залози корів великою низкою умовно-патогенних бактерій, що може негативно впливати на стан молочної залози та на якість і безпечність молока-сировини [38]. Проведені нами бактеріологічні дослідження молока від хворих на мастит корів на базі Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК «Biosafety-Center (м. Дніпро) та в умовах ТОВ «Експертний центр діагностики та лабораторного супроводу Біолайтс» (м. Тернопіль) виявили такі патогенні збудники: *Streptococcus uberis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus chromogenes*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Escherichia coli* (рис. 2).

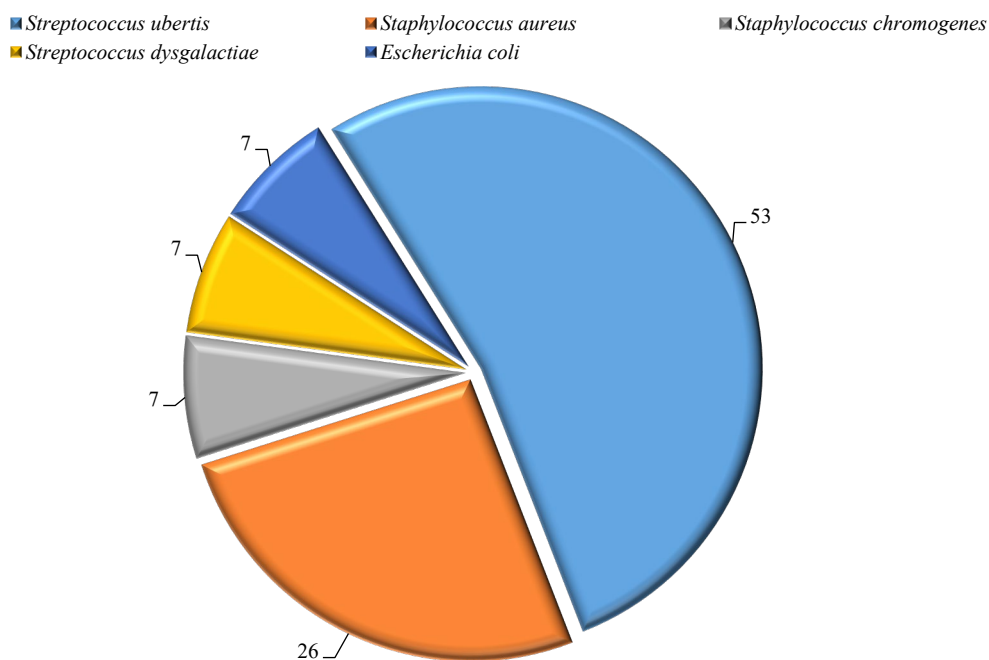


Рис. 2. Мікробіологічна палітра збудників маститу у хворих на мастит корів в господарстві, %

Наші дані збігаються з результатами досліджень Желавського М. М. та співавторів (2012), які при бактеріологічному дослідженні секрету молочної залози хворих на субклінічний мастит корів визначили, що провідну роль в етіопатогенезі відіграють стафілококи (*Staphylococcus epidermidis* та *Staphylococcus aureus*), тоді як більш обширною була стрептококова мікрофлора: *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus agalactiae*.

З родини Enterobacteriaceae найбільш високою була контамінація *Escherichia coli*. Автори наголошують, що основними збудниками субклінічного маститу (82,6 %) є бактерії з родин Micrococcaceae, *Staphylococcus* та Enterobacteriaceae [62]. Основою для розробки схем лікування було визначення чутливості виділених збудників захворювання на мастит корів до антимікробних препаратів (табл. 1).

Таблиця 1

Показники чутливості виділеної від хворих тварин мікрофлори до протимікробних препаратів

Група антимікробних препаратів	Чутливість культур від загальної кількості проб				
	<i>St. aureus</i>	<i>Str. uberis</i>	<i>St. chromogenes</i>	<i>Str. dysgalactiae</i>	<i>E. coli</i>
Амоксицилін	Нч	Ч	Ч	Ч	Ч
Амоксицилін + клавуланова кислота	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Гентаміцин	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Енрофлоксацин	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Канаміцин	Ч	Ч	Нч	Ч	Ч
Лінкоміцин	Нч	Ч	Нч	Нч	Нч
Марбофлоксацин	Пч	Ч	Ч	Ч	Ч
Неоміцин	Нч	Ч	Ч	Ч	Ч
Окситетрациклін	Пч	Ч	Нч	Ч	Ч
Спектиноміцин	Ч	Ч	Ч	Нч	Ч
Спіраміцин	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Стрептоміцин	Ч	Ч	Ч	Нч	Нч
Тетрациклін	Ч	Пч	Ч	Ч	Ч
Тилозин	Нч	Пч	Нч	Ч	Ч
Тріметоприм / Сульфацил	Ч	Ч	Ч	Нч	Ч
Флорфенікол	Ч	Ч	Ч	Ч	Ч
Цефтиофур	Нч	Ч	Ч	Ч	Ч
Ципрофлоксацин	Нч	Ч	Ч	Ч	Ч

Примітки: ч – чутлива, нч – нечутлива, пч – помірно чутлива.

Отже, після отримання даних з лабораторії було встановлено, що збудники мають широкий спектр чутливості до антибіотиків, але всі п'ять збудників однаково чутливі до гентаміцину, енрофлоксацину, амоксициліну з клавулановою кислотою, спектиноміцину, спіраміцину, тетрацикліну, триметоприму, сульфацилу, флорфеніколу. За результатами досліджень було здійснено підбір протимаститних препаратів по діючій речовині та розроблено схеми лікування, що передбачали введення внутрішньом'язевих антибактеріальних препаратів, протизапальних засобів та внутрішньоцистернальних ліків. Зокрема, використовували комбінацію бамо-клавину, сульфацилу та кетарту, які вводились одноразово протягом трьох днів. Препарати та схеми лікування змінювались залежно від ступеня важкості та ураження молочної залози. При ураженні однієї долі вимені та незначних змінах у молоці застосовувався один внутрішньоцистернальний засіб з однією діючою речовиною разом з протизапальним препаратом. При розвитку більш важкого маститу схема лікування змінювалась, і використовувались препарати з двома або трьома діючими речовинами. Важливо зазначити, що при розробці та апробації терапевтичних схем маститу необхідно чітко дотримуватись найбільш раціонального вибору антимікробних препаратів, прогнозуючи супресивний стан та побічні ефекти. Після завершення лікування молоко перевірялось дельво-тестом на наявність залишків препаратів. У разі негативного результату корів переводили до загальної системи доїння, а у разі позитивного результату лікування продовжувалось.

Надзвичайно важливим аспектом у профілактиці маститів є використання препаратів для так званої консервації вимені або введення внутрішньоцистернальних спеціальних засобів в кожную долю вимені перед переведенням корови в групу першого сухостою. Як і при лікуванні, діюча речовина була підібрана за чутливістю відповідно до

попередніх експертиз. Особливістю таких препаратів, таких як Мультимаст DC та Нафпензал DC, є вища концентрація діючої речовини в порівнянні з лікувальними засобами, що забезпечує триваліший ефект (до 52 днів) та більшу каренцію. Після введення препарату соски вимені оброблялись спеціальним засобом T-HEXX DRY, який утворює на шкірі захисну плівку, а в дійковій цистерні «захисний клапан», що перешкоджає потраплянню мікрофлори на початку першого сухостою.

Не менш важливим для профілактики маститів є проведення ретельних санітарно-гігієнічних заходів під час годівлі, доїння та первинної обробки молока, з особливою увагою до дезінфекції, умов утримання та годівлі. Регулярно здійснювався огляд корів для своєчасного виявлення захворювань вимені та проводилися дослідження молока на вміст соматичних клітин, включаючи загальну пробу та окремі дослідження для кожної тварини.

Проведені лікувальні та профілактичні заходи сприяли зниженню захворюваності корів на мастит. Якщо в 2022 році кількість хворих корів становила 7,3 % від всього поголів'я дійного стада, то в 2024 році цей показник знизився до 0,8–1,5 %.

Результати досліджень, проведених в умовах Тульчинської МРДЛ ДПСС, показали, що усі зразки молока відповідали нормативним вимогам за показниками якості та безпечності (вміст антибіотиків, пестицидів, токсичних елементів, радіонуклідів, КМАФАнМ). За кількістю соматичних клітин і бактеріальним показником (КМАФАнМ) молока-сировини в 2023–2024 році 85,45% зразків відповідали вимогам екстра та вищого гатунку згідно з нормативними вимогами ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина. Технічні умови» [17]. Проведені лікувально-профілактичні заходи в господарстві сприяли значному покращенню якості і безпечності молока в цілому по стаду з роками (рис. 3).

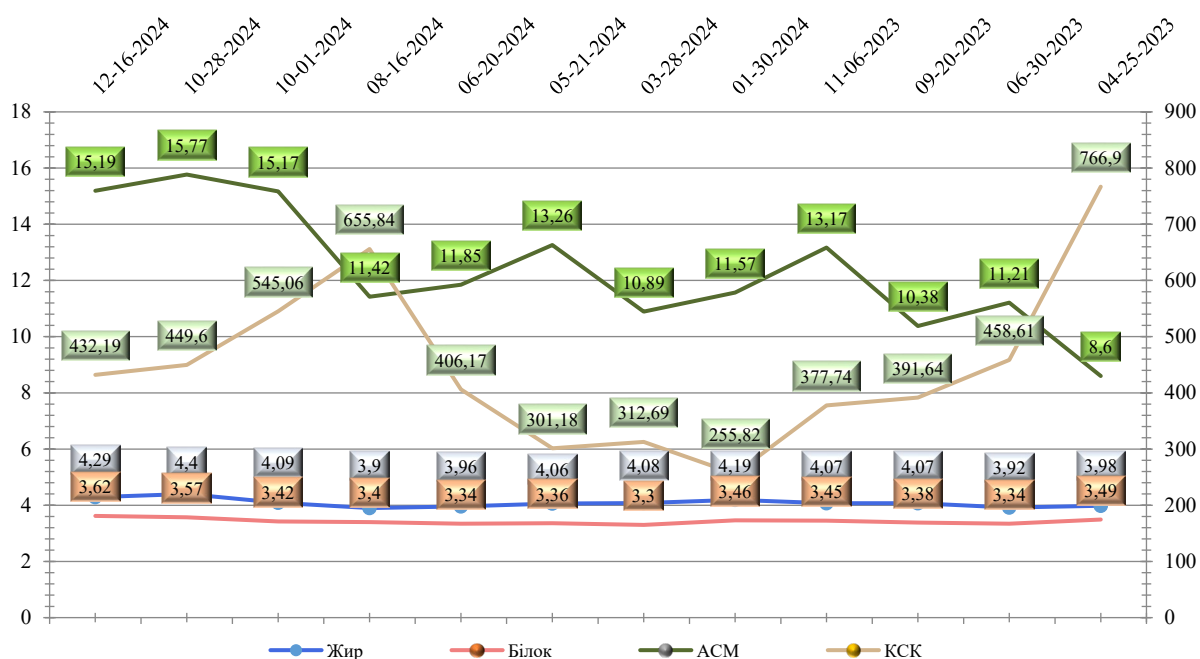


Рис. 3. Якість і безпечність молока-сировини по стаду за 2023–2024 рр.

Зокрема, відбулося: збільшення жиру від 3,98 % до 4,07 % у 2023 році та від 3,9 % до 4,29 % у 2024; вміст білку у 2023 році був на рівні від 3,34 % – 3,49 %, а у 2024 році він становив 3,3 % – 3,62 %, що є суттєвим з огляду на кількість молока за добу в економічному розрахунку (див. рис. 3).

Разом з тим кількість соматичних клітин мала тенденцію до зростання в жарку пору року від 255 до 655 тис соматичних клітин в мл.

Стосовно азоту сечовини молока, який в основному є показником коректної годівлі по вмісту загального білку в раціоні, то його вміст коливався в залежності від корекцій раціону годівлі корів у даному господарстві.

Постійний моніторинг кількості соматичних клітин у зразках молока від дійних корів дає можливість виявляти тварин хворих на скриті форми маститів та на підставі цього своєчасно організовувати лікування і профілактичні заходи [22, 39]. Вирішенням цієї проблеми, як зазначають науковці, може бути цитологічне дослідження, яке дозволяє визначити рівень запального процесу у вимені та поширеність у стаді маститу, іншим – використання швидкого маститного тесту.

Висновки

1. Результати власних досліджень та наукових публікацій, підтверджують, що істотною проблемою у господарствах усіх форм власності є мастит і якість та безпечність молока-сировини, вирішення якої потребує постійної уваги з боку фахівців ветеринарної медицини і перспективних досліджень у профілактиці та ефективному лікуванні

2. Результати наших досліджень свідчать про важливість програми профілактики, як практики управління стадом, враховуючи пік захворюваності корів на мастит протягом різних етапів лактаційного періоду та всіх сезонів року у дійних стадах.

3. Проведені профілактичні заходи (чіткий регламент годівлі, дотримання санітарно-гігієнічних умов годівлі і утримання, щоденний ретельний огляд дійних корів та аналіз захворюваності), контроль кількості соматичних клітин, бактеріологічні дослідження для виявлення спектру збудників маститу у хворих тварин, застосування розроблених схем лікування за результатами чутливості виділених культур значно знизило рівень захворюваності (від 7,3 % всього поголів'я дійного стада у 2022 році до 0,8–1,5 % у 2024).

4. Виробництво молока за новітньою Канадською технологією з використанням Європейського обладнання, що передбачає для підвищення якості і безпечності молока-сировини розроблення і сертифікацію системи управління якістю, зниження рівня захворюваності дійних корів на мастит, посилення санітарно-гігієнічних заходів при доїнні, дотримання санітарно-гігієнічних вимог щодо обробки молока, його зберігання і транспортування з роками (2022–2024) сприяло значному покращенню його якості та безпечності. Зокрема, відбулося: збільшення жиру від 3,98 % до 4,07 % у 2023 році та від 3,9 % до 4,29 % у 2024; вміст білку у 2023 році був на рівні від 3,34 % – 3,49 %, а у 2024 році він становив 3,3 % – 3,62 %, що є суттєвим з огляду на кількість молока за добу в економічному розрахунку.

5. За кількістю соматичних клітин і бактеріальним показником (КМАФАнМ) молока-сировини у 2023–2024 році 85,45 % зразків відповідали вимогам екстра і вищого гатунку у відповідності з нормативними вимогами ДСТУ 3662:2018 «Молоко-сировина. Технічні умови».

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження у цьому напрямі дозволять удосконалити профілактику захворювань, забезпечити випуск якісного і безпечного молока-сировини та покращити економічне становище господарства.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Admin, O., & Admina, N. (2022). Influence of paratypical factors on milk quality indicators with different keeping methods. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 66–77. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.08>
2. Aghamohammadi, M., Haine, D., Kelton, D. F., Barkema, H. W., Hogeveen, H., Keefe, G. P., & Dufour, S. (2018). Herd-level mastitis-associated costs on Canadian dairy farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00100>
3. Barkema, H. W., von Keyserlingk, M. A. G., Kastelic, J. P., Lam, T. J. G. M., Luby, C., Roy, J.-P., LeBlanc, S. J., Keefe, G. P., & Kelton, D. F. (2015). Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 98 (11), 7426–7445. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9377>
4. Baydevlyatov, Y. A., & Baydevlyatova, Y. V. (2019). Spreading of mastitis and peculiarities of the mammary gland quarters' lesion in cows of different breeds on the farms of Sumy region. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 227–231. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.30>
5. Berezovskyi, I. V. (2013). Mikrobiolohichnyy peyzazh moloka zdorovykh ta khvorykh na subklinichnyy mastyt koriv. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Vetrynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. Gzhytskoho*, 15 (3(57)), 28–34. [in Ukrainian]
6. Bezukh, V. M. (2000). Yakist' molozyva koriv, khvorykh na mastyt, ta stan zdorov'ya telyat. *Visnyk Bilotserkivs'koho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 13 (2), 18–23. [in Ukrainian]
7. Bogni, C., Odierno, L., Raspanti, C., Giraudo, J., Larriestra, A., Reinoso, E., & Vissio, C. (2011). War against mastitis: Current concepts on controlling bovine mastitis pathogens. In: *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances*. (P. 483–494). Singapore: World Scientific. Retrieved from: file:///C:/Users/Admin/Downloads/War_against_mastitis_Current_concepts_on_controlli.pdf
8. Bogatko, N., Bogatko, L., Salata, V., Frejuk, D., & Savchuk, G. (2018). Provision of security of milk and dairy products in Ukraine's profitabilized enterprises. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 83–87. <https://doi.org/10.15421/nvvet8316>
9. Bogatko, N., Lyasota, V., Bukalova, N., Artemenko, L., Bogatko, L., Salata, V., & Dashkovskyi, O. (2018). Sanitary and hygienic assessment of milk of cereal different producers in conformity with international requirements. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 88–92. <https://doi.org/10.15421/nvvet8317>
10. Bukalova, N. V. (2013). Sanitarno-higienichnyy ta bakteriologichnyy kontrol vyrobnytstva nezbyranych korov'yachoho moloka na fermi. *Naukovyi Visnyk Vetrynarnoyi Medytsyny*, 11, 25–28. [in Ukrainian]
11. Bukalova, N. V., Prylipko, T. M., Bohatko, N. M., Lyasota, V. P., Dzhamil, V. I., Utechenko, M. V., & Bohatko, L. M. (2022). Sanitary and hygienic control of cow's milk production and its microbiological analysis. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 3, 119–127. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.13>
12. Cheng, W. N., & Han, S. G. (2020). Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments – A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33 (11), 1699–1713. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0156>
13. Cheruiyot, E. K., Bett, R. C., Amimo, J. O., & Mujibi, F. D. N. (2018). Milk composition for admixed dairy cattle in Tanzania. *Frontiers in Genetics*, 9. <https://doi.org/10.3389/fgen.2018.00142>
14. Dovbnia, A. O., Berezovskyi, A. V., & Fotina, H. A. (2019). Dynamics of cow mastitis disease in conditions of industrial milk production. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 21 (96), 171–176. <https://doi.org/10.32718/nvvet9630>
15. Doyle, C. J., Gleeson, D., Jordan, K., Beresford, T. P., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Cotter, P. D. (2015). Anaerobic sporeformers and their significance with respect to milk and dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 197, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.022>
16. Doyle, C. J., Gleeson, D., O'Toole, P. W., & Cotter, P. D. (2017). Impacts of seasonal housing and teat preparation on raw milk microbiota: a high-throughput sequencing study. *Applied and Environmental Microbiology*, 83 (2). <https://doi.org/10.1128/aem.02694-16>
17. DSTU 3662:2018 "Moloko-syrovyna korov'yache. Tekhnichni umovy". Chynnyy vid 2019–01–01. (2019). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77350 [in Ukrainian]
18. FAO and WHO (2022). *Listeria monocytogenes in Ready-to-Eat (RTE) Foods: Attribution, Characterization, and Monitoring – Meeting Report*. In: *Microbiological Risk Assessment Series*, 38, 184. Retrieved from: <https://openknowledge.fao.org/items/dd2b7422-421f-4c20-b6e2-0d0fd65652b9>
19. Gomes, F., & Henriques, M. (2015). Control of bovine mastitis: old and recent therapeutic approaches. *Current Microbiology*, 72 (4), 377–382. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0958-8>
20. Gussmann, M., Steeneveld, W., Kirkeby, C., Hogeveen, H., Nielsen, M., Farre, M., & Halasa, T. (2019). Economic and epidemiological impact of different intervention strategies for clinical contagious mastitis. *Journal of Dairy Science*, 102 (2), 1483–1493. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14939>
21. Gerun, I., Skliar, O., & Musienko, O. (2020). The influence of milk production technology on its quality and safety. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 4 (51), 17–22. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2020.4.3>
22. Horyuk, Yu. V. (2015). Vmist somatichnykh kletok u syromu molotsi, scho realizuyetsya na ahropromyslovykh rynkakh mist Ternopolya ta Kamyantsya-Podil's'koho. *Vetrynarna Medytsyna*, 101, 49–51. [in Ukrainian]
23. Horyuk, Yu. V. (2016). Biotopy zolotystoho stafilokoka, yaki vydileni z moloka syroho ta moloche nykh produktiv "domashnoho" vyrobnytstva, ta yikh chutlyvist do antibakterialnykh preparativ. *Problemy Zoiinzheneriyi ta Vetrynarnoyi Medytsyny*, 32 (2), 185–190. [in Ukrainian]
24. Horyuk, Yu. V., Kukhtyn, M. D., Perkiy, Yu. B., & Horyuk, V. V. (2015). Kontrol bezpeky moloka syroho za mikrobiolohichnymy pokaznykamy na ahropromyslovykh rynkakh Ternopolya ta Kamyantsya-Podil's'koho. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Vetrynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. Gzhytskoho*, 17 (1(61)), 256–260. [in Ukrainian]
25. Karavanskyi, M., Rud, V., & Tarasenko, L. (2021). The level of cow's milk somatic cells as an important indicator of its quality and safety. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 101. <https://doi.org/10.37000/absl.2021.101.08>
26. Kasyanchuk, V. V., Berhilevych, O. M., Sklyar, O. I., Marchenko, A. M., & Terokhina, O. V. (2015). Vza-yemozv'yazok mizh kil'kisty somatichnykh klitin ta zakhvoryuvannyam koriv subklinichnym mastytom stafilokoko voyi ta koliformnoyi etiologiyi. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: Vetrynarna Medytsyna*, 1, 72–77. [in Ukrainian]
27. Klyap, N. I., Krachkovska, O. O., Maslyuk, A. V., Mostipan, K. S., & Kyivska, G. V. (2020). Control of antibiotics residual amounts content in products of animal origin. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 187–193. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.23>
28. Kondrasiy, L., & Yakubchak, O. (2016). Study of quality parameters of raw milk stability by various dairy farming practices. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 18 (3(71)), 41–44. <https://doi.org/10.15421/nvvet7109>
29. Kotelevich, V. (2017). Veterinary and sanitary assessment of food quality and safety in Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (78), 58–61. <https://doi.org/10.15421/nvvet7812>
30. Kotelevich, V. (2019). Actual problems of quality and safety of food products in the context of providing food security in the Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (93), 155–159. <https://doi.org/10.32718/nvvet9327>
31. Kotelevich, V., Gural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). Actual problems of the quality and safety of milk and dairy products. *Naukovij Visnyk Vetrynarnoi Medycini*, 1 (180), 24–39. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-180-1-24-39>
32. Kotelevich, 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>
33. Kotelevich, 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>

34. Kotelevych, V. A., Volkivskyi, 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/nvivet10517>
35. Kotelevych, V., Hural'ska, S., & Olishchevskyi, V. (2024). Veterinary and sanitary assessment of raw milk for improvement of technology to increase quality and safety in private JSC "Podillya" food company. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 118–125. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.20>
36. Kovalchuk, I. I., Kovalchuk, I. V., Muronyk, L. V., & Sauk, R. V. (2022). Udder health control during the dry period in cows. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock*, 4 (47), 87–91. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.15>
37. Kraievskyi, A. Y. (2013). Pobichni efekty nesteroidnykh protyzapal'nykh preparativ za mastytu koriv. *Biuletyn. Veterynarna Biotehnologiya*, 22, 264–269. [in Ukrainian]
38. Krupelnitsky, T., & Sokoliuk, V. (2023). Influence of cow keeping and milking technologies on sanitary and hygiene indicators of raw milk. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 69–75. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.13>
39. Kurtiak, B. M., Sobko, H. V., & Boiko, O. P. (2015). Bakteriologichniy monitorynh prykhovanykh form mastytiv – vazhlyva skladova u prohrami profilaktyky mastytiv. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. Gzhytskoho*, 17 (2), 281–287. [in Ukrainian]
40. Levchenko, A. H., & Fotin, O. V. (2013). Rozpovsiudzhennia riznykh form mastytu v umovakh hospodarstv Sums'koi oblasti. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Biologii Tvaryn ta Derzhavnoho Naukovo-Doslidnoho Kontrol'noho Instytutu Vetpreparativ ta Kormovykh Dobavok*, 14 (1/2), 186–192. [in Ukrainian]
41. Montgomery, H., Haughey, S. A., & Elliott, C. T. (2020). Recent food safety and fraud issues within the dairy supply chain (2015–2019). *Global Food Security*, 26, 100447. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100447>
42. Moradi, M., Omer, A. K., Razavi, R., Valipour, S., & Guimarães, J. T. (2021). The relationship between milk somatic cell count and cheese production, quality and safety: A review. *International Dairy Journal*, 113, 104884. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104884>
43. Olde Riekerink, R. G. M., Barkema, H. W., & Stryhn, H. (2007). The effect of season on somatic cell count and the incidence of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 90 (4), 1704–1715. <https://doi.org/10.3168/jds.2006.567>
44. Paliy, A. P. (2015). Vyznachennya krytychnykh kontrol'nykh tochk pry vyrobnytstvi vysokoyakisnoho moloka. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. Gzhytskoho*, 17 (3), 277–281. [in Ukrainian]
45. Plakhotniuk, I. M., & Ordin, Yu. M. (2017). Chastota vynykennia induratsii u riznykh chastkakh vymia koriv zalezno vid formy mastytu ta kilkosty urazhennykh chastok. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu*, 1 (60 (3)), 292–296. [in Ukrainian]
46. Prilipko, T., & Bukalova, N. (2016). Evaluation of quality and safety of milk on admission to molokokoperobne company from different entities. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 18 (2), 212–215. <https://doi.org/10.15421/nvivet6747>
47. Ramachandran, A., & Singh, A. (2020). Assessment of hygienic milking practices and prevalence of bovine mastitis in small dairy farms of peri-urban area of Jaipur. *Indian Journal of Community Medicine*, 45 (5), 21. https://doi.org/10.4103/ijcm.ijcm_363_19
48. Rios-Muñiz, D., Cerna-Cortes, J. F., Lopez-Saucedo, C., Angeles-Morales, E., Bobadilla-del Valle, M., Ponce-de Leon, A., & Estrada-Garcia, T. (2019). Longitudinal analysis of the microbiological quality of raw cow's milk samples collected from three small family dairy farms in Mexico over a 2-year period. *Journal of Food Protection*, 82 (12), 2194–2200. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-19-155>
49. Shkromada, O. I., Sklyar, O. I., Paliy, A. P., Ul'ko, L. H., Herun, I. V., Naumenko, O. A., Ishchenko, K. V., Kisterna, O. S., & Musiyenko, O. V. (2019). Rozrobka zakhodiv pidvyschennya yakosti ta bezpechnosti moloka. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/11 (99), 30–39. [in Ukrainian]
50. Sklyar, O. (2015). Somatichni klityny siroho nezbyranoho moloka - kryterii yoho yakosti ta bezpechnosti. *Tvarynnystvo Ukrainy*, 9, 20–23. [in Ukrainian]
51. Sklyar, I. O., Fotina, T. I., & Sklyar, O. I. (2016). Sanitarnyy stan doilnoho obladnannya ta yoho vplyv na rozpovsiudzhennya subklinichnoho mastytu koriv. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrrarnoho Universytetu. Seriya Veterynarna Medytsyna*, 6 (38), 50–53. [in Ukrainian]
52. Sklyar, O. I., & Sklyar, I. O. (2015). Vplyv tekhnolohiyi vyrobnytstva moloka na yoho yakist ta bezpechnist. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekologichnoho Kontrolu Resursiv APK Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 3 (3), 88–92. [in Ukrainian]
53. Sklyar, O. I., Shkromada, O. I., Herun, I. V., & Paraschenko, V. V. (2017). Sanitarno-hihiienichna otsinka yakosti ta bezpechnosti moloka koriv otrymanoho za novitnikh tekhnolohiy. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrrarnoho Universytetu. Seriya Veterynarna Medytsyna*, 11, 74–77. [in Ukrainian]
54. Sklyarenko, Yu. I., & Chernyavs'ka, T. O. (2018). Zminy vmistu skladovykh moloka pry zakhvoryuvanni koriv na mastyt. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrrarnoho Universytetu*, 1 (22), 66–68. [in Ukrainian]
55. Sokoliuk, V. M., Dukhnytsky, V. B., Krupelnitsky, T. V., Ligomina, I. P., Revunets, A. S., & Prus, V. M. (2022). Influence of technological factors on milk quality indicators. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (105), 37–43. <https://doi.org/10.32718/nvivet10506>
56. Suprovych, T. M., & Stroianovska, L. V. (2023). Monitoring of cow mastitis in farms and its etiological structure. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 38, 210–215. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.31>
57. Svennesen, L., Nielsen, S. S., Mahmmod, Y. S., Krömker, V., Pedersen, K., & Klaas, I. C. (2019). Association between teat skin colonization and intramammary infection with *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* in herds with automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 102 (1), 629–639. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15330>
58. Yakubchak, O., Taran, T., Ushkalov, V., & Midyk, S. (2021). Physicochemical and microbiological research of raw-milk material. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 12 (2), 26–37. <https://doi.org/10.31548/ujvs2021.02.003>
59. Vakkamäki, J., Taponen, S., Heikkilä, A.-M., & Pyörälä, S. (2017). Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59 (1). <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0301-4>
60. Vithanage, N. R., Dissanayake, M., Bolge, G., Palombo, E. A., Yeager, T. R., & Datta, N. (2016). Biodiversity of culturable psychrotrophic microbiota in raw milk attributable to refrigeration conditions, seasonality and their spoilage potential. *International Dairy Journal*, 57, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.02.042>
61. Yakubchak, O. M., & Martynenko, O. A. (2023). Ryzyk peredachi antybiotykohezystentnykh shtamiv mikroorganizmiv, yaki tsyrkuliuiut u kharchovomu lantsiuzi molochnykh produktiv. *Prodovolcha ta ekologichna bezpeka v umovakh viiny ta poivoennoi vidbudovy: vyklyky dlia Ukrainy ta svitu: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Seektsiia 3: Rol tvarynnystva, veterynarnoi medytsyny ta kharchovykh tekhnolohii v umovakh viiny ta vyryshenni zavdan planu vidrodzhennia Ukrainy* (p. 167–170). Kyiv [in Ukrainian]
62. Zhelavskyi, M. M., Horkusha, H. O., Starostka, V. V., & Lozinskyi, M. M. (2012). Rol mikroboho faktora v etiopatogenezi subklinichnoho mastytu koriv. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Biologii Tvaryn ta Derzhavnoho Naukovo-Doslidnoho Kontrol'noho Instytutu Vetpreparativ ta Kormovykh Dobavok*, 13 (1/2), 300–304. [in Ukrainian]

ORCID

V. Kotelevych 
 S. Hural'ska 
 V. Olishchevskyi 

<https://orcid.org/0000-0002-5886-1917>
<https://orcid.org/0000-0001-7383-1989>
<https://orcid.org/0009-0002-7594-173X>



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.

Influence of *Ctenocephalides felis* on biochemical indicators of blood serum of infested cats

B. Havryk¹ | V. Melnychuk^{1,2}

Article info

Correspondence Author

V. Melnychuk

E-mail:

vitaliy.melnichuk@pdaa.edu.ua

¹ Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine

² Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Donetska Str., 30, Kyiv, 03151, Ukraine

Citation: Havryk, B., & Melnychuk, V. (2025). Influence of *Ctenocephalides felis* on biochemical indicators of blood serum of infested cats. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 119–123. doi: 10.31210/spi2025.28.01.19

Fleas represent one of the most important groups of blood-sucking parasitic insects. An important aspect of the medical and veterinary importance of fleas, which has not lost its relevance even today, is their role in maintaining natural foci of zoonanthropotic and zoonotic infections. With constant flea attacks on an animal, clinical signs develop, characterized by itching, anxiety, and dermatopathologies, which are due to certain parasite-host relationships, which are based on the interaction of the pathogenic effect of the parasite and the host's defense mechanism. The aim of the research was to determine changes in the biochemical parameters of blood serum of infested cats at different levels of ctenocephalic invasion intensity. The conducted studies have established that flea parasitism on the body of cats led to a negative impact of ectoparasites on the biochemical parameters of the blood serum of infested cats. With increasing intensity of flea infestation of cats, the severity of changes in the biochemical parameters of their blood serum increased. Thus, at low levels of ctenocephalic invasion intensity (up to 19 specimens/head), a decrease in albumin content by 3.99 % ($p < 0.05$) was detected in the blood serum of infected cats compared to the levels in clinically healthy cats. All other indicators were within physiological fluctuations. At higher rates of intensity of ctenocephalic invasion (from 20 to 42 specimens/head) in the blood serum of infected cats, a decrease in albumin content by 15.39 % ($p < 0.01$), glucose by 35.99 % ($p < 0.05$), an increase in total bilirubin content by 33.54 % ($p < 0.05$), urea by 36.24 % ($p < 0.05$), creatinine by 16.18 % ($p < 0.05$), as well as an increase in the activity of enzymes alanine aminotransferase by 22.42 % ($p < 0.05$), aspartate aminotransferase by 38.56 % ($p < 0.05$), alkaline phosphatase by 2.4 times ($p < 0.05$), α -Amylase by 51.44 % ($p < 0.05$), gamma-glutamyl transpeptidase by 31.22 % ($p < 0.05$) compared to the indicators in clinically healthy cats. The results obtained expand existing data on the impact of fleas on the body of infested cats, and also allow us to take into account indicators of infestation intensity in increasing the effectiveness of treatment measures.

Keywords: parasitology, ctenocephalosis, cats, intensity of invasion, biochemical parameters, blood serum.

Вплив *Ctenocephalides felis* на біохімічні показники сироватки крові інвазованих котів

Б. А. Гаврик¹ | В. В. Мельничук^{1,2}

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Інститут ветеринарної медицини Національної академії аграрних наук України,
м. Київ, Україна

Блохи представляють одну з найбільш важливих груп кровосисних паразитичних комах. Важливим аспектом медичного та ветеринарного значення бліх, які не втратили актуальності і в даний час, є їх роль у підтримці природних вогнищ зооантропонозних та зоонозних інфекцій. При постійному нападі бліх на тварину розвиваються клінічні ознаки, які характеризуються свербіжем, занепокоєнням та дерматопатологіями, що обумовлено певними паразито-хазяїнними відносинами, в основі яких лежить взаємодія патогенного впливу паразита і механізму захисту організму хазяїна. Метою досліджень було встановити зміни в біохімічних показниках сироватки крові інвазованих котів за різних показників інтенсивності ктеноцефальної інвазії. Проведеними дослідженнями встановлено, що паразитування бліх на тілі котів призводило до негативного впливу еktoparasитів на біохімічні показники сироватки крові інвазованих котів. При зростанні інтенсивності зараження котів блохами тяжкість змін у біохімічних показниках їх сироватки крові зростала. Так, за невисоких показників інтенсивності ктеноцефальної інвазії (до 19 екз/гол.) у сироватці крові заражених котів виявляли зниження вмісту альбумінів на 3,99 % ($p < 0,05$) порівняно з показниками у клінічно здорових котів. Всі інші показники знаходилися в межах фізіологічних коливань. За більш високих показників інтенсивності ктеноцефальної інвазії (від 20 до 42 екз/гол.) у сироватці крові заражених котів встановлювали зниження вмісту альбумінів на 15,39 % ($p < 0,01$), глюкози на 35,99 % ($p < 0,05$), зростання вмісту загального білірубину на 33,54 % ($p < 0,05$), сечовини на 36,24 % ($p < 0,05$), креатиніну на 16,18 % ($p < 0,05$), а також зростання активності ферментів аланінамінотрансферази на 22,42 % ($p < 0,05$), аспаратамінотрансферази на 38,56 % ($p < 0,05$), лужної фосфатази у 2,4 рази ($p < 0,05$), α -Амілази на 51,44 % ($p < 0,05$), гамма-глутамілтранспептидази на 31,22 % ($p < 0,05$) порівняно з показниками у клінічно здорових котів. Отримані результати розширюють вже існуючі дані щодо впливу бліх на організм інвазованих котів, а також дозволяють враховувати показники інтенсивності інвазії у підвищенні ефективності лікувальних заходів.

Ключові слова: паразитологія, ктеноцефалоз, коти, інтенсивність інвазії, біохімічні показники, сироватка крові.

Бібліографічний опис для цитування: Гаврик Б. А., Мельничук В. В. Вплив *Ctenocephalides felis* на біохімічні показники сироватки крові інвазованих котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 119–123.

Introduction

Fleas of the genus *Ctenocephalides* are widespread ectoparasites of cats in most countries of the world, including Ukraine [1–6]. These parasitic insects can also transmit numerous pathogenic bacteria to both humans and animals, as well as the cestode pathogen *Dipylidium caninum* to dogs and cats [7–9].

As a result of flea parasitism, the transmission of pathogens, the release of toxins, the development of allergic reactions in the host's body, as well as a severe course of the disease with a fatal outcome can occur [10–12]. Ectoparasites can affect the physiological processes of the host, which is reflected in the immune defense and condition of the organism, as well as in the morphological and biochemical parameters of its blood. In particular, researchers found that flea-infested animals had decreased hematocrit, red blood cell count, hemoglobin, and lymphocyte count, which the authors believe is due to the ectoparasites feeding on blood. At the same time, the number of eosinophils, neutrophils, and basophils in the blood of flea-infested animals increased, indicating an immune response by the host [13].

Other researchers have established the negative impact of fleas on the body of sick animals, where a significant decrease in the number of erythrocytes ($p<0.05$), hemoglobin content ($p<0.01$) and hematocrit was recorded in their blood. At the same time, the number of leukocytes increased in the blood of sick cats and dogs ($p<0.01$). Changes in the biochemical parameters of the blood serum of sick animals were characterized by an increase in the content of total protein, urea, creatinine, AST, ALT and alkaline phosphatase activity ($p<0.01$) [14].

Scientists note that parasitism by ectoparasites of the genus *Ctenocephalides* leads to changes in hematological parameters of infested dogs, the severity of which depends on the intensity of the invasion. Leukocytosis and eosinophilia were detected in the blood of animals that were parasitized by up to 15 ex. fleas. At the same time, in the case of an invasion intensity of 16 to 47 ex. fleas, signs of anemia, inflammatory and allergic phenomena were recorded on the animal's body, as evidenced by a decrease in the number of erythrocytes, hemoglobin content, an increase in the number of leukocytes, eosinophils and rod-shaped neutrophils [15].

There are reports where, with a heavy infestation of *Ctenocephalides felis*, dairy calves were found to be lethargic, lose weight, and also have pale mucous membranes and dehydration. Hematological analysis revealed anemia with a significant decrease in the number of red blood cells [16].

The aim of the study

The aim of the studies was to determine changes in the biochemical parameters of blood serum of infested

cats at different rates of intensity of ctenocephalic infestation.

Materials and methods

The research was carried out during 2024 in the conditions of the private veterinary clinic "Yashma" (Kremenchuk) and the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University (Poltava).

To determine the biochemical parameters of the blood serum of animals, the experiment used 18 cats belonging to residents of Kremenchuk. Three groups of animals of 6 animals each were formed from them: one control (clinically healthy cats) and two experimental (spontaneously infested with fleas at different II: up to 19 specimen/head and 20–42 specimen/head). Biochemical parameters of blood serum were studied using a semi-automatic analyzer "Stat Fax 1904 Plus" (USA). Sample preparation and determination of specific parameters were carried out according to the instructions for the device and reagents. In blood serum, the following were determined: the content of total protein, albumin, total bilirubin, creatinine, urea, glucose, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, activity of alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, alkaline phosphatase, gamma-glutamyl transpeptidase, α -Amylase.

Mathematical analysis of the obtained data was performed using the Microsoft EXCEL application package by determining the arithmetic mean (M), standard deviation (SD) and probability level (p) using the one-way analysis of variance technique using Fisher's exact test.

Results and discussion

The conducted studies have established that flea parasitism on the body of cats led to a negative impact on the biochemical parameters of the blood serum of infested cats. With increasing intensity of flea infestation of cats, the severity of changes in the biochemical parameters of their blood serum increased. Thus, with low intensity of ctenocephalic invasion (up to 19 specimen/head) in the blood serum of infected cats, a decrease in albumin content by 3.99 % (27.20 ± 2.70 g/l, $p<0.05$) was detected compared to the indicators in clinically healthy cats (28.33 ± 3.01 g/l) (**Fig. 1**).

At higher rates of ctenocephalic invasion intensity (from 20 to 42 specimen/head) in the blood serum of infected cats, an even greater decrease in albumin content by 15.39 % (23.97 ± 1.10 g/l, $p<0.01$, relative to clinically healthy animals – 28.33 ± 3.01 g/l), a decrease in glucose content by 35.99 % (4.18 ± 1.03 mmol/l, $p<0.05$, relative to clinically healthy animals – 6.53 ± 0.83 mmol/l), an increase in total bilirubin content by 33.54 % (6.45 ± 0.82 mmol/l, $p<0.05$, relative to clinically healthy animals – 4.83 ± 1.53 mmol/l), urea by 36.24 % (8.27 ± 2.23 mmol/l, $p<0.05$, relative to clinically healthy animals – 6.07 ± 0.29

mmol/l), creatinine by 16.18 % (108.42 ± 12.85 mmol/l, $p < 0.05$, relative to clinically healthy animals – 93.32 ± 10.42 mmol/l).

Also, with low intensity of ctenocephalic invasion (up to 19 specimens/head), enzyme activity levels

in the blood serum of infected cats did not differ from those in clinically healthy cats and were within physiological fluctuations (**Fig. 2**).

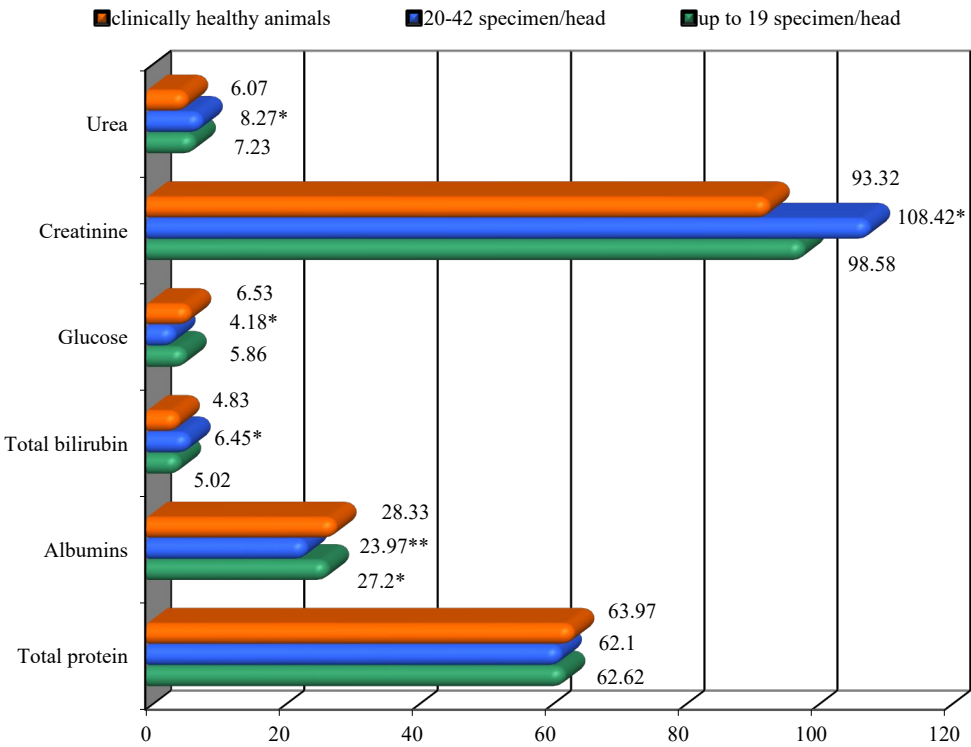


Fig. 1. The effect of ctenocephalic invasion on biochemical parameters of blood serum of infected cats depending on the intensity of the invasion
* – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$ – relative to the parameters of clinically healthy animals

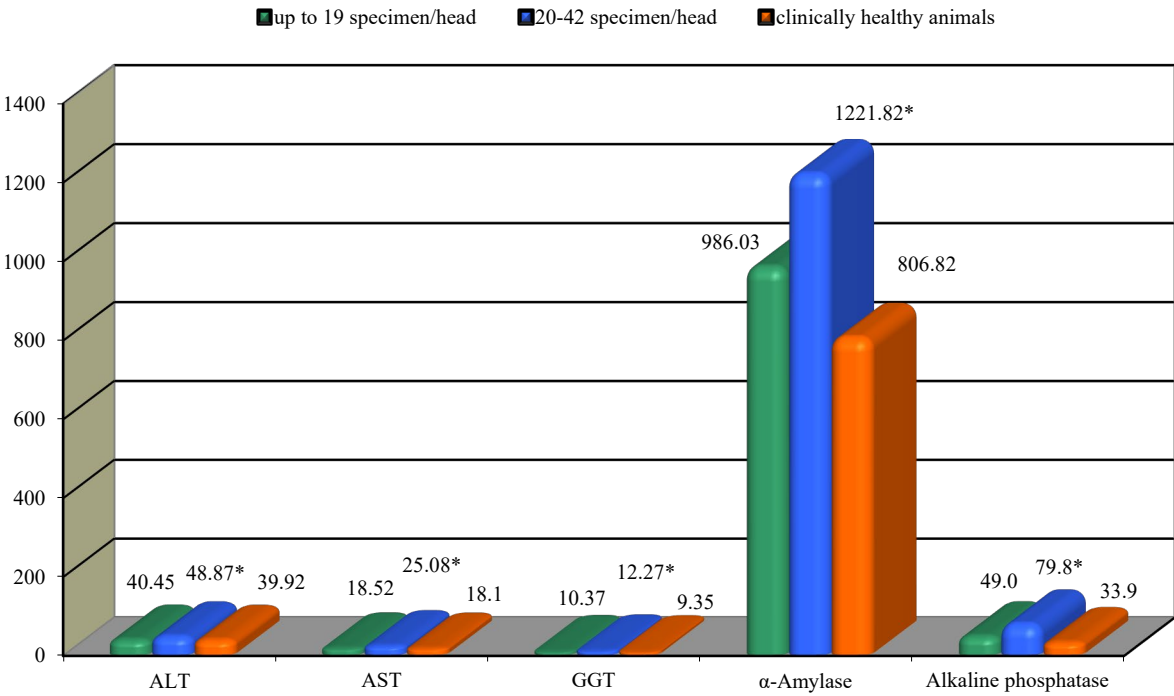


Fig. 2. The effect of ctenocephalic invasion on the activity of serum enzymes of infected cats depending on the intensity of the invasion
* – $p < 0.05$ – relative to the indicators of clinically healthy animals

With indicators of intensity of ctenocephalosis invasion from 20 to 42 specimen/head. In the blood serum of infected cats, an increase in the activity of alanine aminotransferase enzymes by 22.42 % (48.87 ± 5.09 U/l, $p < 0.05$, relative to clinically healthy animals – 39.92 ± 7.16 U/l), aspartate aminotransferase by 38.56 % (25.08 ± 5.16 U/l, $p < 0.05$, relative to clinically healthy animals – 18.10 ± 4.44 U/l), alkaline phosphatase by 2.4 times (79.8 ± 82.4 U/l, $p < 0.05$, relative to clinically healthy animals – 33.9 ± 61.2 U/l),

α -Amylase by 51.44 % (1221.82 ± 397.92 U/l, $p < 0.05$, relative to clinically healthy animals – 806.82 ± 221.59 U/l), gamma-glutamyl transpeptidase by 31.22 % (12.27 ± 2.42 U/l, $p < 0.05$, relative to clinically healthy animals – 9.35 ± 2.07 U/l).

Regardless of the intensity of ctenocephalic invasion, the content of trace elements such as K, P, Ca^{2+} and Mg in their blood serum did not significantly differ from similar indicators in clinically healthy animals and were within physiological fluctuations (**Fig. 3**).

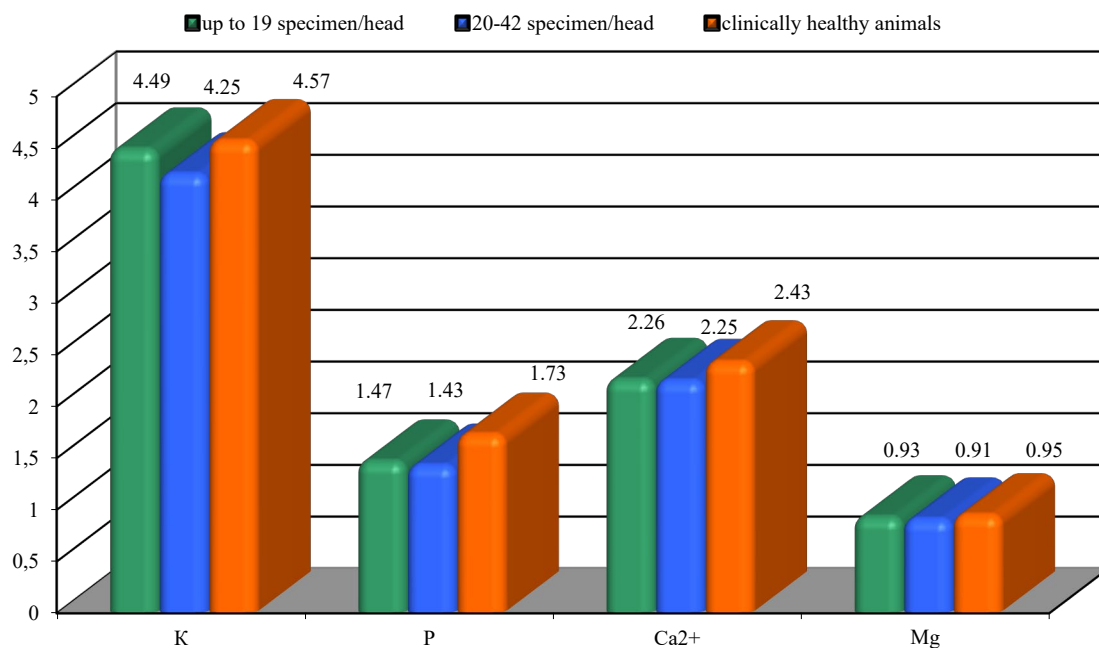


Fig. 3. The effect of ctenocephalosis invasion on the content of trace elements in the blood serum of infected cats depending on the intensity of the invasion

In nature, there are various biological relationships between living organisms. One of these relationships is parasitism. A parasite is an organism that settles in the body of an animal and a human and uses it as a habitat and food source, leading to various pathological processes that can be detected by changes in blood parameters of infected animals [17–19]. Therefore, the aim of our research was to establish changes in biochemical parameters in the blood serum of infested cats at different levels of ctenocephalic invasion intensity. It was found that with increasing intensity of flea infestation in cats, the severity of changes in biochemical parameters of their blood serum increased. Thus, with low intensity of ctenocephalic invasion (up to 19 specimen/head), a decrease in albumin content by 3.99 % ($p < 0.05$) was detected in the blood serum of infected cats. At higher rates of intensity of ctenocephalic invasion (from 20 to 42 specimens/head) in the blood serum of infected cats, a decrease in albumin content by 15.39 % ($p < 0.01$), glucose by 35.99 % ($p < 0.05$), an increase in total bilirubin content by 33.54 % ($p < 0.05$), urea by 36.24 % ($p < 0.05$), creatinine by 16.18% ($p < 0.05$), as well as an increase in the activity of enzymes alanine aminotransferase by 22.42 % ($p < 0.05$), aspartate aminotransferase by 38.56 % ($p < 0.05$), alkaline phosphatase by 2.4 times ($p < 0.05$), α -Amylase by 51.44 % ($p < 0.05$), gamma-glutamyl transpeptidase by 31.22 % ($p < 0.05$).

Similar data were obtained when studying the effect of flea parasitism on blood serum parameters of infected dogs. In particular, depending on the intensity of the invasion, an increase in the content of total bilirubin (by 15.73 %, $p < 0.05$), a decrease in the content of albumins (by 22.37–29.28%, $p < 0.05 \dots 0.01$), glucose (by 25.29 %, $p < 0.05$), an increase in the activity of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase (by 1.4 times, $p < 0.05$), alkaline phosphatase (by 2 times, $p < 0.05$) were found. Such changes, according to the author, indicate pathological changes in the liver that occur as a result of intoxication of the body from flea parasitism, as well as a decrease in food consumption due to severe itching [20].

The results obtained expand existing data on the impact of fleas on the body of infested cats, and also allow us to take into account indicators of infestation intensity in increasing the effectiveness of treatment measures.

Conclusions

With ctenocephalosis of cats, changes were found in the indicators of their blood serum, where the severity of the changes depended on the indicators of the intensity of the invasion. With indicators of the intensity of ctenocephalosis invasion up to 19 specimens/head. in the blood serum of infected cats, only albuminemia was detected (by 3.99 %, $p < 0.05$). With indicators of the

intensity of ctenocephalosis invasion from 20 to 42 specimens/head. In the blood serum, albuminemia (by 15.39 %, $p<0.01$), hypoglycemia (by 35.99 %, $p<0.05$), as well as an increase in the content of total bilirubin (by 33.54 %, $p<0.05$), urea (by 36.24 %, $p<0.05$), creatinine (by 16.18 %, $p<0.05$), ALT activity (by 22.42 %, $p<0.05$), AST (by 38.56 %, $p<0.05$), alkaline phosphatase (by 2.4 times, $p<0.05$), α -Amylase (by 51.44 %, $p<0.05$), GGT (by 31.22 %, $p<0.05$).

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- McElroy, K. M., Blagburn, B. L., Breitschwerdt, E. B., Mead, P. S., & McQuiston, J. H. (2010). Flea-associated zoonotic diseases of cats in the USA: bartonellosis, flea-borne rickettsioses, and plague. *Trends in Parasitology*, 26 (4), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.01.001>
- Kalvelage, H., & Münster, M. (1991). *Ctenocephalides canis* and *Ctenocephalides felis* infestations of dogs and cats. Biology of the agent, epizootiology, pathogenesis, clinical signs, diagnosis and control. *Tierärztliche Praxis*, 19 (2), 200–206.
- Clark, F. (1999). Prevalence of the cat flea *Ctenocephalides felis* and oocyte development during autumn and winter in Leicester City, U.K. *Medical and Veterinary Entomology*, 13 (2), 217–218. Portico. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.1999.00154.x>
- Bond, R., Riddle, A., Mottram, L., Beugnet, F., & Stevenson, R. (2007). Survey of flea infestation in dogs and cats in the United Kingdom during 2005. *Veterinary Record*, 160 (15), 503–506. Portico. <https://doi.org/10.1136/vr.160.15.503>
- Xhaxhiu, D., Kusi, I., Rapti, D., Visser, M., Knaus, M., Lindner, T., & Rehbein, S. (2009). Ectoparasites of dogs and cats in Albania. *Parasitology Research*, 105 (6), 1577–1587. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1591-x>
- Yevstafieva, V., Horb, K., Melnychuk, V., Bakhur, T., & Feshchenko, D. (2020). Ectoparasites *Ctenocephalides* (Siphonaptera, Pulicidae) in the composition of mixed infestations in domestic dogs from Poltava, Ukraine. *Folia Veterinaria*, 64 (3), 47–53. <https://doi.org/10.2478/fv-2020-0026>
- Rust, M. (2017). The biology and ecology of cat fleas and advancements in their pest management: A review. *Insects*, 8 (4), 118. <https://doi.org/10.3390/insects8040118>
- Durden, L. A., & Traub, R. (2002). Fleas (Siphonaptera). *Medical and Veterinary Entomology*, 103–125. <https://doi.org/10.1016/b978-012510451-7/50009-8>
- McElroy, K. M., Blagburn, B. L., Breitschwerdt, E. B., Mead, P. S., & McQuiston, J. H. (2010). Flea-associated zoonotic diseases of cats in the USA: bartonellosis, flea-borne rickettsioses, and plague. *Trends in Parasitology*, 26 (4), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.01.001>
- Dobler, G., & Pfeffer, M. (2011). Fleas as parasites of the family Canidae. *Parasites & Vectors*, 4 (1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-139>
- Dryden, M. W., & Rust, M. K. (1994). The cat flea: biology, ecology and control. *Veterinary Parasitology*, 52 (1–2), 1–19. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90031-0](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90031-0)
- Carlotti, D. N., & Jacobs, D. E. (2000). Therapy, control and prevention of flea allergy dermatitis in dogs and cats. *Veterinary Dermatology*, 11 (2), 83–98. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3164.2000.00204.x>
- Nogueira, B. C. F., da Silva Soares, E., Mauricio Ortega Orozco, A., Abreu da Fonseca, L., & Kanadani Campos, A. (2023). Evidence that ectoparasites influence the hematological parameters of the host: a systematic review. *Animal Health Research Reviews*, 24 (1), 28–39. <https://doi.org/10.1017/s1466252323000051>
- Kruchynenko, O. V., & Brydykhina, A. Y. (2020). Hematological and biochemical indicators of cats and dogs in case of ctenocephalosis. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 218–223. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.27>
- Yevstafieva, V. O., & Horb, K. O. (2019). The influence of *Ctenocephalides* genus parasites on hematological indices of infested dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 215–220. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.29>
- Araújo, F. R., Silva, M. P., Lopes, A. A., Ribeiro, O. C., Pires, P. P., Carvalho, C. M. E., Balbuena, C. B., Villas, A. A., & Ramos, J. K. M. (1998). Severe cat flea infestation of dairy calves in Brazil. *Veterinary Parasitology*, 80 (1), 83–86. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(98\)00181-2](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(98)00181-2)
- Baer, J. G. (1951). *Ecology of animal parasites*. Urbana, IL, USA: University of Illinois Press.
- Lincicome, D. R. (1971) The goodness of parasitism: a new hypothesis. In: Cheng T. C. (Ed) *Aspects of the biology of symbiosis* (pp. 139–227). Baltimore: University Park Press.
- Matuska-Łyżwa, J., Duda, S., Nowak, D., & Kaca, W. (2024). Impact of abiotic and biotic environmental conditions on the development and infectivity of entomopathogenic nematodes in agricultural soils. *Insects*, 15 (6), 421. <https://doi.org/10.3390/insects15060421>
- Horb, K. O. (2020). Biochemical parameters of blood serum of dogs for ctenocephalidosis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22 (97), 3–6. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9701>

ORCID

B. Havryk  <https://orcid.org/0009-0003-9723-7388>
V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>



2025 Havryk B. and Melnychuk 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.

Therapeutic efficacy of treatment measures for strongylidoses of sheep digestive tract

I. Bondarevskiy✉

Article info

Correspondence Author

I. Bondarevskiy

E-mail:

bondarevskiy.ivan.2017@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine**Citation:** Bondarevskiy, I. (2025). Therapeutic efficacy of treatment measures for strongylidoses of sheep digestive tract. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 124–127. doi: 10.31210/spi2025.28.01.20

Invasion diseases are the most widespread in the world and cause significant economic losses to the sheep farming. Gastro-intestinal strongylidoses of sheep are among the most relevant. These diseases are mainly chronic and are accompanied by damage to the intestinal and abomasum mucous lining and decrease in animal productivity. Today, anti-helminthic means are used as one of the fastest and most convenient methods of fighting strongyles of sheep digestive tract. However, despite a large choice of such preparations both on the world market and in Ukraine, veterinary specialists are more often noting a decrease in their effectiveness. Previous studies by scientists have shown that the development of resistance in nematodes to anti-helminthic agents is connected with their excessive and uncontrolled use. Therefore, the purpose of the study was to give an assessment of the anti-helminthic efficacy of Closantel 10 %, Doramax and Brovermectin 1 % preparations. The drugs were administered subcutaneously to the animals, once, according to the instructions for their use. The results of the conducted studies show that macrolide-based anti-helminthics (Doramax and Brovermectin 1 %) were more effective than Closantel 10 % (EE – 90.0 %; IE – 95.35 %) in case of the digestive tract strongylidoses on the 7th day of the experiment (EE and IE – 100 %). On the 14th day, the extensive effectiveness and intensive effectiveness of the above mentioned anti-helminthics made 100% in case of the digestive tract strongylidoses. According to our data and the indicators of general clinical observations, it was found that after the application of Closantel 10 %, Doramax and Brovermectin 1%, no side effects were observed in animals during the experiment. However, in the future, it is necessary to pay attention to Closantel 10 % with DR Closantel, since in the near future, helminthes may develop resistance to this preparation. The obtained results will contribute to raising the efficacy of treatment and preventive measures against sheep digestive tract strongylidoses on sheep farms of various forms of ownership.

Keywords: parasitology, sheep, digestive system strongylidoses, treatment, effectiveness.

Терапевтична ефективність лікувальних заходів за стронгілідозів травного тракту овець

І. Л. Бондаревський

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Інвазійні хвороби є найбільш поширеними в усьому світі та завдають значних економічних збитків галузі вівчарства. Стронгілідози шлунково-кишкового тракту у овець за актуальністю посідають одне із провідних місць. Вказані захворювання перебігають переважно хронічно та супроводжуються пошкодженням слизової оболонки кишечника й сичуга та зниженням продуктивності у тварин. Сьогодні антигельмінтні засоби використовують як один із найшвидших і найзручніших методів боротьби зі стронгілідами травного каналу у овець. Проте, незважаючи на значний вибір таких препаратів як на світовому ринку, так і в Україні, ветеринарні фахівці дедалі частіше відзначають зниження їхньої ефективності. Попередні дослідження науковців показали, що розвиток резистентності у нематод до антигельмінтних засобів пов'язаний із надмірним та неконтрольованим їх застосуванням. Тому метою дослідження було надати оцінку антигельмінтної ефективності препаратів Клозантел 10 %, Дорамакс та Бровермектин 1 %. Препарати вводили тваринам підшкірно, одноразово згідно інструкцій до їх використання. Результати проведених досліджень свідчать, що антигельмінтики на основі макролідів (Дорамакс та Бровермектин 1 %) виявилися більш ефективними, ніж Клозантел 10 % (ЕЕ – 90,0 %; ІЕ – 95,35 %) за наявності стронгілідозів органів травлення на 7-му добу експерименту (ЕЕ та ІЕ – 100 %). На 14-ту добу екстенсивність та інтенсивність вказаних вище антигельмінтиків становила 100 % – за наявності стронгілідозів травного тракту. Згідно наших даних, за показниками загальноклінічних спостережень з'ясовано, що після застосування Клозантелу 10 %, Дорамаксу та Бровермектину 1 % побічних ефектів у тварин упродовж експерименту не спостерігали. Однак, в подальшому необхідно звернути увагу на Клозантел 10 % з ДР клозантел, оскільки в найближчому майбутньому у гельмінтів можливий розвиток резистентності до даного препарату. Отримані результати сприятимуть підвищенню ефективності лікувально-профілактичних заходів проти стронгілідозів травного каналу у вівчарських господарств різних форм власності.

Ключові слова: паразитологія, вівці, стронгілідози органів травлення, лікування, ефективність.**Бібліографічний опис для цитування:** Бондаревський І. Л. Терапевтична ефективність лікувальних заходів за стронгілідозів травного тракту овець. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 124–127.

Introduction

Among the most widespread infestations of sheep, gastro-intestinal tract nematodes, namely strongylidoses of the digestive organs, attract attention. In the available literature, the significant spreading of these diseases in small ruminants is explained by the natural and climatic peculiarities of localities [2, 4, 16].

According to the survey conducted among farmers, it was found that in general not many farmers (11 %) used parasitological analysis as a tool to estimate the time of treatment, but rather relied on other factors such as previous experience (70 %). Only 15 % of respondents regularly checked their animals for parasites, while the majority of respondents did not pay any attention to the digestive organs' strongylidoses [6].

Helminthes' infestations are widespread in ruminant grazing and cause significant expenses because of production losses. Besides, anti-helminthic resistance (AR) in parasites is now widespread throughout Europe and poses a serious threat to the sustainability of modern ruminant farming. In particular, in Italy, several reports about AR in small ruminants against Levamisole, Ivermectin and Benzimidazoles have been published, but recent studies show that this phenomenon is spreading [11].

Reduced efficacy was observed in the treatment with all classes of anti-helminthic drugs used in Germany, but the treatment with Benzimidazoles and Moxidectin showed significantly worse results than Monepantel, the combination of Closantel and Mebendazole, and Levamisole [18]. The results of the conducted studies showed that Albendazole and Ivermectin showed a low efficacy (the percentage reduction at a level of 90 % and 92 %), while Tetramizole was more effective – 96.8 % [17]. An earlier study indicated that all tested anti-helminthics showed a significant ($P < 0.05$) reduction in nematode eggs shedding in sheep after treatment. The fecal egg reduction rates (FECRT) for Albendazole, Tetramizole and Ivermectin made 97.2, 98.9 and 97.7 %, respectively [15].

The researchers concluded that the nematodes were resistant to the following preparations: Doramectin, Fenbendazole and Nitroxinil, and their combined use not only did not significantly improve the anti-helminthic efficacy against *Haemonchus* and *Cooperia*, but was also economically ineffective [7]. In Portugal, after the treatment of sheep and goats, it was found that gastro-intestinal parasites are resistant to Benzimidazoles [3].

During the research it was proved that the EE of Ivermectin 1 %, Closiveron and Levavet 10 % anti-helminthic preparations was at the level of 100 %. At the same time, group application of Brovalzen powder was ineffective (EE–50 %, IE–76.20 %). When using Albendazole 10% suspension, Combitrem emulsion, Brovalevamisole 8% powder and Univerm, as well as Albendazole-250 tablets and Brovalzen powder, the indicators of extensive and intensive effectiveness did not exceed 93.0 % (EE – 60–90 %, IE – 88.45–92.63 %) [12].

The aim of the study

The aim of the work was to establish the effectiveness of anti-helminthic preparations for sheep digestive tract strongylidoses.

The task of the study: to determine the therapeutic efficacy of anti-helminthic preparations for sheep digestive tract strongylidoses, taking into account the chemical group to which they belong and the method of their administration into the animal's body.

Materials and methods

The research was conducted in the summer-autumn period of 2024 at the laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Expert Examination of Poltava State Agrarian University.

The experimental studies were conducted on a private farm in Kirovohrad region on Romanivska sheep breed aged from 6 months to 2 years, spontaneously infested with gastro-intestinal strongyles' pathogens with an average degree of invasion (from 195.0 to 490.0 eggs/g of feces (EPG)). The animals' infestation was determined by the method of quantitative helminthic copro-ovoscopic examination [9].

Three experimental and one control groups of animals were formed, each consisting of ten animals.

The sheep of the *first experimental group* were injected subcutaneously with Closantel 10 % at a dose of 0.25 ml/10 kg of live weight once.

The animals of the *second experimental group* were injected subcutaneously with Doramox at a dose of 1 ml of the preparation per 50 kg of body weight once. Brovermectin 1 % was injected subcutaneously into the shoulder blade area of the third experimental group of sheep at a dose of 0.2 ml per 10 kg of body weight.

The sheep of the *control group* were not treated.

The animals of the experimental and control groups were kept in similar feeding and handling conditions during the study period. The effectiveness of the medicines was determined on the 7th and 14th day after their application. The indicators of the drugs' impact on sheep were the extensity effectiveness (EE) and intensity effectiveness (IE).

The effectiveness of the preparations was assessed according to the following indicators: above 98 % – a highly effective medicine; 90–98 % – effective; 80–89 % – moderately effective; below 80 % – insufficiently effective or ineffective [5].

Whitlock et al., 1980 suggest the following level of animal infestation with helminthes' eggs according to the international scale of ruminants' infestation: low infestation is 100, medium – up to 500, high – more than 500 EPG.

Results and discussion

According to our data, based on indicators of general clinical observations, it was found that after using the above mentioned anti-helminthics, no side effects were observed in animals during the experiment.

During the copro-ovoscopic examination of sheep, it was established that before de-helminthization of animals of the experimental and control groups, the prevalence of helminthic infection (EI) made 100% (**Table 1**). The sheep of the first experimental group were affected by strongyles of the digestive organs with invasion intensity (II) of 323.0 ± 89.9 eggs per 1 g of feces.

In the animals of the second experimental group II with strongyles of the digestive organs, the infestation was 321.0 ± 70.9 , in the third – 334.0 ± 97.9 , and in the control group – 358.0 ± 84.7 EPG. At the same time, in the control group of animals II increased on the 7th and 14th days and made 363.5 ± 79.9 and 367.2 ± 82.4 EPG, respectively.

Table 1

Therapeutic efficacy of anti-helminthics for digestive tract strongylidoses

Animal groups, preparations (n=10)	Before de-helminthization		7 days after de-helminthization		14 days after de-helminthization	
	II, specimens in 1 g of feces	EI, %	II, specimens in 1 g of feces	EI, %	II, specimens in 1 g of feces	EI, %
The first, Closantel 10 %	323.0 ± 89.9	100	1.5	10	-	-
The second, Doramax	321.0 ± 70.9	100	-	-	-	-
The third, Brovermectin 1 %	334.0 ± 97.9	100	-	-	-	-
Control	358.0 ± 84.7	100	363.5 ± 79.9	100	367.2 ± 82.4	100

On the 7th day of the experiment (**Fig. 1**), the eggs of strongyle type were recorded in one animal from the first experimental group (EE – 90.0 %; IE – 95.35 %), while macro-cyclic lactone preparations were 100 % effective.

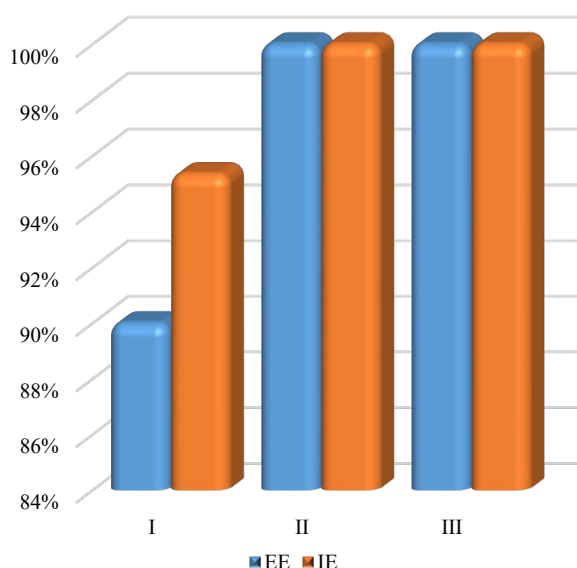


Fig. 1. Treatment effectiveness in sheep suffering from digestive tract strongylidoses on the 7th day of the experiment using:

I – Closantel 10 %, II – Doramax, III – Brovermectin 1 %

According to the coproovoscopic results, on the 14th day of the experiment (**Fig. 2**), all anti-helminthics, namely: Closantel 10 %, Doramax and Brovermectin 1 %, showed the highest efficacy (EE and IE – 100 %).

The analysis of literature sources shows that most scientific studies are devoted to assessing the effectiveness of anti-helminthic preparations against ruminants' digestive tract strongylidoses. For example, according to the author, the highest effectiveness of medicines for sheep was obtained at the use of anti-helminthics belonging to macrolides and combined agents (EE, IE – 100 %) [12].

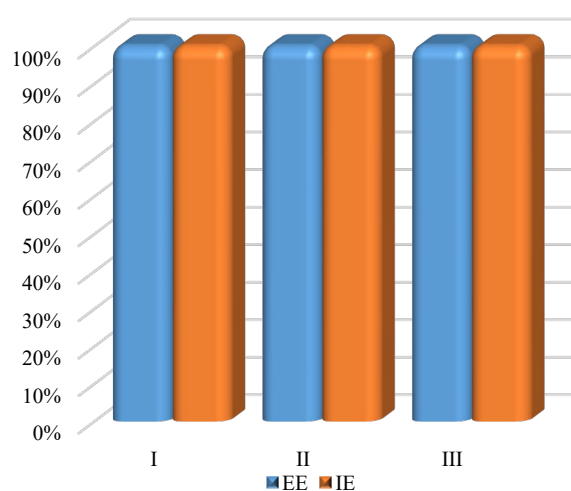


Fig. 2. Treatment effectiveness in sheep suffering from digestive tract strongylidoses on the 14th day of the experiment using:

I – Closantel 10 %, II – Doramax, III – Brovermectin 1 %

The studies have shown that on the 30th day of the experiment, the therapeutic effectiveness of Closafen and Closiveron for the treatment of gastro-intestinal strongylidoses reached 100 % [10]. The results of studying cattle showed that Fenzol 22 % anti-helminthic preparation demonstrated higher efficacy in comparison with Novoverm 1 % both in case of the digestive tract strongylidoses and for trichuriasis [20]. Analyzing in our studies the level of the preparations' effectiveness belonging to macrolides (Doramax and Brovermectin 1 %), their high effectiveness was established (EE, IE – 100 %). As for Closantel 10 %, its effectiveness on the 7th day of the experiment was lower (EE – 90.0 %; IE – 95.35 %) in comparison with other preparations. On the 14th day of the experiment, all the preparations showed 100 % effectiveness against gastro-intestinal strongyles.

The researchers note that according to the FECRT, resistance developed to the treatment of sheep with Closantel, Albendazole and Fenbendazole, administered separately and in combination to five groups of sheep, as

the mean percentage reduction in EPG made $\leq 95\%$ with a lower confidence limit of $\leq 90\%$ [1]. The studies conducted in India have shown marked resistance to Fenbendazole, Levamisole and Morantel. There was a moderate resistance to Ivermectin [8]. Anti-helminthic resistance is widespread among sheep in the Netherlands and includes products from all the major classes of anti-helminthics, except Levamisole [14]. Danish researchers note that the effectiveness of Ivermectin in case of gastro-intestinal strongylidoses is decreasing, which is connected with its long-term use for animals [13].

Thus, in the course of the conducted studies, the preparations based on Closantel and macro-cyclic lactones show 100% effectiveness on the 14th day after their application.

Conclusions

It was established that the tested medicines (Closantel 10 %, Doramax and Brovermectin 1 %) have nematocidal properties against the pathogens of sheep gastro-intestinal tract strongylidoses. It has been proven that the use of Closantel 10 %, Doramax and Brovermectin 1 % by parenteral administration leads to 100 % therapeutic efficacy.

Prospects for further research. In the future, it is planned to establish the disinvasive effectiveness of disinfectants against strongyloid type eggs.

Conflict of interest

The author state that there is no conflict of interest.

References

- Alcalá-Canto, Y., Sumano-López, H. S., Ocampo-Camberos, L., Gutiérrez, L., & Tapia-Pérez, G. (2016). Anthelmintic resistance status of gastrointestinal nematodes of sheep to the single or combined administration of benzimidazoles and closantel in three localities in Mexico. *Veterinaria México OA*, 3 (4). <https://doi.org/10.21753/vmoa.3.4.374>
- Amaral, A. C., Freitas, J. D. C., De Carvalho, R. D. Noronha, A. M. d. C. G., Ribeiro, J. M. d. S., & Dos Santos, I. (2022). The prevalence of Strongylida/strongyles in small ruminants in Manatuto Municipality in central region of Timor-Leste. *Livestock and Animal Research*, 20 (2), 110. <https://doi.org/10.20961/lar.v20i2.59527>
- Antunes, M. I., Lima, M. S., Stilwell, G., Romeiras, M. I., Fragoso, L., & Madeira de Carvalho, L. M. (2022). Anthelmintic efficacy in sheep and goats under different management and deworming systems in the region of Lisbon and Tagus Valley, Portugal. *Pathogens*, 11 (12), 1457. <https://doi.org/10.3390/pathogens11121457>
- Bondarevskyi, 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>
- Dobson, R. J., Hosking, B. C., Jacobson, C. L., Cotter, J. L., Besier, R. B., Stein, P. A., & Reid, S. A. (2012). Preserving new anthelmintics: A simple method for estimating faecal egg count reduction test (FECRT) confidence limits when efficacy and/or nematode aggregation is high. *Veterinary Parasitology*, 186 (1–2), 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.11.049>
- Gravdal, M., Robertson, L. J., Tysnes, K. R., Höglund, J., Chartier, C., & Stuen, S. (2021). Treatment against helminths in Norwegian sheep: a questionnaire-based survey. *Parasite*, 28, 63. <https://doi.org/10.1051/parasite/2021061>
- Holsback, L., Luppi, P. A. R., Silva, C. S., Negrão, G. K., Conde, G., Gabriel, H. V., Balestrieri, J. V., & Tomazella, L. (2016). Anthelmintic efficiency of doramectin, fenbendazole, and nitroxylin, in combination or individually, in sheep worm control. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 25 (3), 353–358. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612016025>
- Kalkal, H., & Vohra, S. (2022). Detection of moderate anthelmintic resistance in Closantel and Macrocytic lactone in organized central sheep breeding farm of Haryana, India. *Exploratory Animal and Medical Research*, 12 (1), 124–127. <https://doi.org/10.52635/eamr/12.1.124-127>
- Kruchynenko, O. V., & Bondarevskyi, I. L. (2024). Patent na korysnumodel № 156464. Sposib kilksnoho helminto-koproovoskopichnoho doslidzhennia. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1806488/> [in Ukrainian]
- Kruchynenko, O. V., Mykhailiutenko, S. M., & Klymenko, O. S. (2019). The therapeutic effectiveness of klozapfen and Closiveron at cow diroceliosis-strongylosis invasion. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 241–247. <https://doi.org/10.31210/spi2019.03.33>
- Maurizio, A., Perrucci, S., Tamponi, C., Scala, A., Cassini, R., Rinaldi, L., & Bosco, A. (2023). Control of gastrointestinal helminths in small ruminants to prevent anthelmintic resistance: the Italian experience. *Parasitology*, 150 (12), 1105–1118. <https://doi.org/10.1017/s0031182023000343>
- Melnichuk, V. V. (2019). Effectiveness of modern anthelmintic agents for strongylatoses sheep digestive canal. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 21 (95), 144–149. <https://doi.org/10.32718/nvvet9527>
- Peña-Espinoza, M., Thamsborg, S. M., Denwood, M. J., Drag, M., Hansen, T. V., Jensen, V. F., & Enemark, H. L. (2016). Efficacy of ivermectin against gastrointestinal nematodes of cattle in Denmark evaluated by different methods for analysis of faecal egg count reduction. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 6 (3), 241–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2016.10.004>
- Ploeger, H. W., & Everts, R. R. (2018). Alarming levels of anthelmintic resistance against gastrointestinal nematodes in sheep in the Netherlands. *Veterinary Parasitology*, 262, 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.09.007>
- Seyoum, Z., Demessie, Y., Bogale, B., & Melaku, A. (2017). Field evaluation of the efficacy of common anthelmintics used in the control of gastrointestinal nematodes of sheep in Dabat district, Northwest Ethiopia. *Irish Veterinary Journal*, 70 (1). <https://doi.org/10.1186/s13620-017-0097-6>
- Singh, E., Kaur, P., Singla, L. D., & Bal, M. S. (2017). Prevalence of gastrointestinal parasitism in small ruminants in western zone of Punjab, India. *Veterinary World*, 10 (1), 61–66. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.61-66>
- Solomon, L., Haile, G., Ahmed, N. A., Abdeta, D., Galalcha, W., & Hailu, Y. (2024). Epidemiology and field efficacy of anthelmintic drugs associated with gastrointestinal nematodes of sheep in Nejo district, Oromia, Ethiopia. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55611-7>
- Voigt, K., Geiger, M., Jäger, M. C., Knubben-Schweizer, G., Strube, C., & Zablotski, Y. (2022). Effectiveness of anthelmintic treatments in small ruminants in Germany. *Animals*, 12 (12), 1501. <https://doi.org/10.3390/ani12121501>
- Whitlock, H. V., Kelly, J. D., Porter, C. J., Griffin, D. L., & Martin, I. C. A. (1980). In vitro field screening for anthelmintic resistance in strongyles of sheep and horses. *Veterinary Parasitology*, 7 (3), 215–232. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(80\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0304-4017(80)90026-6)
- Yevstafieva, V., Budnyk, D., Melnychuk, V., Kyrychko, B., & Derkach, I. (2024). Therapeutic effectiveness of treatment measures for nematodosis of the digestive tract of cattle. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 133–138. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.22>

ORCID

I. Bondarevskyi  <https://orcid.org/0000-0001-6903-4186>



2025 Bondarevskyi 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.

Overview of animal behavior monitoring systems on the Ukrainian market with a brief description of their operating principles and technical characteristics

Yu. Slon  | P. Skliarov

Article info

Correspondence Author

Yu. Slon

E-mail:

slonyv@ukr.netDnipro State Agrarian and
Economic University,
Serhii Efremov Str., 25
Dnipro, 49009, Ukraine

Citation: Slon, Yu., & Skliarov, P. (2025). Overview of animal behavior monitoring systems on the Ukrainian market with a brief description of their operating principles and technical characteristics. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 128–140. doi: 10.31210/spi2025.28.01.21

The aim of this publication is to review the main technologies used for detecting and signals related to estrus, calving, feed consumption, and the presence of diseases in dairy cattle. To achieve this, a search for proposals of advanced behavior change monitoring systems and relevant literature was conducted on the Google platform, in general and scientific publications, as well as through communication with representatives from farms and commercial companies (manufacturers and dealers of animal behavior monitoring systems). The review revealed that in modern animal husbandry, automated activity monitoring systems are widely used, which allow obtaining diverse information to improve herd management and increase animal productivity. The use of such devices simplifies the process of detecting estrus, calving, feed consumption, stress situations, and diseases, reducing the resources required for human observation and ensuring. The main devices available today use sensors such as accelerometers, pedometers, inclinometers, thermometers, and others, which are attached to animals to monitor their activity. Some researchers have also conducted studies using devices that do not require direct contact with animals, analyzing images from cameras, 3D cameras, and thermal cameras. There is demand for accessible and easily scalable technologies that can increase the profitability of animal husbandry by improving the management of reproductive processes (detecting animals in estrus, determining the exact time of insemination and calving), enabling early detection of sick animals and monitoring their treatment, managing feeding (by accurately detecting changes in feed consumption and rumination time), and understanding the effectiveness of climate control systems in livestock housing (stress levels in animal groups and body temperature). In conclusion, the market offers effective commercial systems for monitoring changes in cow behavior to detect behavioral changes in animals. By comparing the available technical characteristics of behavior monitoring systems, the COWMANAGER system, which is represented by an ear tag, stands out as the most comprehensive. It tracks the highest number of parameters, such as high activity, activity, rest time, feed consumption, rumination, and temperature. It has several independent and internal validation sources. The system includes additional equipment (a mobile station for locating animals or groups of animals in real-time, either indoors or on pasture) and features data exchange with herd management and breeding gate systems, with potential for further development. The notification function alerts about estrus status, insemination and calving time, feed and rumination time, stress and disease presence, and data visualization in the form of graphs enables the analysis of causes behind behavioral changes in animals.

Keywords: intelligent animal husbandry, farm management, animal health, fertility, management tools, sensors, automated detection.

Огляд систем контролю поведінки тварин на ринку України з коротким описом принципу роботи та технічною характеристикою

Ю. В. Слонь | П. М. Скліаров

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

Метою даної публікації є огляд основних технологій з описом принципів роботи і доступною технічною характеристикою, які використовуються для виявлення і сповіщень про охоту, отелення, споживання корму і наявність хвороби у молочної худоби. Для цього було проведено пошук пропозицій новітніх систем контролю змін поведінки і відповідної літератури на платформі Google, в загальних і наукових публікаціях та спілкування з представниками господарств і комерційних компаній (виробники дилери систем контролю змін поведінки тварин). У результаті розгляду було виявлено, що в сучасному тваринництві широко застосовуються автоматизовані засоби моніторингу активності, які дозволяють отримувати різноманітну інформацію для покращення управління стадом та підвищення продуктивності тварин. Використання таких пристроїв спрощує процес виявлення еструсу та отелення, родів, споживання корму, наявності стресових ситуацій і хвороби, зменшуючи затрати ресурсів, необхідних для спостереження людиною та висока якість отриманих даних. Основні пристрої, доступні на сьогодні, використовують такі датчики як: акселерометри, крокоміри, інклінометри, педометри, термометри та інші, які закріплюють на тваринах для моніторингу їхньої активності. Також деякими науковцями були проведені дослідження з використанням пристроїв і описані отримані результати, які не потребують прямого контакту з твариною, для аналізу зображень з камер, 3D камер, тепловізорів. Існує попит на доступні та легко масштабовані технології, що дозволяють збільшити прибутковість тваринництва за рахунок підвищення ефективності управління репродуктивним процесом (виявлення тварин в охоті, встановлення точного часу осіменіння та отелення), точним за раннім виявленням хворих тварин і контроль за процесом лікування хворих, управління годівлею (за рахунок точного виявлення змін часу споживання корму та жуйки) та розуміння ефективності роботи систем мікроклімату в приміщеннях (показник стресовості в групах тварин і температури тіла). Загальний висновок полягає в тому, що на ринку представлені комерційні ефективні системи для моніторингу змін в поведінці корів для виявлення змін поведінки тварин. Порівнявши доступні характеристики систем контролю змін поведінки для подальшого проведення детального емпіричного дослідження має більший потенціал система компанії COWMANAGER представлена вушною биркою що визначає найбільшу кількість показників таких як: високу активність; активність; час відпочинку; споживання корму; румінацію та температуру. Має декілька незалежних та внутрішніх джерел перевірки валідності системи. Включає в систему додаткове обладнання (мобільна станція пошуку тварини чи групи тварин в реальному часі в приміщеннях чи пасовищі) та має функції обміну даними з системами управління стадом і селекційною брамою та тенденція подальшого розвитку. Функція сповіщення повідомляє про стан еструсу, часу осіменіння та отелення, час споживання корму та жуйки, наявності стресів і хвороби, а візуалізація даних у вигляді графіків дає можливість проводити аналіз причин змін поведінки тварин.

Ключові слова: інтелектуальне тваринництво, управління фермою, здоров'я тварин, фертильність, інструменти менеджменту, датчики, автоматичне виявлення.

Бібліографічний опис для цитування: Слонь Ю. В., Скліаров П. М. Огляд систем контролю поведінки тварин на ринку України з коротким описом принципу роботи та технічною характеристикою. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 128–140.

Світ ні на хвилину не зупиняється в своєму розвитку та впровадженню новітніх технологій та автоматизації процесів виробництва і переробки продукції. Сільське господарство не стало виключенням з його розумними системами навігації обробітку полів, автоматизованими системами кліматичного контролю тваринницьких приміщень, мобільних автономних систем аналізу виробленої сировини і продукції та інші [1]. Наприклад група учених провели дослідження по використанню інформаційних систем управління молочними фермами Нідерландів встановивши, що опитані фермери використовують близько 50 різних автоматизованих систем [2] для ефективного ведення бізнесу.

Ефективний бізнес значить прибутковий так Galvão K.N., з співавторами використовуючи імітаційну модель, що включала в себе виявлення охоти, використання схеми синхронізації, та поєднання цих методів різних репродуктивних програм для проведення ефективності репродукції і прибутку. Вони дійшли висновків що максимальний прибуток і репродуктивна продуктивність буде за поєднання виявлення охоти і схеми синхронізації, але якщо менеджмент відтворення на високому рівні і будь який метод дає кращі показники то зосередження на цьому методі господарство матиме більші прибутки [3]. Інший науковець Steeneveld W., з співавторами завдяки комп'ютерній програмній моделі перевірили де перевірили близько 80 змодельованих сценаріїв контролю субоптимальної мобільності тварин за допомогою датчиків контролю дійшли до висновку, що раннє виявлення і проведення лікування кулягавості принесло середній позитивний економічний ефект за рік на тварину 51 € [4]. Таким чином застосування датчиків для покращення технологічних та економічних показників тваринництва є перспективним напрямком для проведення подальшого емпіричного дослідження з визначенням ефективності систем виявлення змін поведінки тварин на тлі зменшення людського ресурсу.

У нашій країні керівники і власники тваринницького бізнесу почали все частіше спостерігати високу тенденцію виникнення проблем чи втрат на виробництві пов'язаних з людським фактором. Тому в них поступово, але досить стійко, формується розуміння про те, що потрібно максимально запобігати проблемі нестачі трудових ресурсів шляхом автоматизації та діджиталізації окремих процесів або навіть цілих технологічних систем. Наприклад, це можна показати на прикладі програм управління стадом, які збирають усю інформацію про тварин і працюють за принципом циклічного управління: спочатку аналізують поточну інформацію, визначають та показують показники тварини які виходять за норму, потім складають план робіт, контролюють його виконання і оцінюють результат [5]. Таким чином мінімізуються людські помилки при аналізі і вибірці даних з паперових носіїв та суттєво заощаджує час спеціалістів.

До 2050 року очікується значний приріст попиту на молоко (близько 58 % у всьому світі), що вимагатиме значного зростання обсягів його виробництва [6]. У зв'язку з нарощуванням поголів'я

ВРХ зросла зросла проблема контролю фізіологічних показників, стану здоров'я та переміщення тварин. Тому останнім часом особливу увагу тваринників привернули системи контролю змін поведінки тварин як ефективний інструмент менеджменту відтворення стада [7]. Такі системи фіксують зміни в поведінці тварин, зберігають їх, аналізують та інтерпретують дані у вигляді таблиць, графіків, повідомлень та звітів [8].

За підготовки статті було використано пошук, відбір, опрацювання та аналіз літературних джерел з використанням систем контролю поведінки тварин на ринку України згідно правил для систематичних оглядів літератури.

Використано інструменти реферативної бази даних і наукометричної платформи Scopus – 50 джерел літератури, реферативної наукометричної бази даних наукових публікацій Web of Science – 40 джерел літератури, пошукової системи Google Scholar – 46 джерел літератури, базу наукової періодики України із застосуванням для пошуку ключових слів «системи контролю поведінки тварин», «інтелектуальне тваринництво», «управління фермою», «інструменти менеджменту» («animal behavior control systems», «intelligent animal husbandry», «farm management», «management tools»).

Оцінка ринку проводилася шляхом пошуку в загально доступних ресурсах інформації про наявність виробника чи офіційного представництва на території України які офіційно надають послуги з завезення, розмитнення і встановлення обладнання, налаштування системи, навчання персоналу користування системою, сервісного обслуговування та гарантійних обов'язків. До уваги не бралось обладнання та системи які власники господарств придбали не в офіційних Українських представників (такі системи присутні в Україні), або системи на момент проведення аналізу не мали доступної про себе інформації. Тобто якщо є інформація в цифрових чи друкованих виданнях про виробника чи офіційного представника, опис системи, короткі характеристики, відгуки клієнтів та інша інформація яка підтверджує офіційне існування і практичне використання системи контролю змін поведінки тварин тільки такі системи бралися до аналізу.

Оцінка систем контролю змін поведінки тварин має складності в глибокому аналізі характеристик в зв'язку з комерційною таємницею багатьох показників (алгоритми обчислення даних, алгоритми машинного навчання, характеристики датчиків та інші). Тому порівняння проводилося по показникам які є загальнодоступними і наведені в таблицях.

Використання систем контролю поведінки тварин має численні переваги порівняно з методом спостереження за тваринами працівниками. Ось декілька ключових переваг:

1. Об'єктивність і точність: системи контролю поведінки використовують датчики і алгоритми для збору та аналізу даних про поведінку тварин. Це дозволяє отримувати об'єктивні та точні вимірювані показники без впливу емоцій чи суб'єктивності [9].

2. Континуальний моніторинг: системи контролю поведінки можуть працювати цілодобово без

перерви, що дозволяє збирати дані про тварин протягом усього дня та ночі [10]. Це дозволяє виявляти зміни у поведінці та здоров'ї тварин навіть у нічний час.

3. Швидкість реакції: системи контролю поведінки можуть автоматично виявляти аномальність у поведінці тварин та сповіщати негайно фермера. Це дозволяє швидко реагувати на потенційні проблеми та запобігати їх подальшому розвитку [11].

4. Економія часу та праці: використання систем контролю поведінки може зменшити необхідність у людських спостереженнях та перевірках тварин. Це дозволяє спеціалістам господарства економити час та зусилля, які можуть бути використані для інших аспектів управління фермою [12].

5. Відсутність людських помилок: такі спостереження можуть бути помилковими та некоректними через втому, відволікання або суб'єктивність. Використання систем автоматичного контролю поведінки допомагає уникнути цих проблем та забезпечити більш точні результати [3].

6. Масштабованість: системи контролю поведінки можуть бути легко масштабованими для використання в різних розмірах ферм та для різних видів тварин. На відміну від візуального методу, який здебільшого застосовується для дослідів при визначенні поведінки малої групи тварин [14]. Це робить ці системи універсальними та придатними для використання в різних умовах.

Системи контролю поведінки тварин включають різноманітне обладнання, яке допомагає збирати дані про тварин, передавати та аналізувати поведінку. Основні складові такої системи можуть включати [15]:

1. **Датчики** є ключовим елементом системи контролю поведінки. Датчик – це пристрій, який вимірює або виявляє біологічні, хімічні, фізичні або механічні властивості або їх комбінації [16], залежно від конкретних потреб системи контролю. Можуть застосовувати такі датчики як:

✓ **акселерометри**: вимірюють рух та активність тварин [17], дозволяючи виявляти зміни в поведінці, такі як ходьба, біг, лежання чи жування;

✓ **педометри**: фіксують кількість кроків, що робить їх корисними для моніторингу активності та виявлення еструсу;

✓ **інклінометри**: вимірюють кут нахилу тіла тварини, що допомагає визначати позицію тварини (стоячи, лежачи);

✓ **гіроскопи**: використовуються для вимірювання та контролю орієнтації та рухів тварини;

✓ **температурні датчики**: вимірюють температуру тіла тварин, що дозволяє виявляти лихоманку та інші ознаки захворювань;

✓ **датчики жуйки**: вимірюють рухи, пов'язані з жуванням, що допомагає контролювати споживання корму та жуйку;

✓ **GPS датчики**: відстежують місцезнаходження тварин, що корисно для моніторингу переміщень на великих пасовищах;

✓ **датчики pH рубця**: вимірюють рівень кислотності в рубці, що допомагає контролювати здоров'я травної системи;

✓ **електрокардіографічні датчики**: використовуються для вимірювання серцевого ритму та виявлення серцевих аномалій.

✓ **інфрачервоні датчики**: використовуються для безконтактного вимірювання температури та інших фізіологічних параметрів;

✓ **камери та системи комп'ютерного зору**: аналізують зображення для визначення поведінкових патернів [18], таких як еструс або ознаки стресу [19].

2. **Пристрої збору даних**: це обладнання, яке отримує сигнали від датчиків і фіксує інформацію про поведінку тварин. Наприклад:

✓ **пристрої збору даних**: це пристрої, які збирають дані від датчиків у реальному часі та передають їх до центральної системи або хмарного сховища даних для подальшого аналізу та обробки;

✓ **базові станції або приймачі**: це пристрої, розташовані на фермі, які отримують дані від датчиків, розташованих на тваринах, та передають їх до системи моніторингу (маршрутизатори, координатори) [20];

✓ **мобільні або портативні пристрої збору даних**: це можуть бути смартфони, планшети або спеціалізовані пристрої, які дозволяють фермерам отримувати доступ до даних про поведінку тварин навіть у режимі реального часу та сповіщати про зміни в поведінці тварин [21].

Вони можуть бути встановлені безпосередньо на тварині або розміщені в їхньому оточенні [22].

3. **Системи збору та збереження даних**: ці системи призначені для збору, обробки та збереження даних, отриманих від датчиків та пристроїв збору даних. Вони можуть включати персональні комп'ютери, сервери, хмарні сервіси та спеціальне програмне забезпечення для аналізу, інтерпретації та візуалізації даних.

4. **Комунікаційні засоби**: ці засоби дозволяють передавати дані з пристроїв збору даних до систем збору та збереження даних. Це можуть бути дротові або бездротові з'єднання, такі як Bluetooth, Wi-Fi, LoRa, NB-IoT, Zigbee [23] та інші.

5. **Інтеграція з іншими системами**: деякі системи контролю поведінки можуть бути інтегровані з іншими системами [24] управління фермою (MilkCentre, DelPro, Юніформ-Agri, Dairy Farm Management) або програмами для автоматизації процесів, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до управління стадом.

Ці компоненти можуть бути використані окремо або в поєднанні для створення комплексної системи контролю поведінки тварин, яка забезпечує надійний і точний моніторинг та аналіз поведінки тварин на фермі.

Блоки датчиків мають різну форму, забарвлення, виготовлені з різних матеріалів та розташовуються на різних місцях тіла тварини: вушні бирки кріпляться на вушну раковину [25]; ошийники з датчиками встановлюють на шию; педометри кріплять дистальних відділах кінцівок [26]; датчики у вигляді болусів вводять в передшлунки [27, 28] та інші (*рис. 1*).



Рис. 1. Основні місця розташування блоків датчиків на тілі тварини

Інколи комерційні компанії пропонують поєднані системи наприклад: педометр з ошейником; педометр з ошейник і системою фізико-хімічного аналізу молока (доїльні роботи, деякі доїльні зали); ошейник і системою фізико-хімічного аналізу молока [29] та інші комбінації. Також для споживача є системи які мають можливість обміну даними з іншими програмами інших виробників створюючи загальну базу даних.

Можна спостерігати певну залежність між локалізацією блоків датчиків на тілі тварини та кількістю і якістю відстежуваних показників в поведінці тварини. Таку залежність можна спостерігати в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники, які визначають системи в залежності від локалізації на тілі тварини

Назва показника	Системи контролю			
	бирка	ошейник	датчик на кінцівку	блюс
Активність	+	+	+	+
Місцезнаходження	+	+	–	–
Жуйка	+	+	–	–
Час споживання корму	+	+	–	–
Час ходьби	–	+	+	–
Час відпочинку	+	–	+	–
Температура тіла	+	–	–	+
pH рубця	–	–	–	+

Але, все ж кількість показників, які визначаються системою більше, залежить від виробника тієї чи іншої системи контролю змін поведінки тварин, тому що компанія-виробник хоче представляти на ринку індивідуальний унікальний продукт.

Блок датчиків, наведених у табл. 1, у своїй більшості вимірюють декілька показників, але є блоки датчиків, які визначають тільки один показник такі як: точне визначення часу отелення [30], визначення серцевого ритму, температури тіла, ідентифікації тварини, визначення жувальних рухів, активність [31] та інші (рис. 2 а-л). Локалізація таких приладів може бути на корені хвоста, у просвіті піхви [32], фіксація на зовнішніх статевих губах та піхви [33], на потилиці, крижовій кістці, кістках носа та інші. В Україні вище зазначені системи відсутні або не здобули розповсюдження.

Сучасні програми контролю поведінки мають алгоритми аналізу отриманих даних та алгоритми

машинного навчання [34], тобто вони не тільки збирають дані з датчиків, їх записують і аналізують, а й на основі аналізу даних навчаються [35]. Навчання проявляється в тому, що аналіз і інтерпретація отриманих даних стає точнішим та обґрунтованим. Таким чином, програма розвивається, удосконалюючи свої алгоритми аналізу та інтерпретації висновків для точного визначення причин зміни поведінки тварин. До таких типів машинного навчання можна віднести:

1. Контрольоване навчання для класифікації (Supervised Learning – CL): використовується для класифікації різних видів поведінки корів, таких як активність, харчування, відпочинок і т. д.

2. Контрольоване навчання для регресії (Supervised Learning – REG): використовується для прогнозування параметрів поведінки корів, наприклад, їхньої продуктивності або здоров'я.

3. Неконтрольоване навчання для кластеризації (Unsupervised Learning – CLU): допомагає у групуванні корів за схожими характеристиками поведінки без використання міток.

4. Неконтрольоване навчання для виявлення аномалій (Unsupervised Learning – ANO): використовується для виявлення аномальної поведінки корів, яка може вказувати на проблеми з їхнім здоров'ям.

5. Навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning – RL): допомагає в навчанні моделей приймати рішення щодо оптимального управління керівництвом на основі нагороди чи метрики успішності.

6. Глибоке навчання (Deep Learning – DL): використовується для аналізу складних та великих обсягів даних, наприклад, відеозаписів або зображень корів [31].

7. Навчання на основі графів (Graph-based Learning – GL): використовує структуру графа для аналізу взаємозв'язків між коровами та їхньою поведінкою.

8. Навчання на основі тексту (Text-based Learning – TL): допомагає в аналізі текстової інформації, наприклад, звітів або спостережень щодо поведінки корів.

9. Навчання з використанням рекомендаційних систем (Recommendation-based Learning – RL): використовується для рекомендаційних систем, які надають рекомендації щодо управління стадом корів.

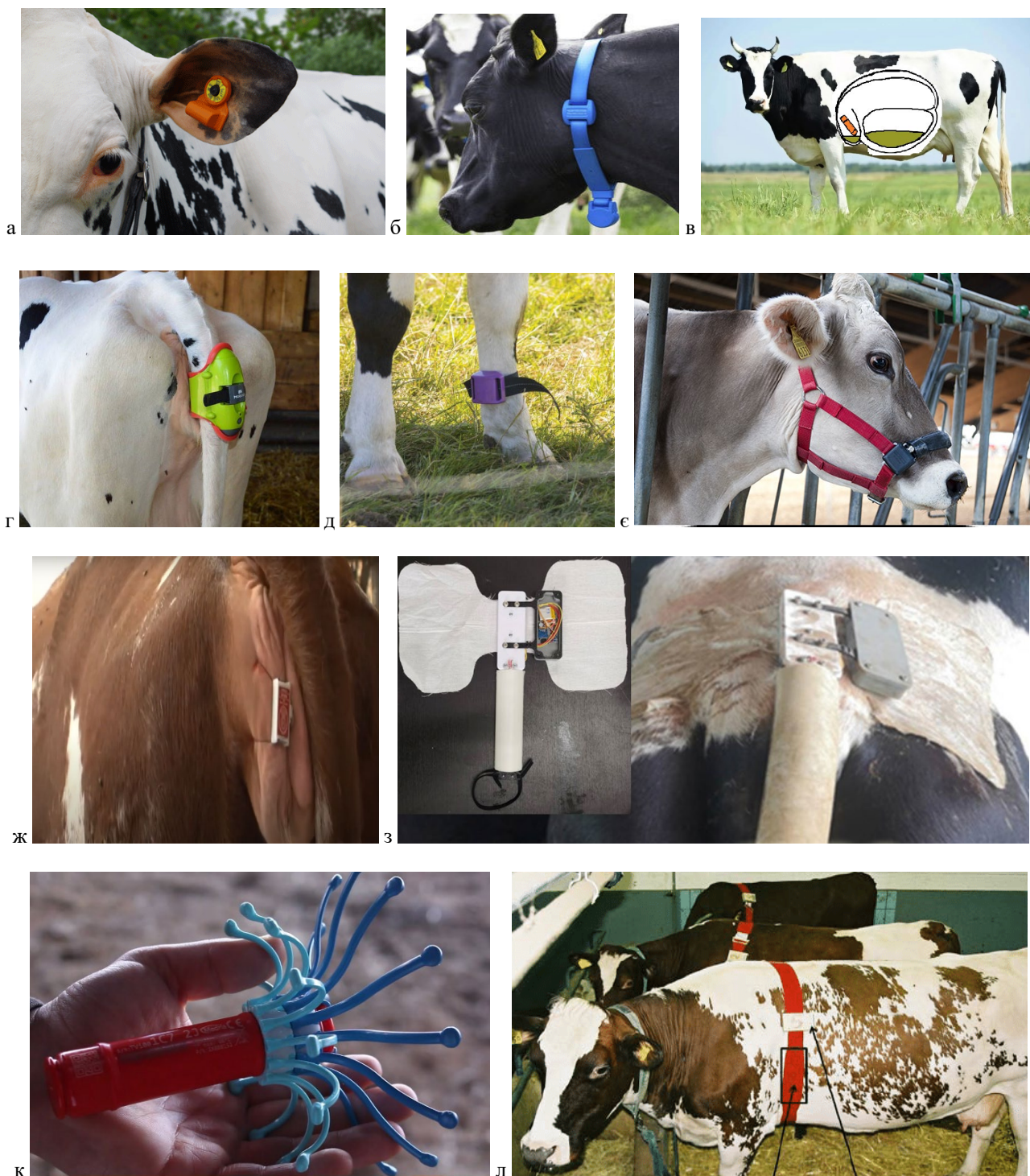


Рис. 2. Фото встановлених блоків датчиків:

- а) бирка вушна з датчиками; б) ошийник з датчиками; в) болус рубцевий; г) датчик на корені хвоста; д) педометр на кінцівці; е) недоуздок; ж) датчик на зовнішніх статевих органах; з) датчик на крижовій кістці; к) датчик вагінальний; л) датчик на грудній клітці

10. Тип машинного навчання Дерево рішень (DT): це модель, яка приймає рішення або робить прогноз на основі послідовного розгалуження умов. Кожен вузол і такій структурі відповідає певній характеристиці об'єкта, гілки показують можливі варіанти значень цієї характеристики, а кінцеві вузли (листки) відображають підсумковий результат або категорію. Перехід від початку дерева до одного

з його листків дозволяє визначити кінцеве рішення на основі вихідних даних [36].

11. Баєсова мережа (BN), також відома як мережа переконань або орієнтована ациклічна графова модель, є ймовірнісною графовою моделлю, яка представляє набір випадкових величин і їх умовні незалежності за допомогою орієнтованого ациклічного графа.

Це лише деякі приклади того, які види машинного навчання можуть бути застосовані у програмах контролю поведінки корів. Комбінацію різних методів та алгоритмів може бути використано для досягнення більш точного і ефективного контролю за стадом, підвищення його продуктивності та здоров'я. Але конкретизувати для якої системи контролю поведінки тварин, чи які типи машинного навчання прописані – неможливо, тому що це комерційна таємниця кожної компанії. Адже завдяки цим типам машинного навчання і алгоритмів аналізу інформації в електронному продукті залежить індивідуальність системи та її точність інтерпретації висновків аналізу з отриманих даних для точного визначення причин зміни поведінки тварин.

У світі, технологій, які фіксують і аналізують зміни поведінки тварин, є велика кількість систем контролю змін поведінки тварин. Так наприклад Van Nuffel та інші в своїй статті зробили

огляд комерційних валідованих сенсорних технологій, які можна використовувати для оцінки добробуту молочної худоби. Вони проаналізували 1111 публікацій з яких 42 дослідження описують 30 інструментів відповідали вимогам для зовнішньої перевірки [37]. Адже незалежні зовнішні перевірки свідчать про відкритість виробників автоматичних програм до критики та прагнуть вдосконалення своїх продуктів.

Ринок України представлений декількома різними системами контролю поведінки тварин таких як: AfiActII – педометри кріпиться на кінцівку, Heatime – ошийники, Moomonitor – ошийники, EcoHerd – педометри кріпиться на кінцівку, GEA CowScout – ошийники, DeLaval – ошийники, LELY – ошийники, COWMANAGER – вушні бирки. Також британськими вченими було проаналізовано більш детальноше вище перераховані програми, що представлено в *табл. 2* [38].

Таблиця 2

Порівняння основних характеристик систем контролю поведінки тварин представлених на ринку України

Назва	Дилер в Україні	Виробник	Відстань передачі даних антени	Термін служби батареї, років	Датчик у вигляді	Активність	Жуйка	Час прийому їжі	Час лежання	Місцезнаходження	Сповіщення системи про
Activity meter system	De-Laval	De-Laval	<200 м	<10	Ошийника	Так	Ні	Ні	Ні	Ні	Охота, здоров'я
Afi-Act II	YBT/Afimilk	Afi-milk	80 м – 200 м	5	Браслета на кінцівки	Так	Ні	Ні	Ні	Ні	Охота, отел
Cow Scout	GEA	Ne-dap	<1000 м	<10	Ошийника	Так	Так	Так	Так	Ні	Охота, здоров'я
Cow Manager	Прогресивні агротехнології Чуб	Agis	1000 м	<10	Вушної бирки	Так	Так	Так	Так	Так	Охота, здоров'я
Heatime Pro+	Агроконцепт	SCR	200 м – 500 м	8	Ошийника	Так	Так	Так	Ні	Ні	Охота, здоров'я
Moo Monitor +	Прогресивні агротехнології	Dairy Master	>1000 м	<10	Ошийника	Так	Так	Так	Ні	Ні	Охота, здоров'я
Qwes HR-LD	L-Україна/ Lely/ Прогресивні агротехнології	SCR	<500 м	8	Ошийника	Так	Так	Ні	Так	Ні	Охота, здоров'я

Системи контролю поведінки в своїй більшості інтерпретують інформацію у вигляді графіків, гістограм, лінійних чи колових діаграм (*рис. 3*), які показують зміну вимірюваної величини протягом вибраного проміжку часу, що дає можливість користувачеві

спостерігати динаміку змін вимірюваних показників. Відповідно до співвідношення зміни показників система робить висновки про причини виникнення даних змін та у формі сповіщень інформує спеціалістів господарства про це.

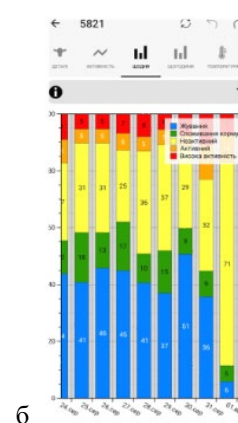
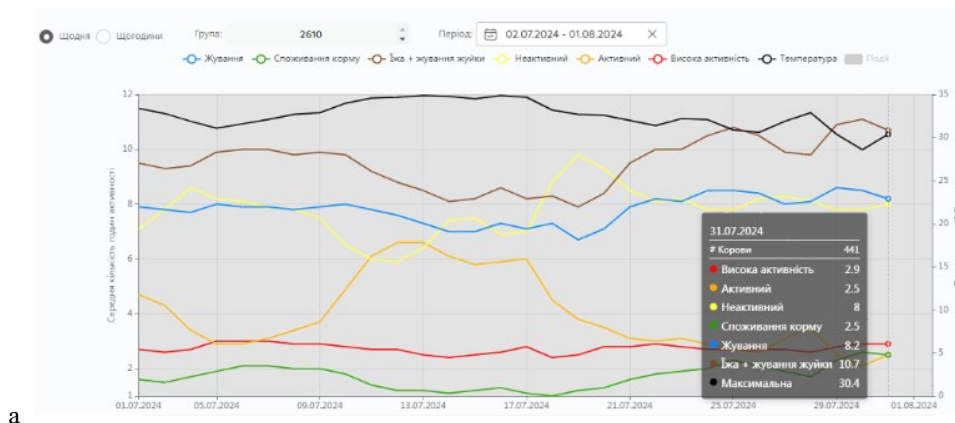


Рис. 3. Приклад діаграм: *а* – графіки; *б* – гістограми
Джерело: авторські зображення

Дані надходять на мобільний телефон, планшет чи ПК для оповіщення користувачів про виявлення змін у поведінці тварини та потребі в швидкому прийнятті відповідних рішень. Завдяки унікальним алгоритмам, які адаптуються до індивідуального ритму життя тварини (система адаптується протягом 1-3 тижнів) системи здебільшого дають точні сповіщення про:

- наявну хворобу в тварини (кетоз, хвороби кінцівок, мастит та інші) [39, 40];
- початок охоти [41, 42, 43];
- оптимальний час осіменіння [44–47];
- зниження жуйки і споживання корму [48–50];
- час отелення [51–55];
- сповіщення про температурний стрес [56–60];
- зміна температури тіла [61, 62];
- зміна в поведінці в транзитний період [62, 63];
- групові стреси.

Для ефективного і прибуткового скотарства мабуть найважливіший для фермерів інформаційний розділ – це фертильність, який вимірює та сповіщає про охоту, точний час осіменіння та можливий аборт. Система фіксує зміни в поведінці тварин, що характерні для тварин в стані охоти [64–66], і сповіщає спеціалістів про потребу в штучному осіменінні даної тварини. А інформація про точний час введення сперми [67–69], суттєво підвищує відсоток тільних тварин [70–72], у старіших корів навіть збільшується відсоток народження двійні [73]. Як відомо, ефективність осіменіння залежить від часу овуляції [74, 75].

Тому на ефективну заміну візуального виявлення охоти (відповідно до джерел ефективність якого 44,9 %) [76], приходять автоматизовані системи. Дослідження показують, що надійність систем визначення охоти досить висока та заслуговує на довіру [77–80], особливо за умови зниження проявів ознак охоти у самок ВРХ за останнє півстоліття [81]. Крім того, останніми роками продуктивність молочних корів збільшується [82], що негативно впливає на інтенсивність прояву охоти, як візуальним методом виявлення, так і на шанси виявлення передовулярної фази тварин системою визначення активності (наприклад, корови, які продукують на 10 літрів молока менше, ніж такі самі тварини, мали вищі показники на 67 % виявлення, ніж більш продуктивні корови) [83]. Також фермери мало звертають увагу на позитивні (POS FertBV) або негативні (NEG FertBV) генетичні властивості фертильності ВРХ, хоча було встановлено зв'язок між цими генетичними показниками, так в (POS FertBV) мають більш тривалий період охоти та проявляють більше активності під час охоти проти (NEG FertBV) [84]. При розведенні корів фактор (POS FertBV) досить суттєво та позитивно вплинув на запліднення стада. Адже встановлено, що тварини з більшою активністю в період охоти мають більший відсоток запліднення, ніж тварини з меншою активністю [85].

Сьогодні більшість фермерів використовують візуальний метод визначення тварин в охоті [86], візуальний з маркуванням кореня хвоста [87], схеми синхронізації [88], використання бугаїв-пробників,

але усі ці методи потребують досить багато часу, коштів та мають велику залежність від людського фактору [89]. Є також повідомлення про використання комбінованих методів виявлення охоти, візуальний метод з автоматичними системами виявлення охоти [90], схеми синхронізації поєднують з автоматичними системами виявлення охоти, а результати даного досвіду є досить позитивними в одних дослідженнях [91], але в інших великої різниці не виявили [92]. Досить хороші результати показали системи виявлення охоти в процесі пересадки ембріонів [93]. Є ще один факт, на який потрібно зважати фермерам при виборі стратегії, як показує опитування споживачів молока, з яких 65 % негативно ставляться до застосування гормональних препаратів для підвищення фертильності тварин [94].

Тому, наприклад, в Канаді на прийняття рішення по встановленню автоматичних систем виявлення охоти в господарстві на першому місці стоїть бажання покращити продуктивність стада, на другому – зменшення часу на виявлення охоти і на третьому – час спостереження за здоров'ям та охотою тварин [95]. Але кожен фермер сам визначає цілі та вибирає свою стратегію відтворення тварин [96].

Можна виділити ще одну дуже важливу функцію деяких систем контролю поведінки тварин – сповіщення про можливий аборт [97]. Економічно важливо швидко виявити абортвану тварину для профілактичних і лікувальних заходів, направлених на відновлення продуктивної функції, для штучного осіменіння та запобігання пов'язаних з абортom ускладнень [98]. Але деякі системи, як пedometri на кінцівці, можуть сповіщати про високу активність вагітних тварин (стан охоти, який можна інтерпретувати як аборт) при цьому тварини зберігають стан вагітності, і дані сповіщення не пов'язані з абортom [99]. Тому доцільно кожне таке сповіщення перевіряти шляхом огляду стану тварини на наявність ознак охоти [100] чи за допомогою ультразвукової діагностики [101].

У розділі здоров'я сповіщення про стан хвороби тварини мають вагомий вплив [102], знижуючи витрату часу спеціалістів на обхід стада для визначення хворих тварин та дає можливість виявити хворих тварин за декілька днів до прояву клінічних ознак. Таким чином, автоматичні системи контролю змін поведінки тварин дають можливість зменшити використання антибіотиків та перевитрати коштів на лікування за рахунок недопущення переходу хвороб тварин у хронічну форму або тяжкий стан. Так, раннє виявлення і лікування ендометритів, чи хвороб кінцівок позитивно впливає на відсоток тільних від осіменених [103]. Наприклад, мастит має вплив на зменшення часу лежання тварин, споживання корму і активність [104], не кажучи про прямий негативний вплив на молочну залозу та негативний економічний ефект для господарства. Більшість голландських фермерів, після опитування, вказують, що сенсорні системи частіше використовуються для визначення захворюваності корів на мастит та виявлення охоти [105, 106]. Відомо, що не лише мастит має негативний вплив на фертильність, а й інші хвороби такі. Зокрема, хвороби кінцівок також

негативно впливають на запліднювальну здатність [107], продуктивність, прояви охоти [108], тому раннє визначення захворюваності автоматичними системами має важливий вплив на економічні показники господарства [109]. Зважаючи на те, що майже усі хвороби у господарствах визначають візуально і після прояву клінічних ознак автоматичне виявлення хворих зменшує час спеціалістів на пошуки і збільшує час, присвячений саме лікуванню хворих тварин [110].

Окремо можна виділити наявність графіків споживання корму і жуйки тварини в порівнянні з такими ж показниками групи в період сухостою та декілька тижнів після отелу, що дають розуміння про стан тварини в транзитний період. Так дивлячись на останні дослідження науковців, за якими, відомо, що хворі тварини мають менший час жування на відміну від здорових тварин в доотельний і післяотельний період [111]. Також моніторинг жуйки дає можливість провести раннє лікування і завчасно попередити можливі ускладнення підчас родів і післяродовий період. У зв'язку з тим, що фізіологічна адаптація до метаболічних процесів у корів після родів починається дородовий період і, в основному регулюється цитокінами, білками гострої фази та енергетичними метаболітами [112], тому контроль за транзитним періодом є надважливим як для корів, так і для телят. Встановлено, що у корів зі зниженим споживанням корму частіше виявляють затримку посліду, зниження маси тіла та зменшення продуктивності [113]. Наприклад, аналіз даних з ферм Ірану в 2018 році показав, що народження мертвого теля веде до втрати фінансів у розмірі 938 доларів США на тварину [114]. Корови голштинської породи, які мали аборти і мертвороди, знизили надій молока після 305 доби лактації (на 14,5% у порівнянні з контрольною групою), довший міжотельний інтервал та дні неплідності [115].

Відображення дати, часу отелу є досить корисною функцією автоматичних систем контролю змін поведінки тварин, яка дає можливість завчасно підготуватися до отелу [116]. Система визначає початок отелу аналізуючи профілі тривалості жуйки і активності і, на основі програмних алгоритмів [117]. Відомо, що активність тварин збільшується за 24 години до отелу [118], а час лежання зменшується [119]. Хоча деякі системи мають можливість визначати температуру тіла, яка також слугує як додатковий показник для визначення процесу родів [120].

Важливість визначення часу отелу дає можливість вчасно надати рододопомогу [121] і запобігти мертворожденню плода, що в свою чергу підвищує ризик виникнення затримки плодових оболонок, клінічного метриту [122] і, відповідно, фінансових втрат. Адже підраховано, що 75 % хвороб відбувається в корів після родів [123], тому контрольований процес отелу відіграє важливу роль в подальшій життєдіяльності тварин.

Ще одним розділом, який заслуговує на увагу, є сповіщення про стресовий стан тварин, що базується на показниках споживання корму, активності,

жування та температурі тіла тварини [124]. Так, наприклад, стан теплового стресу, від якого страждають тварини, має негативний вплив на споживання корму, час жуйки [125], продуктивність, зміну метаболічних процесів, у сухостійних тварин зниження росту молочної залози, порушення імунітету [126] та здоров'я молодняку. Тому розуміння самопочуття тварин відіграє важливу роль в управлінні стадом та розумінні коректної роботи системи вентиляції в регулюванні температури та вологості в приміщеннях. Підвищене співвідношення температури і вологості мають дуже негативний вплив на продуктивність та життєдіяльність корів [127]. Поряд з тепловим стресом не менш важливий вплив має знижений час лежання (за норми >12 годин [128]), що негативно впливає на продуктивність [129] та здоров'я кінцівок. Стрес, який виникає після зменшення часу лежання, свідчить про переповнення загонів або використання малої кількості чи не відповідного виду підстилки. Інформація про кормові стреси є ключем до аналізу кормової поведінки тварин, що показує вплив факторів зовнішнього середовища [130], раціонів [131], технологічних процесів, захворювань [132], фізіологічного стану [133] та іншого на споживання корму та жуйку.

Сповіднення про стресовий стан є інформаційним інструментом для менеджменту і дає менеджерам можливість ефективно керувати господарством [134].

Зібрані дані і сповіщення консолідуються в звіти і вся ця інформація використовуються менеджерами ферм для аналізу проблем та покращення управління, виробництва, відтворення, добробуту, здоров'я [135], зменшення витрат та робочого часу [136].

Висновки

Метою даної публікації є огляд основних технологій з описом принципів роботи і доступною технічною характеристикою, які використовуються для виявлення і сповіщень про охоту, отелення, споживання корму і наявності хвороби у молочної худоби. Провівши короткий аналіз даних ринку України, можна зробити висновок, що є достатня кількість автоматизованих систем контролю змін поведінки тварин для потреб спеціалістів та власників господарств. Але кожен фермер обирає систему контролю поведінки спираючись на потреби та стратегію свого господарства.

Взявши до уваги досвід досліджень, інформаційні повідомлення, відгуки користувачів, доступні для загалу характеристики, система контролю змін поведінки компанії COWMANAGER представлена вушною биркою що визначає найбільшу кількість показників, перевірена на валідність декількома внутрішніми та зовнішніми джерелами, має функції обміну даними з системами управління стадом, контролем селекційною брамою, гаджет для визначення місця положення тварини або групи тварин в господарстві, сповіщення, звіти, графіки має перевагу над іншими системами.

Перспективи подальших досліджень. Для глибшого аналізу потрібно провести ще низку теоретичних та емпіричних досліджень. Дослідження

автоматичних систем контролю змін поведінки тварин в Україні досить широко не проводилися тому дані дослідження будуть перспективними як для наукового світу (вивчення валідності, взаємозв'язків між показниками навколишнього середовища та зміною поведінки тварини) так і для практичного застосування (контроль та поліпшення фертильності, здоров'я та годівлі тварин, покращення контролю виконання регламентів працівниками, розуміння потреб тварин).

Конфлікт інтересів

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

References

- Dayoub, M., Shnaigat, S., Tarawneh, R. A., Al-Yacoub, A. N., Al-Barakeh, F., & Al-Najjar, K. (2024). Enhancing animal production through smart agriculture: possibilities, hurdles, resolutions, and advantages. *Ruminants*, 4 (1), 22–46. <https://doi.org/10.3390/ruminants4010003>
- Kassahun, A., Bloo, R., Catal, C., & Mishra, A. (2022). Dairy farm management information systems. *Electronics*, 11 (2), 239. <https://doi.org/10.3390/electronics11020239>
- Galvão, K. N., Federico, P., De Vries, A., & Schuenemann, G. M. (2013). Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination. *Journal of Dairy Science*, 96 (4), 2681–2693. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5982>
- Steenefeld, W., Hogeveen, H., & Lansink, A. O. (2015). Economic consequences of investing in sensor systems on dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 119, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.10.006>
- McDougall, S., Heuer, C., Morton, J., & Brownlie, T. (2014). Use of herd management programmes to improve the reproductive performance of dairy cattle. *Animal*, 8, 199–210. <https://doi.org/10.1017/s1751731114000457>
- Ruviaro, C. F., de Leis, C. M., Florindo, T. J., de Medeiros Florindo, G. I. B., da Costa, J. S., Tang, W. Z., Pinto, A. T., & Soares, S. R. (2020). Life cycle cost analysis of dairy production systems in Southern Brazil. *Science of The Total Environment*, 741, 140273. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140273>
- Fodor, I., Abonyi-Tóth, Zs., & Ózsvári, L. (2018). Management practices associated with reproductive performance in Holstein cows on large commercial dairy farms. *Animal*, 12 (11), 2401–2406. <https://doi.org/10.1017/s1751731118000101>
- Haan, Mathew M. (2023). Choosing an Activity System for Your Dairy. *Pennsylvania State University*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/choosing-an-activity-system-for-your-dairy>
- Van Nuffel, A., Zwervtvaegher, I., Van Weyenberg, S., Pastell, M., Thorup, V., Bahr, C., Sonck, B., & Saeys, W. (2015). Lameness detection in dairy cows: Part 2. Use of sensors to automatically register changes in locomotion or behavior. *Animals*, 5 (3), 861–885. <https://doi.org/10.3390/ani5030388>
- Cabezas, J., Yubero, R., Visitación, B., Navarro-García, J., Algar, M. J., Cano, E. L., & Ortega, F. (2022). Analysis of accelerometer and GPS data for cattle behaviour identification and anomalous events detection. *Entropy*, 24 (3), 336. <https://doi.org/10.3390/e24030336>
- Džermeikaitė, K., Bačėninaitė, D., & Antanaitis, R. (2023). Innovations in cattle farming: application of innovative technologies and sensors in the diagnosis of diseases. *Animals*, 13 (5), 780. <https://doi.org/10.3390/ani13050780>
- Dairy Farm Management (2017). Training package for Dairy Extension workers. Developed with Dairy Training Centre. Retrieved from: https://a-story-blok.com/f/191310/5464089c69/dairy_farm_management_training_manual_and_guideline.pdf
- Grinter, L. N., Campler, M. R., & Costa, J. H. C. (2019). Validation of a behavior-monitoring collar's precision and accuracy to measure rumination, feeding, and resting time of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102 (4), 3487–3494. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15563>
- Büchel, S., & Sundrum, A. (2014). Decrease in rumination time as an indicator of the onset of calving. *Journal of Dairy Science*, 97 (5), 3120–3127. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7613>
- Rutten, C. J., Velthuis, A. G. J., Steeneveld, W., & Hogeveen, H. (2013). Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96 (4), 1928–1952. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
- Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 29, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>
- Saint-Dizier, M., & Chastant-Maillard, S. (2018). Potential of connected devices to optimize cattle reproduction. *Theriogenology*, 112, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.033>
- Kurras, F., & Jakob, M. (2024). Smart Dairy Farming – The potential of the automatic monitoring of dairy cows' behaviour using a 360-Degree Camera. *Animals*, 14 (4), 640. <https://doi.org/10.3390/ani14040640>
- Ren, K., Bernes, G., Hetta, M., & Karlsson, J. (2021). Tracking and analysing social interactions in dairy cattle with real-time locating system and machine learning. *Journal of Systems Architecture*, 116, 102139. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2021.102139>
- Bikker, J. P., Van Laar, H., Rump, P., Doorenbos, J., Van Meurs, K., Griffioen, G. M., & Dijkstra, J. (2014). Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *Journal of Dairy Science*, 97 (5), 2974–2979. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7560>
- Giordano, J. O., Sitko, E. M., Rial, C., Pérez, M. M., & Granados, G. E. (2022). Symposium review: Use of multiple biological, management, and performance data for the design of targeted reproductive management strategies for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105 (5), 4669–4678. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21476>
- Santos, C. A. D., Landim, N. M. D., Araújo, H. X. D., & Paim, T. D. P. (2022). Automated systems for estrus and calving detection in dairy cattle. *AgriEngineering*, 4 (2), 475–482. <https://doi.org/10.3390/agriengineering4020031>
- Kovalenko, A. (2024). Application of IOT protocols in surface water pollution monitoring systems. *Cybersecurity: Education, Science, Technique*, 3 (23), 85–96. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.23.8596>
- Helwatkar, A., Riordan, D., & Walsh, J. (2014). Sensor technology for animal health monitoring. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 7 (5), 1–6. <https://doi.org/10.21307/ijssis-2019-057>
- Schilkowsky, E. M., Granados, G. E., Sitko, E. M., Masello, M., Perez, M. M., & Giordano, J. O. (2021). Evaluation and characterization of estrus alerts and behavioral parameters generated by an ear-attached accelerometer-based system for automated detection of estrus. *Journal of Dairy Science*, 104 (5), 6222–6237. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19667>
- Titler, M., Maquivar, M. G., Bas, S., Rajala-Schultz, P. J., Gordon, E., McCullough, K., Federico, P., & Schuenemann, G. M. (2015). Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. *Journal of Dairy Science*, 98 (8), 5304–5312. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9223>
- Curti, P. D. F., Selli, A., Pinto, D. L., Merlos-Ruiz, A., Balieiro, J. C. D. C., & Ventura, R. V. (2023). Applications of livestock monitoring devices and machine learning algorithms in animal production and reproduction: an overview. *Animal Reproduction*, 20 (2), e20230077. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0077>
- Vicentini, R. R., Oliveira, A. P., Veroneze, R., Montanholi, Y. R., Lima, M. L. P., Ujita, A., Alves, S. F., de Lima, A. C. N., & El Faro, L. (2018). Reticulo-rumen temperature as a predictor of estrus in dairy Gir heifers. *ICAR Technical Series*, 245–249.
- Stangaferro, M. L., Wijma, R., Caixeta, L. S., Al-Abri, M. A., & Giordano, J. O. (2016). Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. *Journal of Dairy Science*, 99 (9), 7395–7410. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11352>
- Maw, S. Z., Zin, T. T., Tin, P., Kobayashi, I., & Horii, Y. (2021). An absorbing Markov chain model to predict dairy cow calving time. *Sensors*, 21 (19), 6490. <https://doi.org/10.3390/s21196490>
- Sauls, J. A., Voelz, B. E., Hill, S. L., Mendonça, L. G. D., & Stevenson, J. S. (2017). Increasing estrus expression in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 100 (1), 807–820. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11519>

32. Saint-Dizier, M., & Chastant-Maillard, S. (2015). Methods and on-farm devices to predict calving time in cattle. *The Veterinary Journal*, 205 (3), 349–356. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.05.006>
33. Crociati, M., Sylla, L., De Vincenzi, A., Stradaoli, G., & Monaci, M. (2022). How to predict parturition in cattle? A literature review of automatic devices and technologies for remote monitoring and calving prediction. *Animals*, 12 (3), 405. <https://doi.org/10.3390/ani12030405>
34. Borchers, M. R., Chang, Y. M., Proudfoot, K. L., Wadsworth, B. A., Stone, A. E., & Bewley, J. M. (2017). Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100 (7), 5664–5674. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11526>
35. Swamy, P. (2021). Calving monitoring with vision camera system using deep learning algorithm. *Uppsala Universitet*. Retrieved from: <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1632786/FULLTEXT01.pdf>
36. Shahinfar, S., Page, D., Guenther, J., Cabrera, V., Fricke, P., & Weigel, K. (2014). Prediction of insemination outcomes in Holstein dairy cattle using alternative machine learning algorithms. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 731–742. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6693>
37. Stygar, A. H., Gómez, Y., Berteselli, G. V., Dalla Costa, E., Canali, E., Niemi, J. K., Llonch, P., & Pastell, M. (2021). A systematic review on commercially available and validated sensor technologies for welfare assessment of dairy cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.634338>
38. Data Driven Dairy Decisions for Farmers (4D4F) thematic network. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/data-driven-dairy-decisions-farmers-4d4f-thematic-network.html>
39. Thammacharoen, S., Semsirboon, S., Chanpongsang, S., Chaiyabutr, N., Panyasomboonying, P., Khundamrongkul, P., Puchongmart, P., & Wichachai, W. (2021). Seasonal effect of milk yield and blood metabolites in relation to ketosis of dairy cows fed under a high ambient temperature. *Veterinary World*, 2392–2396. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2392-2396>
40. Alsaad, M., Römer, C., Kleinmanns, J., Hendriksen, K., Rose-Meierhöfer, S., Plümer, L., & Büscher, W. (2012). Electronic detection of lameness in dairy cows through measuring pedometric activity and lying behavior. *Applied Animal Behaviour Science*, 142 (3–4), 134–141. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.10.001>
41. Chanvallon, A., Coyral-Castel, S., Gatien, J., Lamy, J.-M., Ribaud, D., Allain, C., Clément, P., & Salvetti, P. (2014). Comparison of three devices for the automated detection of estrus in dairy cows. *Theriogenology*, 82 (5), 734–741. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.06.010>
42. Mottram, T. (2016). Animal board invited review: precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal*, 10 (10), 1575–1584. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002517>
43. Arago, N. M., Chris I., Angelita, G., Charl, G., Nicole, E., Rodney, R., Timothy, M., Romeo, Jr., August, C., Jessica, S., & Lean, K. (2020). Automated estrus detection for dairy cattle through neural networks and bounding box corner analysis. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11 (9). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110935>
44. Stevenson, J. S., Hill, S. L., Nebel, R. L., & DeJarnette, J. M. (2014). Ovulation timing and conception risk after automated activity monitoring in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97 (7), 4296–4308. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7873>
45. Burnett, T. A., Polsky, L., Kaur, M., & Cerri, R. L. (2018). Effect of estrous expression on timing and failure of ovulation of Holstein dairy cows using automated activity monitors. *Journal of dairy Science*, 101 (12), 11310–11320. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15151>
46. Haan, M. M. (2022). Using activity systems to identify optimum breeding time. *Penn State Extension*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/using-activity-systems-to-identify-optimum-breeding-time>
47. Bombardelli, G. D., Soares, H. F., & Chebel, R. C. (2016). Time of insemination relative to reaching activity threshold is associated with pregnancy risk when using sex-sorted semen for lactating Jersey cows. *Theriogenology*, 85 (3), 533–539. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.09.042>
48. Domingues, R. R., Ginther, O. J., Toledo, M. Z., & Wiltbank, M. C. (2020). Increased dietary energy alters follicle dynamics and wave patterns in heifers. *Reproduction*, 160 (6), 943–953. <https://doi.org/10.1530/REP-20-0362>
49. Reith, S., Pries, M., Verhülsdonk, C., Brandt, H., & Hoy, S. (2014). Influence of estrus on dry matter intake, water intake and BW of dairy cows. *Animal*, 8 (5), 748–753. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000494>
50. Clement, P., Guatteo, R., Delaby, L., Rouille, B., Chanvallon, A., Philipot, J. M., & Bareille, N. (2014). Added value of rumination time for the prediction of dry matter intake in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97 (10), 6531–6535. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7860>
51. Pahl, C., Hartung, E., Grothmann, A., Mahlkow-Nerge, K., & Haeussermann, A. (2014). Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *Journal of Dairy Science*, 97 (11), 6935–6941. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8194>
52. Hofstra, G., Roelofs, J., Rutter, S. M., van Erp-van der Kooij, E., & de Vlieg, J. (2022). Mapping welfare: location determining techniques and their potential for managing cattle welfare – A review. *Dairy*, 3 (4), 776–788. <https://doi.org/10.3390/dairy3040053>
53. Giarretta, E., Marliani, G., Postiglione, G., Magazzù, G., Pantò, F., Mari, G., Formigoni, A., Accorsi, P. A., & Mordenti, A. (2021). Calving time identified by the automatic detection of tail movements and rumination time, and observation of cow behavioural changes. *Animal*, 15 (1), 100071. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100071>
54. Matamala, F., Strappini, A., & Sepúlveda-Varas, P. (2021). Dairy cow behaviour around calving: Its relationship with management practices and environmental conditions. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 53 (1), 9–22. <https://doi.org/10.4067/s0719-81322021000100009>
55. Bikker, J. P., Van Laar, H., Rump, P., Doorenbos, J., Van Meurs, K., Griffioen, G. M., & Dijkstra, J. (2014). Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *Journal of Dairy Science*, 97 (5), 2974–2979. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7560>
56. Schüller, L. K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2014). Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology*, 81 (8), 1050–1057. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.029>
57. Schüller, L. K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2016). Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 2996–3002. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10080>
58. Jordan, E. R. (2003). Effects of heat stress on reproduction. *Journal of Dairy Science*, 86, E104–E114. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)74043-0](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)74043-0)
59. Gao, S. T., Guo, J., Quan, S. Y., Nan, X. M., Fernandez, M. S., Baumgard, L. H., & Bu, D. P. (2017). The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of dairy Science*, 100 (6), 5040–5049. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11913>
60. Idris, M., Uddin, J., Sullivan, M., McNeill, D. M., & Phillips, C. J. (2021). Non-invasive physiological indicators of heat stress in cattle. *Animals*, 11 (1), 71. <https://doi.org/10.3390/ani11010071>
61. Polsky, L. B., Madureira, A. M., Drago Filho, E. L., Soriano, S., Sica, A. F., Vasconcelos, J. L., & Cerri, R. L. (2017). Association between ambient temperature and humidity, vaginal temperature, and automatic activity monitoring on induced estrus in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (10), 8590–8601. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12656>
62. Kovács, L., Kézér, F. L., Ruff, F., & Szenci, O. (2017). Rumination time and reticulorumenal temperature as possible predictors of dystocia in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (2), 1568–1579. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11884>
63. Black, R. A., & Krawczel, P. D. (2016). A case study of behaviour and performance of confined or pastured cows during the dry period. *Animals*, 6 (7), 41. <https://doi.org/10.3390/ani6070041>
64. Britt, J. H., Scott, R. G., Armstrong, J. D., & Whitacre, M. D. (1986). Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 69 (8), 2195–2202. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80653-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80653-1)
65. Fricke, P. M., Carvalho, P. D., Giordano, J. O., Valenza, A., Lopes, G., & Amundson, M. C. (2014). Expression and detection of estrus in dairy cows: the role of new technologies. *Animal*, 8 (s1), 134–143. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000299>

66. Pereira, M. H. C., Wiltbank, M. C., & Vasconcelos, J. L. M. (2016). Expression of estrus improves fertility and decreases pregnancy losses in lactating dairy cows that receive artificial insemination or embryo transfer. *Journal of Dairy Science*, 99 (3), 2237–2247. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9903>
67. Sandeen, A. (2022). Timing of insemination for dairy cattle. *Penn State Extension*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/timing-of-insemination-for-dairy-cattle>
68. Dalton, J. C. (2011). Strategies for success in heat detection and artificial insemination. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 23, 215–229. Retrieved from: https://wcds.ualberta.ca/wcfs/wp-content/uploads/sites/57/wcfs_archive/Archive/2011/Manuscripts/Dalton.pdf
69. Denis-Robichaud, J., LeBlanc, S. J., Jones-Bitton, A., Silper, B. F., & Aoki Cerri, R. L. (2018). Pilot study to evaluate the association between the length of the luteal phase and estrous activity detected by automated activity monitoring in dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 210. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00210>
70. LeRoy, C. N. S., Walton, J. S., & LeBlanc, S. J. (2018). Estrous detection intensity and accuracy and optimal timing of insemination with automated activity monitors for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101 (2), 1638–1647. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13505>
71. Aungier, S. P. M., Roche, J. F., Duffy, P., Scully, S., & Crowe, M. A. (2015). The relationship between activity clusters detected by an automatic activity monitor and endocrine changes during the peri-estrous period in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98 (3), 1666–1684. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7405>
72. Tippenhauer, C. M., Plenio, J. L., Madureira, A. M. L., Cerri, R. L. A., Heuwieser, W., & Borchardt, S. (2021). Timing of artificial insemination using fresh or frozen semen after automated activity monitoring of estrus in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104 (3), 3585–3595. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19278>
73. Macmillan, K., Kastelic, J. P., & Colazo, M. G. (2018). Update on multiple ovulations in dairy cattle. *Animals*, 8 (5), 62. <https://doi.org/10.3390/ani8050062>
74. Ovulation in Dairy Cows. (2021). *Penn State Extension*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/ovulation-in-dairy-cows>
75. Sandeen, A. (2023). Cyclicity in dairy cows: Defining the issue. *Penn State Extension*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/cyclicity-in-dairy-cows-defining-the-issue>
76. Ismael, A., Strandberg, E., Kargo, M., Fogh, A., & Løvendahl, P. (2015). Estrus traits derived from activity measurements are heritable and closely related to the time from calving to first insemination. *Journal of Dairy Science*, 98 (5), 3470–3477. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8940>
77. Madureira, A. M. L., Polsky, L. B., Burnett, T. A., Silper, B. F., Soriano, S., Sica, A. F., Pohler, K. G., Vasconcelos, J. L. M., & Cerri, R. L. A. (2019). Intensity of estrus following an estradiol-progesterone-based ovulation synchronization protocol influences fertility outcomes. *Journal of Dairy Science*, 102 (4), 3598–3608. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15129>
78. Silper, B. F., Madureira, A. M. L., Polsky, L. B., Soriano, S., Sica, A. F., Vasconcelos, J. L. M., & Cerri, R. L. A. (2017). Daily lying behavior of lactating Holstein cows during an estrus synchronization protocol and its associations with fertility. *Journal of Dairy Science*, 100 (10), 8484–8495. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12160>
79. Dolecheck, K. A., Silvia, W. J., Heersche, G., Chang, Y. M., Ray, D. L., Stone, A. E., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2015). Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies. *Journal of Dairy Science*, 98 (12), 8723–8731. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9645>
80. Silper, B. F., Madureira, A. M. L., Kaur, M., Burnett, T. A., & Cerri, R. L. A. (2015). Comparison of estrus characteristics in Holstein heifers by 2 activity monitoring systems. *Journal of Dairy Science*, 98 (5), 3158–3165. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9185>
81. Woelders, H., Van der Lende, T., Kommadath, A., Te Pas, M. F. W., Smits, M. A., & Kaal, L. M. T. E. (2014). Central genomic regulation of the expression of oestrous behaviour in dairy cows: a review. *Animal*, 8 (5), 754–764. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000342>
82. Gross, J. J. (2023). Dairy cow physiology and production limits. *Animal Frontiers*, 13 (3), 44–50. <https://doi.org/10.1093/af/vfad014>
83. Aungier, S. P. M., Roche, J. F., Sheehy, M., & Crowe, M. A. (2012). Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (5), 2452–2466. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4653>
84. Reed, C. B., Kuhn-Sherlock, B., Burke, C. R., & Meier, S. (2022). Estrous activity in lactating cows with divergent genetic merit for fertility traits. *Journal of Dairy Science*, 105(2), 1674–1686. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20811>
85. Madureira, A. M. L., Silper, B. F., Burnett, T. A., Polsky, L., Cruppe, L. H., Veira, D. M., Vasconcelos, J. L. M., & Cerri, R. L. A. (2015). Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98 (10), 7003–7014. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9672>
86. Denis-Robichaud, J. (2016). Assessment of automated activity monitors for managing reproduction in dairy cows. *Doctor of Philosophy thesis*. Guelph, University of Guelph. Retrieved from: <https://atrium.lib.uoguelph.ca/bitstreams/a90de64b-194e-4385-8464-4e99b08263cb/download>
87. Denis-Robichaud, J., Cerri, R. L. A., Jones-Bitton, A., & LeBlanc, S. J. (2016). Survey of reproduction management on Canadian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 99 (11), 9339–9351. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11445>
88. Crespilho, A. M., Papa, F. O., Santos, M. D. P., & Sa Filho, M. D. (2012). Use of cooled bull semen as a strategy to increase the pregnancy rate in fixed-time artificial insemination programs-case report. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 7 (4), 175–179. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2012.175.179>
89. O'Connor, M. L. (2022). Systematic Breeding Programs. *Penn State Extension*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/predicting-calving-time-what-are-your-options>
90. Monteiro, A. P. A., Tao, S., Thompson, I. M. T., & Dahl, G. E. (2016). In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. *Journal of Dairy Science*, 99 (10), 8443–8450. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11072>
91. Mayo, L. M., Silvia, W. J., Ray, D. L., Jones, B. W., Stone, A. E., Tsai, I. C., Clark, J. D., Bewley, J. M., & Heersche, G. (2019). Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102 (3), 2645–2656. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14738>
92. Schweinzer, V., Gusterer, E., Kanz, P., Krieger, S., Süß, D., Lidauer, L., Berger, A., Kicking, F., Öhlschuster, M., Auer, W., Drillich, M., & Iwersen, M. (2020). Comparison of behavioral patterns of dairy cows with natural estrus and induced ovulation detected by an ear-tag based accelerometer. *Theriogenology*, 157, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.050>
93. Pieper, L., Doherr, M. G., & Heuwieser, W. (2016). Consumers' attitudes about milk quality and fertilization methods in dairy cows in Germany. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 3162–3170. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10169>
94. Marques, O., Veronese, A., Merenda, V. R., Bisinotto, R. S., & Chebel, R. C. (2020). Effect of estrous detection strategy on pregnancy outcomes of lactating Holstein cows receiving artificial insemination and embryo transfer. *Journal of Dairy Science*, 103 (7), 6635–6646. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17892>
95. Neves, R. C., & LeBlanc, S. J. (2015). Reproductive management practices and performance of Canadian dairy herds using automated activity-monitoring systems. *Journal of Dairy Science*, 98 (4), 2801–2811. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8221>
96. Sandeen, A. (2017). Timing of insemination: Achieve optimal conception by working the averages. *Progressive Dairy*. Retrieved from: <https://www.agproud.com/articles/28024-timing-of-insemination-achieve-optimal-conception-by-working-the-averages>
97. Fernandez-Novo, A., Fargas, O., Loste, J. M., Sebastian, F., Perez-Villalobos, N., Pesantez-Pacheco, J. L., Patron-Collantes, R., & Astiz, S. (2020). Pregnancy Loss (28–110 days of pregnancy) in Holstein cows: A retrospective study. *Animals*, 10 (6), 925. <https://doi.org/10.3390/ani10060925>
98. Sharma, B., & Koundal, D. (2018). Cattle health monitoring system using wireless sensor network: a survey from innovation perspective. *IET Wireless Sensor Systems*, 8 (4), 143–151. <https://doi.org/10.1049/iet-wss.2017.0060>

99. Chen, C. P. J., & Ferreira, G. (2023). Evaluation of walking activity data during pregnancy as an indicator of pregnancy loss in dairy cattle. *JDS Communications*, 4 (2), 166–168. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-0304>
100. Sandeen, Andrew (2022). Heat Detection with Cattle. *Penn State Extension*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/heat-detection-with-cattle>
101. Szenci, O. (2021). Recent possibilities for the diagnosis of early pregnancy and embryonic mortality in dairy cows. *Animals*, 11 (6), 1666. <https://doi.org/10.3390/ani11061666>
102. King, M. T. M., & DeVries, T. J. (2018). Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. *Journal of Dairy Science*, 101 (9), 8605–8614. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14521>
103. Barkema, H. W., von Keyserlingk, M. A. G., Kastelic, J. P., Lam, T. J. G. M., Luby, C., Roy, J.-P., LeBlanc, S. J., Keefe, G. P., & Kelton, D. F. (2015). Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 98 (11), 7426–7445. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9377>
104. Fogsgaard, K. K., Bennedsgaard, T. W., & Herskin, M. S. (2015). Behavioral changes in freestall-housed dairy cows with naturally occurring clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 98 (3), 1730–1738. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8347>
105. Steeneveld, W., & Hogeveen, H. (2015). Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *Journal of Dairy Science*, 98 (1), 709–717. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8595>
106. Borchers, M. R., & Bewley, J. M. (2015). An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal of dairy science*, 98 (6), 4198–4205. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8963>
107. Burnett, T. A., Madureira, A. M., Silper, B. F., Fernandes, A. C. C., & Cerri, R. L. (2017). Integrating an automated activity monitor into an artificial insemination program and the associated risk factors affecting reproductive performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (6), 5005–5018. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12246>
108. Van Nuffel, A., Zwervagheer, I., Pluym, L., Van Weyenberg, S., Thorup, V., Pastell, M., Sonck, B., & Saeys, W. (2015). Lameness detection in dairy cows: Part 1. How to distinguish between non-lame and lame cows based on differences in locomotion or behavior. *Animals*, 5 (3), 838–860. <https://doi.org/10.3390/ani5030387>
109. Rasmussen, P., Barkema, H. W., Osei, P. P., Taylor, J., Shaw, A. P., Conrady, B., Chaters, G., Muñoz, V., Hall, D. C., Apenteng, O. O., Rushton, J., & Torgerson, P. R. (2024). Global losses due to dairy cattle diseases: A comorbidity-adjusted economic analysis. *Journal of Dairy Science*, 107 (9), 6945–6970. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24626>
110. Thorup, V. M., Munksgaard, L., Robert, P. E., Erhard, H. W., Thomsen, P. T., & Friggens, N. C. (2015). Lameness detection via leg-mounted accelerometers on dairy cows on four commercial farms. *Animal*, 9 (10), 1704–1712. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000890>
111. Calamari, L. U. I. G. I., Soriani, N., Panella, G., Petrera, F., Minuti, A., & Trevisi, E. (2014). Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. *Journal of Dairy Science*, 97 (6), 3635–3647. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7709>
112. Wankhade, P. R., Manimaran, A., Kumaresan, A., Jeyakumar, S., Ramesha, K. P., Sejian, V., Rajendran, D., & Varghese, M. R. (2017). Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review. *Veterinary World*, 10 (11), 1367–1377. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1367-1377>
113. Dervishi, E., Zhang, G., Hailamariam, D., Dunn, S. M., & Ametaj, B. N. (2016). Occurrence of retained placenta is preceded by an inflammatory state and alterations of energy metabolism in transition dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0085-9>
114. Mahnani, A., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Keshavarzi, H. (2018). Performance and financial consequences of stillbirth in Holstein dairy cattle. *Animal*, 12 (3), 617–623. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002026>
115. El-Tarabany, M. S. (2015). Impact of stillbirth and abortion on the subsequent fertility and productivity of Holstein, Brown Swiss and their crosses in subtropics. *Tropical Animal Health and Production*, 47 (7), 1351–1356. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0870-z>
116. Barragan, A. A. (2023). Predicting Calving Time: What are Your Options? *Penn State Extension*. Retrieved from: <https://extension.psu.edu/predicting-calving-time-what-are-your-options>
117. Clark, C. E. F., Lyons, N. A., Millapan, L., Talukder, S., Cronin, G. M., Kerrisk, K. L., & Garcia, S. C. (2015). Rumination and activity levels as predictors of calving for dairy cows. *Animal*, 9 (4), 691–695. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003127>
118. Duncan, N. B., & Meyer, A. M. (2019). Locomotion behavior changes in peripartum beef cows and heifers. *Journal of Animal Science*, 97 (2), 509–520. <https://doi.org/10.1093/jas/sky448>
119. Szenci, O. (2017). Importance of Monitoring Calving to Decrease Stillbirth Rate in Holstein-Friesian Dairy Farms. *Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Științifice – Seria Zootehnie*, 68, 3–11.
120. Ouellet, V., Vasseur, E., Heuwieser, W., Burfeind, O., Maldague, X., & Charbonneau, É. (2016). Evaluation of calving indicators measured by automated monitoring devices to predict the onset of calving in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99 (2), 1539–1548. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10057>
121. Calcante, A., Tangorra, F. M., Marchesi, G., & Lazzari, M. (2014). A GPS/GSM based birth alarm system for grazing cows. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.11.006>
122. Hendriks, S. J., Phyn, C. V. C., Turner, S.-A., Mueller, K. M., Kuhn-Sherlock, B., Donaghy, D. J., Huzzey, J. M., & Roche, J. R. (2019). Lying behavior and activity during the transition period of clinically healthy grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102 (8), 7371–7384. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16045>
123. Neave, H. W., Lomb, J., Von Keyserlingk, M. A. G., Behnam-Shabhang, A., & Weary, D. M. (2017). Parity differences in the behavior of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (1), 548–561. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10987>
124. Taylor, N. A., Tipton, M. J., & Kenny, G. P. (2014). Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 46, 72–101. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.10.006>
125. Paudyal, S., Maunsell, F., Richeson, J., Risco, C., Donovan, A., & Pinedo, P. (2016). Peripartur ruminant dynamics and health status in cows calving in hot and cool seasons. *Journal of Dairy Science*, 99 (11), 9057–9068. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11203>
126. Dahl, G. E., Tao, S., & Monteiro, A. P. A. (2016). Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 3193–3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9990>
127. Habeeb, A. A., Gad, A. E., & Atta, M. A. (2018). Temperature-humidity indices as indicators to heat stress of climatic conditions with relation to production and reproduction of farm animals. *International Journal of Biotechnology and Recent Advances*, 1 (1), 35–50. <https://doi.org/10.18689/ijbr-1000107>
128. Lovarelli, D., Bacenetti, J., & Guarino, M. (2020). A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production?. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121409. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121409>
129. Tao, S., Rivas, R. M. O., Marins, T. N., Chen, Y. C., Gao, J., & Bernard, J. K. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 150, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>
130. Abeni, F. (2022). Effects of extrinsic factors on some rumination patterns: A review. *Frontiers in Animal Science*, 3, 1047829. <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.1047829>
131. Leiber, F., Moser, F. N., Ammer, S., Probst, J. K., Baki, C., Spengler Neff, A., & Bieber, A. (2022). Relationships between dairy cows' chewing behavior with forage quality, progress of lactation and efficiency estimates under zero-concentrate feeding systems. *Agriculture*, 12 (10), 1570. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101570>
132. De Amicis, I., Veronesi, M. C., Robbe, D., Gloria, A., & Carluccio, A. (2018). Prevalence, causes, resolution and consequences of bovine dystocia in Italy. *Theriogenology*, 107, 104–108. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.11.001>
133. Brandstetter, V., Neubauer, V., Humer, E., Kröger, I., & Zebeli, Q. (2019). Chewing and drinking activity during transition period and lactation in dairy cows fed partial mixed rations. *Animals*, 9 (12), 1088. <https://doi.org/10.3390/ani9121088>

134. Vlaicu, P. A., Gras, M. A., Untea, A. E., Lefter, N. A., & Rotar, M. C. (2024). Advancing livestock technology: Intelligent Systemization for enhanced productivity, welfare, and sustainability. *AgriEngineering*, 6 (2), 1479–1496. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020084>
135. Shibasaki, T., Yamazaki, Y., & Tonooka, H. (2024). A System for Monitoring Animals Based on Behavioral Information and Internal State Information. *Animals*, 14 (2). <https://doi.org/10.3390/ani14020281>
136. Cornou, C., & Kristensen, A. R. (2013). Use of information from monitoring and decision support systems in pig production: Collection, applications and expected benefits. *Livestock Science*, 157 (2-3), 552–567. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.07.016>

ORCID

Yu. Slon  <https://orcid.org/0009-0004-8850-2183>
P. Skliarov  <https://orcid.org/0000-0002-4379-9583>



© 2025 Slon Yu. and Skliarov P. 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.

Biological threats in the fish industry of Ukraine due to antibiotic resistance of *Escherichia coli* strains in fish and fish products

I. Musiiets¹ | I. Rublenko¹ | O. Chechet² | O. Horbatiuk² | O. Pishchanskyi² | V. Melnychuk^{3,4} | S. Rublenko¹ | L. Balanchuk² | N. Mekh² | O. Zhovnir⁴

Article info

Correspondence Author
O. Horbatiuk
E-mail:
gorilova@ukr.net

¹ Bila Tserkva National Agrarian University, 126 Stavishchanska st., Bila Tserkva, 09100, Ukraine

² State Research Institute for Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise, 30 Donetska st., Kyiv, 03151 Ukraine

³ Poltava State Agrarian University, Skovorody Str., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

⁴ Institute of Veterinary Medicine National Academy of Agrarian Sciences, 30 Donetska st., Kyiv, 03151, Ukraine

Citation: Musiiets, I., Rublenko, I., Chechet, O., Horbatiuk, O., Pishchanskyi, O., Melnychuk, V., Rublenko, S., Balanchuk, L., Mekh, N., & Zhovnir, O. (2025). Biological threats in the fish industry of Ukraine due to antibiotic resistance of *Escherichia coli* strains in fish and fish products. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 141–149. doi: 10.31210/spi2025.28.01.22

Ukraine's fishing industry is part of the food sector and requires quality control and biological safety of fish and fish products. Significant spread of enteropathogenic strains of *Escherichia coli* recorded in EU member states. The resistance of such strains to antibiotics poses a global problem for the health of humans, animals, and poultry due to the transmission of antibiotic resistance to other types of bacteria, including the gut microbiota. The main priorities of the global One Health strategy are to preserve human, animal and poultry health while producing high-quality and safe products. According to the strategy, Ukraine has implemented a national action plan to combat antimicrobial resistance. Therefore, the aim of the study was to investigate *E. coli* strains isolated from fish and fish products for susceptibility to antibiotics of different groups, to study and interpret the antibiogram, to assess the level of susceptibility to antibiotic drugs, to identify and select strains of *E. coli* resistant to indicator cephalosporins and carbapenems for further screening for the production of acquired resistance enzymes. The study was conducted by the disc diffusion method. Discs with antibiotics were used, their diffusion into agar was controlled, and the results of the study of isolated *E. coli* strains were interpreted according to the current EUCAST versions. Among the 45 *E. coli* cultures isolated from fish and fish products, 4 (9.8 %) experimental strains were found to be sensitive to all antibiotics of different groups. The remaining 41 strains of *E. coli* (91.2 %) showed different levels of antibiotic resistance, ranging from mono- to multi-antibiotic resistance. Resistance to 1–2 antibiotics was detected in 17 (37.8 %) of the tested *E. coli* strains. Multidrug resistance to 3 to 7 antibiotics was found in 62.2 % of the isolated *E. coli* strains. The analysis of antibiograms showed that all 45 (100 %) strains of *E. coli* were susceptible to aztreonam (monobactams group), amikacin and gentamicin (aminoglycosides group). Sensitivity to nitrofurantoin (group of various agents) was detected in 1 (2.2 %) strain of *E. coli*. Sensitivity to tobramycin (aminoglycoside group), norfloxacin and moxifloxacin (fluoroquinolone group) was inherent in 2 (4.4 %) strains of *E. coli*, respectively. High resistance to all other antibiotics was found – from 3 to 20 (6.7 % and 44.4 %, respectively) of the tested *E. coli* strains. Based on the results of the study, 20 experimental strains of *E. coli* that showed resistance to the indicator cephalosporins ceftazidime, cefepime, cefoxitin and the carbapenems meropenem and ertapenem were selected for screening for the production of acquired resistance enzymes.

Keywords: *Escherichia coli*, antibiotic resistance, multidrug resistance, biosafety, carbapenems, cephalosporins, fluoroquinolones.

Біологічні загрози у рибній галузі України за антибіотикорезистентності штамів *Escherichia coli* у риби та рибній продукції

I. В. Мусієць¹ | I. О. Рубленко¹ | О. М. Чет² | О. І. Горбатюк² | О. В. Піщанський² | В. В. Мельничук^{3,4} | С. В. Рубленко¹ | Л. В. Баланчук² | Н. Я. Мех² | О. М. Жовнір⁴

¹ Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

² Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики і ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, Україна

³ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

⁴ Інститут ветеринарної медицини НААН, м. Київ, Україна

Рибницька галузь України є частиною продовольчого сектору і потребує контролю з якості і біологічної безпеки щодо риби та рибної продукції. В країнах-членах ЄС зафіксовано значне поширення ентеропатогенних штамів *Escherichia coli*. Стійкість таких штамів до антибіотиків створює глобальну світову проблему щодо збереження здоров'я людини, тварин, птиці через передачу антибіотикорезистентності іншим видам бактерій, в т. ч. і мікробіоті кишковика. Тому, представляло інтерес дослідити штами *E. coli*, виділені із зразків риби та рибної продукції, на чутливість до антибіотиків різних груп, визначити, вивчити та інтерпретувати антибіотикограму, оцінити рівень чутливості та стійкості до антибіотичних препаратів, виявити та відібрати штами, резистентні до індикаторних цефалоспоринів та карбапенемів для подальшого проведення скринінгу на виявлення продукції набутих ферментів стійкості. Дослідження проведено диско-дифузійним методом. Використано диски з антибіотиками та проведено облік за останньою версією EUCAST. Серед 45 культур *E. coli*, виділених і риби і рибної продукції, виявлено 4 (9,8 %) дослідних штами, чутливих до всіх використаних антибіотиків різних груп. У решті 41 штаму *E. coli* (91,2 %) встановлено різні рівні стійкості до антибіотиків – від моно- до поліантибіотикорезистентних. Резистентність до 1–2 антибіотиків виявлено у 17 (37,8 %) дослідних штамів ешерихій. Полірезистентність від 3 до 7 антибіотиків встановлено у 62,2 % дослідних штамів *E. coli*. Аналіз антибіотикограм показав, що у всіх 45 (100,0 %) дослідних штамів ешерихій засвідчено чутливість до азтреонаму (група монобактамів), амікацину і гентаміцину (група аміноглікозидів). Чутливість до нітрофурантоїну (група різних агентів) була виявлена у 1 (2,2 %) штаму *E. coli*. Високий рівень чутливості до тобраміцину (група аміноглікозидів), до норфлоксацину і моксіфлоксацину (група фторхінолонів) був притаманний по 2 (4,4 %) штамам ешерихій відповідно. До дії всіх інших антибіотиків із різних груп виявлено високу стійкість – від 3 до 20 (6,7 % і 44,4 % відповідно) дослідних штамів *E. coli*. За результатами досліджень визначено та відібрано 20 дослідних штамів *E. coli*, які проявляли стійкість до індикаторних цефалоспоринів цефтазідиму, цефепіму, цефокситину та карбапенемів меропенему і ертапенему для проведення скринінгу на виявлення продукції ними набутих ферментів резистентності.

Ключові слова: *Escherichia coli* антибіотикорезистентність, чутливість, біобезпека, карбапенем, цефалоспоринони, фторхінолонони.

Бібліографічний опис для цитування: Мусієць І. В., Рубленко І. О., Чет О. М., Горбатюк О. І., Піщанський О. В., Мельничук В. В., Рубленко С. В., Баланчук Л. В., Мех Н. Я., Жовнір О. М. Біологічні загрози у рибній галузі України за антибіотикорезистентності штамів *Escherichia coli* у риби та рибній продукції. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 141–149.

Вступ

Для України, яка проголосила безальтернативний курс на Євроінтеграцію, важливим питанням є адаптація до нової Спільної Аграрної Політики країн Євросоюзу. В таких напрямках країни-учасниці також мають формувати свою аграрну політику. В Україні пріоритетними питаннями у формуванні спільної аграрної політики та виконанні завдань Продовольчої програми в рамках концепції «Єдине здоров'я» є проведення моніторингів продукції всього агропромислового комплексу країни [1]. За означеними моніторингами проводять збір, аналіз і систематизацію інформації щодо забрудненості біотичними контамінантами сировини і продукції тваринництва та кормів для тварин і птиці. До біотичних контамінантів відносять збудників інфекційних хвороб, в т. ч. зоонозних.

На сучасному етапі розвитку тваринництва України важливою складовою національної безпеки держави є вирішення проблеми біологічної безпеки та біологічного захисту [2, 3]. Такі моніторинги передбачають можливість забезпечення і посилення контролю з якості і біобезпечності сільськогосподарської продукції. Біологічна безпека і біологічний захист спрямовані на мінімізацію біологічних ризиків, пов'язаних з профілактикою та виникненням особливо небезпечних (емерджентних) інфекційних хвороб тварин та зокрема зоонозів [4, 5]. Рибницька галузь України є частиною продовольчого сектора, який забезпечує населення продуктами харчування білкового походження та безпосередньо впливає на економічний розвиток держави [6–8]. Вона включає вилов і переробку, відтворення та охорону рибних запасів, розведення і вирощування промислової риби, племінне обслуговування, дослідження, дослідно-наукове забезпечення та галузеву багаторівневу систему навчання [9]. Правовою основою розвитку рибної галузі є постанова Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії розвитку галузі рибного господарства України на період до 2030 року та затвердження Операційного Плану заходів з її реалізації у 2023–2025 роках» Наказ № 402-р. від 02.05.2023 р.

Наразі в більшості країн-членів ЄС констатують як високий та дуже високий рівні поширеності ентеропатогенних штамів *E. coli*, збудників родів *Salmonella*, *Enterococcus*, *Campilobacter*, які представляють значну частку серед патогенів бактеріальної етіології. Додаткову проблему створює формування у таких бактерій стійкості до антибактеріальних препаратів. Науковці повідомляють, що зміна навколишнього середовища сприяє формуванню антибіотикорезистентності у бактерій, яка забезпечує умови виживання умовно- та патогенних мікроорганізмів [10, 11]. Стійкість до антибіотиків, поява мультирезистентних бактеріальних штамів та штамів з набутою антибіотикорезистентністю є проблемою глобального значення. Антибіотикорезистентність, особливо набута, спричиняє серйозні біологічні загрози людству, оскільки такі мікроорганізми здатні до передачі

стійкості іншим видам бактерій, в т. ч. мікробіоті людини, тварин, птиці [12, 13].

В нашій державі запроваджена Державна стратегія України щодо реалізації державної політики зі стримування розвитку стійкості до антимікробних препаратів (АМП) та зниження у тваринництві ризиків формування та поширення штамів мікроорганізмів, які мають таку стійкість. Для цього, в рамках Державної стратегії України, проводиться активний моніторинг за протимікробною резистентністю зоонозних та коменсальних бактерій у ветеринарній медицині, який включає, зокрема, моніторинг ентеробактерій з набутими бета-лактамазами розширеного спектру (ESBL), бета-лактамаз класу C (AmpC-ферментів), карбапенемазами (OXA-48 і OXA-48-подібних ферментами), які продукує *E. coli* і *Salmonella* spp. [14, 15].

Проте, такі важливі моніторинги щодо визначення протимікробної резистентності у бактеріальних зоонозних збудників, виділених із зразків риби і рибної продукції, на території України не проводяться.

Зважаючи на існуючі проблеми у рибній галузі України та їх актуальність, нам представляло науковий і практичний інтереси щодо проведення відповідних досліджень.

Мета дослідження

Метою роботи було виявити чутливі та резистентні дослідні штами *E. coli*, виділені із зразків риби та рибної продукції, до антибіотиків різних груп згідно вимог EUCAST, вивести антибіотикограму для кожного штамів ешерихій, з'ясувати рівні моно- та поліантибіотикорезистентності дослідних штамів ешерихій, виявити і відібрати дослідні штами *E. coli*, резистентні до індикаторних антибіотиків цефотаксиму, цефокситину, цефтазидиму, меропенему і ертапенему для подальшого проведення скринінгу з виявлення ймовірної продукції набутих ферментів резистентності.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести контроль на стерильність та контроль росту середовища Мюллера-Хінтона для постановки контролю якості дисків з антибіотиками;
- провести диско-дифузійним методом контроль якості дисків з антибіотиками згідно вимог EUCAST;
- провести диско-дифузійним методом випробування на чутливість/резистентність дослідних штамів *E. coli*, виділених із зразків риби та рибної продукції за проведення рутинних та власних поглиблених мікробіологічних досліджень, використовуючи диски з антибіотиками відповідно до вимог EUCAST;
- вивести антибіотикограму для кожного дослідного штамів *E. coli*;
- провести аналіз рівня антибіотикорезистентності кожного із дослідних штамів ешерихій;
- виявити та відібрати дослідні штами *E. coli* з резистентністю до індикаторних цефалоспоринів цефотаксиму, цефокситину, цефтазидиму, іміпенему,

меропенему для послідувального проведення скринінгу щодо підтвердження/спростування набутої резистентності.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на базах науково-дослідного бактеріологічного відділу (НДБВ) Державного науково-дослідного інституту лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи (ДНДІЛДВСЕ), м. Київ та кафедри мікробіології та вірусології Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ), м. Біла Церква. Дослідження виконували, проводячи повсякденні рутинні та власні поглиблені мікробіологічні випробуваннями. На сьогодні повсякденні рутинні методи досліджень риби та рибної продукції обмежені вимогами рибопереробних підприємств за їх власне розробленою чинною документацією (затвердженими ТУ, методичними вказівками) і проводяться на виявлення невідповідності щодо показників КМАФАнМ, БГКП, *Staphylococcus aureus*, збудників сальмонельозу, *Listeria monocytogenes*, сульфит-редуючих клостридій лише згідно замовлень на дослідження самого виробника продукції або виробники володіють правом на обмеження цього переліку мікробіологічних показників. Тому, рутинні випробування не надають повної картини видового складу присутніх у зразках риби і рибної продукції мікроорганізмів, в т. ч. *E. coli*. Власні поглиблені мікробіологічні дослідження зразків риби та рибної продукції відрізнялися тим, що без обмежень проведено прямі пересіви із середовища накопичення (забуферена пептонна вода) на відповідні селективні середовища для ізоляції *Escherichia coli*. Попередньо в середовище накопичення було внесено відповідні зразки риби або рибної продукції, проведено культивування в термостаті за температури $37 \pm 1,0$ °C упродовж 24 год.

Протягом дослідного періоду за проведення рутинних та власних поглиблених мікробіологічних випробувань було досліджено 337 зразків риби та рибної продукції, зокрема зразків риби свіжої – 129; риби охолодженої – 45; риби мороженої – 11; риби соленої – 13; риби копченої – 13; оселедців – 37; ікри, молосків та інші продуктів моря – 60; напівфабрикатів та кулінарних виробів з морепродуктів – 29.

За проведення рутинних досліджень збудників ешерихій виділено не було. Після попередньо проведених власних поглиблених мікробіологічних досліджень виділено 45 ізолятів *E. coli*. Зокрема із риби свіжої виділено 4 ізоляти, риби охолодженої – 7; риби мороженої – 10, риби соленої – 4, риби копченої – 7, оселедців – 2, ікри, молосків, ракоподібних та ін. – 8, напівфабрикатів, кулінарних виробів із морепродуктів – 3 ізоляти. Після визначення морфологічних, культуральних, біохімічних властивостей ізолятів за загальноприйнятих методів та підтвердження на мас-спектрофотометрі VITEK MS, всі дослідні ізоляти було визнано штамами [16].

Перед постановкою основного дослідів на чутливість до антибіотичних препаратів диско-дифузійним методом, згідно рекомендацій останньої діючої версії

EUCAST, був проведений контроль якості дисків антибіотиків на відповідність величини діаметрів зон затримки росту тестової культури *Escherichia coli* ATCC 25922 після дії на неї антибіотичних препаратів [17].

Для досліджень (постановки контролю якості дисків, повсякденних рутинних і власних поглиблених мікробіологічних випробувань) використовували диски з АБП в концентраціях за вимогами EUCAST, а саме цефтазидим (10 мкг), ампіцилін (10), цефепім (30), цефокситин (30), тігекілін (15), нітрофурантоїн (100), левофлоксацин (5), тобраміцин (10), моксифлоксацин (5), амікацин (30), офлоксацин (5), триметоприм (5), норфлоксацин (10), гентаміцин (10), іміпенем (10), амоксицилін/клавуланова кислота (20/10 мкг) [17, 18]. Всі диски з антибіотиками виробництва Himedia Laboratories Pvt. Limited, Індія з відповідними термінами придатності. Диски зареєстровані в Україні та відповідають міжнародним стандартам якості ISO, CE, WHO GMP.

Для проведення досліджень з визначення чутливості/резистентності дослідних штамів ешерихій диско-дифузійним методом використовували Mueller Hinton Agar M173 (агар Мюллера-Хінтона) з рівнем рН в діапазоні 7,2–7,4. Виробник HIMEDIA, дана партія перевірена і стандартизована відповідності останніми вимогами документу CISI – M6. Протокол оцінки сухого агару Мюллер-Хінтона. Приготування агару проводили згідно описаного способу. Готові чашки з агаром Мюллера-Хінтона перевіряли на стерильність та придатність для росту ешерихій. Для постановки контролю стерильності бактеріологічні чашки з середовищем Мюллера-Хінтона залишали в термостаті за температури $37,0 \pm 1,0$ °C протягом 24 год. Контроль ростових властивостей середовища Мюллера-Хінтона перевіряли, використовуючи для посіву тестову культуру *E. coli* ATCC 25922 з послідувочним культивуванням в термостаті за температури $37,0 \pm 1,0$ °C протягом 24 год. та визначенням інтенсивного росту культури.

Для приготування інокулятів тестової *E. coli* ATCC 25922 та дослідних штамів *E. coli* застосовували прямий метод виготовлення бактеріальних суспензій. Стерильною бактеріологічною петлею відбирали кілька типових колоній відповідної добової культури, вносили в стерильний фізіологічний розчин, ретельно перемішували, вимірювали щільність за використання денсі-ла-метра «Lachema», доводячи концентрацію до 0,5 standard каламутності за Мак-Фарландом [18].

Виготовлені дослідні бактеріальні інокуляти *E. coli* наносили на чашки з агаром Мюллер-Хінтона в об'ємі по 0,1 см³ на кожну чашку та ретельно втирали у поверхню агару стерильним свабом, попередньо змоченим у відповідній бактеріальній суспензії. Втиральні рухи виконували, обертаючи чашку з агаром по колу. Засіяні чашки витримували за кімнатної температури близько 15 хв для дифузії в агар дослідної культури та наносили відповідні диски з антибіотиками у кількості по 4 на поверхню агару. Проводили інкубацію чашок протягом 24 год в термостаті за температури $37 \pm 0,5$ °C.

Облік результатів здійснювали шляхом вимірювання величини діаметрів зон затримки росту навколо дисків з відповідними антибіотиками візуально на відстані близько 30 см від очей. Для вимірювання зон затримки росту культур бактеріологічну чашку з закритою кришкою розміщували дном доверху над темною матовою поверхнею так, щоб світло падало під кутом 45° – ефект відбитого світла. Зона інгібування росту дослідних штамів ешерихій була чіткою, без наявності будь-якого росту в її межах. Вимірювання діаметрів зон інгібування росту

ешерихій проводили за допомогою штанген-циркуля з точністю до міліметра. Інтерпретацію результатів проводили згідно останньої чинної версії EUCAST та розроблених методичних рекомендацій [19–21].

Результати та їх обговорення

Результати контролю якості дисків з антибіотиками на відповідність величині діаметрів зон інгібування росту згідно вимог EUCAST показано на **таблиці 1**.

Таблиця 1

Контроль якості дифузії дисків з антибактеріальними препаратами з тестовою культурою *Escherichia coli* ATCC 25922

Назва препарату	EUCAST (згідно рекомендацій за Version 13.2, 2023 р.)		Результати досліджень з контролю якості дифузії дисків з антибіотиками:		
	вміст препарату, мкг	діапазон допустимих значень діаметрів, мм	з тестовою культурою <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (за EUCAST)	відповідність рекомендаціям EUCAST	допуск до постановки основного досліджу
Імпінем	10	26–32	30	в межах діапазону допустимих значень	допущений
Ампіцилін	10	15–22	19	— «» —	— «» —
Цефепім	30	31–37	35	— «» —	— «» —
Цефокситін	30	23–29	25	— «» —	— «» —
Тігекілін	15	20–27	23	— «» —	— «» —
Нітрофурантоїн	100	17–23	22	— «» —	— «» —
Левовфлоксацин	5	29–37	33	— «» —	— «» —
Тобраміцин	10	18–26	22	— «» —	— «» —
Моксіфлоксацин	5	28–35	30	— «» —	— «» —
Амікацин	30	19–26	23	— «» —	— «» —
Офлоксацин	5	29–33	32	— «» —	— «» —
Триметопрім	5	21–28	26	— «» —	— «» —
Норфлоксацин	10	28–35	31	— «» —	— «» —
Гентаміцин	10	19–26	24	— «» —	— «» —
Амоксицилін/ клавулонова к-та	30 (20/10)	18–24	22	— «» —	— «» —

Аналіз одержаних результатів контролю якості дисків з антибіотиками за використання тестової культури *E. coli* ATCC 25922 показав, що діаметри зон інгібування її росту знаходилися в межах діапазону допустимих значень за вимогами EUCAST. Тому, надалі диски з антибіотиками використано для постановки основного досліджу.

Результати досліджень з вивчення чутливості до антибіотиків виділених *E. coli* показали, що серед них лише 4 (штами pEc2, pEc7, pEc12, pEc13) із 45 ідентифікованих, були чутливими до всіх застосованих антибіотичних препаратів, що складало частку 9,8 %. Всі останні – 41 дослідний штам ешерихій виявилися резистентними та полірезистентними до певних груп антибіотиків за різних ступенів – від 1 до 7 препаратів та складала частку 91,1 %. Результати досліджень представлені у **таблицях 2–5**.

Якщо проводити оцінку стійкості ідентифікованих штамів *E. coli* до антибіотиків за кількістю препаратів, то резистентність до 1 антибіотика виявлено у 11 випадках (штами pEc1, pEc3, pEc4, pEc6, pEc11, pEc23, pEc48, pEc50, pEc54, pEc56, pEc62), що складало 24,4 % серед дослідних культур.

До 2 антибіотиків різних груп виявлено стійкість у 6 дослідних штамів ешерихій (штами pEc5, pEc29,

pEc30, pEc39, pEc52, pEc63), що становить частку у 13,3 % серед дослідних культур.

Полірезистентність до 3 антибіотиків була виявлена у 4 (8,9 % від дослідних) штамів *E. coli* (штами pEc36, pEc37, pEc38, pEc51). Доречно повідомити, що найчастіше прослідковується резистентність до представників групи цефалоспоринов: амоксиклаву та у меншій мірі – до представників групи різних агентів – фосфоміцину і нітрофурантоїну.

До 4 антибіотиків різних груп виявлена стійкість у 8 (17,8 %) дослідних *E. coli* (штами pEc24, pEc25, pEc26, pEc28, pEc45, pEc46, pEc47), що засвідчує поліантибіотикорезистентність означених бактеріальних культур, які склали частку 17,8 % від дослідних. Найчастіше згадані культури *E. coli* проявили резистентність високого рівня до представників груп цефалоспоринов, карбапенемів, фторхінолонів та амоксиклаву.

Полірезистентність до 5 антибіотиків виявлена у 5 (по 11,1 % до дослідних) дослідних *E. coli* (штами pEc9, pEc22, pEc34, pEc43, pEc44).

До 6 антибіотиків встановлена полірезистентність у 6 (13,3 % від дослідних) культур *Escherichia coli* (штами pEc10, pEc14, pEc17, pEc19, pEc 20, pEc33).

Таблиця 2

Антибіотикограма дослідних штамів *Escherichia coli*, виділених із зразків риби та рибної продукції (штами *E. coli* – pEc1–pEc8)

№ п/п антибіотику	Назва антибіотиків	Концентрація антибіотику, мкг	За EUCAST інтерпретація результатів, мм			Облік результатів та їх інтерпретація																	
			штами <i>Escherichia coli</i> , виділені із зразків риби та рибної продукції																				
					pEc1		pEc2		pEc3		pE4		pEc5		pEc6		pEc7		pEc8				
			S≥	R<	I	% зони інгибування росту	Інтерпретація	% зони інгибування росту	Інтерпретація	% зони інгибування росту	Інтерпретація	% зони інгибування росту	Інтерпретація	% зони інгибування росту	Інтерпретація	% зони інгибування росту	Інтерпретація	% зони інгибування росту	Інтерпретація				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
1	Меропенем (карбапенеми)	10	22	16	-	30	Ч	28	Ч	26	Ч	31	Ч	25	Ч	27	Ч	28	Ч	15	Р		
2	Ертапенем (карбапенеми)	10	23	23	-	32	Ч	29	Ч	31	Ч	30	Ч	24	Ч	30	Ч	30	Ч	22	Р		
3	Іміпенем (карбапенеми)	10	22	19	-	30	Ч	25	Ч	28	Ч	24	Ч	23	Ч	27	Ч	30	Ч	18	Р		
4	Азтреонам (монобактами)	30	26	21	-	33	Ч	30	Ч	31	Ч	30	Ч	28	Ч	32	Ч	32	Ч	27	Ч		
5	Фосфоміцини (різні агенти)	200	24	24	-	28	Ч	25	Ч	24	Ч	22	Р	26	Ч	26	Ч	26	Ч	25	Ч		
6	Нітрофурантоїн (різні агенти)	100	11	11	-	29	Ч	30	Ч	28	Ч	30	Ч	18	Ч	30	Ч	26	Ч	18	Ч		
7	Триметопрім (різні агенти)	5	15	15	-	23	Ч	22	Ч	24	Ч	20	Ч	20	Ч	26	Ч	24	Ч	19	Ч		
8	Цефтазідім (цефалоспори́ни)	10	22	19	-	25	Ч	23	Ч	22	Ч	20	ПЧ	18	Р	24	Ч	24	Ч	17	Р		
9	Цефепім (цефалоспори́ни)	30	27	24	-	28	Ч	25	ПЧ	25	ПЧ	25	ПЧ	23	ПЧ	26	ПЧ	27	Ч	22	Р		
10	Цефокситін (цефалоспори́ни)	30	19	19	-	24	Ч	22	Ч	23	Ч	20	Ч	18	Р	24	Ч	25	Ч	15	Р		
11	Ампіцилін (пеніцилі́ни)	10	14	14	-	22	Ч	20	Ч	21	Ч	19	Ч	19	Ч	20	Ч	22	Ч	18	Ч		
12	Тігесиклін (тетрациклі́ни)	15	18	18	-	21	Ч	20	Ч	21	Ч	21	Ч	21	Ч	21	Ч	23	Ч	21	Ч		
13	Левофлоксацин (фторхіноло́ни)	5	25	22	-	28	Ч	26	Ч	27	Р	28	Ч	27	Ч	28	Ч	28	Ч	26	Ч		
14	Моксіфлоксацин (фторхіноло́ни)	5	22	22	-	28	Ч	24	Ч	24	Ч	23	Ч	24	Ч	25	Ч	24	Ч	24	Ч		
15	Офлоксацин (фторхіноло́ни)	5	24	22	-	20	Р	25	Ч	26	Ч	24	Ч	26	Ч	27	Ч	26	Ч	26	Ч		
16	Норфлоксацин (фторхіноло́ни)	10	24	24	-	30	Ч	28	Ч	30	Ч	25	Ч	26	Ч	29	Ч	31	Ч	26	Ч		
17	Тобраміци́н (аміноглікози́ди)	10	16	16	-	33	Ч	30	Ч	28	Ч	20	Ч	19	Ч	27	Ч	29	Ч	18	Ч		
18	Амікаци́н (аміноглікози́ди)	30	18	18	-	28	Ч	20	Ч	22	Ч	20	Ч	20	Ч	23	Ч	24	Ч	19	Ч		
19	Гентаміци́н (аміноглікози́ди)	10	17	17	-	24	Ч	20	Ч	21	Ч	21	Ч	21	Ч	22	Ч	22	Ч	18	Ч		
20	Амокси́лав / клавула́нова к-та (пеніцилі́ни/інгібі́тор)	30	19	19	19-20	18	ПЧ	22	Ч	20	ПЧ	21	Ч	23	Ч	ср	Р	21	Ч	ср	Р		

Примітки: *Ø – діаметр зони інгібування росту; ср – суцільний ріст; Ч – чутливість; Р – резистентність; ПЧ – помірна чутливість.

Таблиця 3

Антибіотикограма дослідних штамів *Escherichia coli*, виділених із зразків риби та рибної продукції (штами *E. coli* – pEc9–pEc24)

№ п/п антибіотиків	Облік результатів за постановки ДДМ та їх інтерпретація																							
	штами <i>Escherichia coli</i> , виділені із зразків риби та рибної продукції																							
	pEc9	Pec10	pEc11	pEc12	pEc13	pEc14	pEc17	pEc19	pEc20	pEc22	pEc23	pEc24												
	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація	Ю зони інгибування росту Інтерпретація
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
1	16	P	15	P	18	ПЧ	20	ПЧ	22	Ч	14	P	33	Ч	33	Ч	36	Ч	34	Ч	35	Ч	35	Ч
2	20	P	20	P	22	P	23	Ч	24	Ч	21	P	30	Ч	30	Ч	30	Ч	32	Ч	31	Ч	30	Ч
3	17	P	18	P	24	Ч	26	Ч	27	Ч	17	P	ср	P	ср	P	ср	P	25	Ч	30	Ч	28	Ч
4	25	ПЧ	25	ПЧ	26	Ч	25	ПЧ	29	Ч	26	Ч	33	Ч	35	Ч	38	Ч	30	Ч	31	Ч	30	Ч
5	23	P	25	Ч	27	Ч	26	Ч	27	Ч	28	Ч	ср	P	27	Ч	ср	P	ср	P	32	Ч	34	Ч
6	19	Ч	21	Ч	29	Ч	30	Ч	28	Ч	22	Ч	27	Ч	29	Ч	28	Ч	21	Ч	18	Ч	14	Ч
7	21	Ч	22	Ч	30	Ч	29	Ч	25	Ч	24	Ч	18	Ч	23	Ч	18	Ч	12	P	30	Ч	12	P
8	20	ПЧ	15	P	26	Ч	28	Ч	27	Ч	16	P	25	Ч	22	Ч	24	Ч	24	Ч	25	Ч	26	Ч
9	24	ПЧ	21	P	24	ПЧ	25	ПЧ	26	ПЧ	23	P	29	Ч	32	Ч	32	Ч	33	Ч	32	Ч	31	Ч
10	26	Ч	18	P	26	Ч	26	Ч	27	Ч	18	P	20	Ч	ср	P	ср	P	14	P	24	Ч	ср	P
11	18	Ч	21	Ч	22	Ч	24	Ч	24	Ч	22	Ч	ср	P	ср	P	ср	P	20	Ч	24	Ч	ср	P
12	20	Ч	24	Ч	25	Ч	26	Ч	27	Ч	24	Ч	11	P	16	P	14	P	18	Ч	22	ПЧ	19	Ч
13	25	Ч	23	ПЧ	24	ПЧ	25	Ч	26	Ч	26	Ч	20	P	22	ПЧ	23	ПЧ	20	P	24	Ч	22	ПЧ
14	23	Ч	24	Ч	23	Ч	24	Ч	23	Ч	28	Ч	23	Ч	28	Ч	24	Ч	26	Ч	30	Ч	31	Ч
15	27	Ч	28	Ч	26	Ч	27	Ч	26	Ч	30	Ч	25	Ч	ср	P	ср	P	19	P	26	Ч	31	Ч
16	25	Ч	25	Ч	26	Ч	28	Ч	29	Ч	26	Ч	20	P	34	Ч	35	ПЧ	34	Ч	30	Ч	34	Ч
17	20	Ч	25	Ч	30	Ч	31	Ч	30	Ч	30	Ч	24	Ч	10	P	13	P	30	Ч	31	Ч	33	Ч
18	23	Ч	31	Ч	27	Ч	28	Ч	29	Ч	30	Ч	25	Ч	27	Ч	26	Ч	28	Ч	24	Ч	26	Ч
19	21	Ч	24	Ч	25	Ч	26	Ч	27	Ч	28	Ч	31	Ч	24	Ч	25	Ч	22	Ч	24	Ч	22	Ч
20	ср	P	20	Ч	22	Ч	23	Ч	24	Ч	21	Ч	20	ПЧ	26	Ч	24	Ч	8	35	18	P	10	P

Примітки: *Ø – діаметр зони інгібування росту; ср – суцільний ріст; Ч – чутливість; Р – резистентність; ПЧ – помірна чутливість.

Таблиця 4

Антибіотикограма дослідних штамів *Escherichia coli*, виділених із зразків риби та рибної продукції (штами *E. coli* – pEc25–pEc43)

№ п/п антибіотиків		Облік результатів за постановки ДДМ та їх інтерпретація																																															
		штами <i>Escherichia coli</i> , виділені із зразків риби та рибної продукції																																															
		pEc25		pEc26		pEc28		pEc29		pEc30		pEc33		pEc34		pEc35		pEc36		pEc37		pEc38		pEc39		pEc43																							
%зони інгібування росту		Інтерпретація		%зони інгібування росту		Інтерпретація		%зони інгібування росту		Інтерпретація		%зони інгібування росту		Інтерпретація		%зони інгібування росту		Інтерпретація		%зони інгібування росту		Інтерпретація		%зони інгібування росту		Інтерпретація																							
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49																							
1	42	ч	34	ч	32	ч	32	ч	38	ч	32	ч	28	ч	35	ч	36	ч	33	ч	38	ч	34	ч	36	ч																							
2	30	ч	18	Р	30	ч	28	ч	36	ч	28	ч	27	ч	30	ч	32	ч	30	ч	32	ч	29	ч	30	ч																							
3	30	ч	31	ч	23	ч	23	ч	27	ч	28	ч	28	ч	20	ч	22	ч	24	ч	28	ч	24	ч	23	ч																							
4	34	ч	32	ч	34	ч	34	ч	34	ч	32	ч	30	ч	37	ч	34	ч	38	ч	35	ч	36	ч	30	ч																							
5	30	ч	34	ч	32	ч	31	ч	34	ч	26	ч	27	ч	30	ч	22	ч	30	ч	ср	Р	25	ч	19	Р																							
6	21	ч	15	ч	18	ч	11	ч	23	ч	20	ч	20	ч	13	ч	18	ч	10	Р	21	ч	22	ч	16	ч																							
7	29	ч	28	ч	12	Р	24	ч	29	ч	ср	Р	14	Р	24	ч	25	ч	24	ч	30	ч	20	ч	21	ч																							
8	26	ч	25	ч	25	ч	26	ч	26	ч	Рок	Р	28	ч	22	ч	21	ПЧ	28	ч	27	ч	26	ч	20	ПЧ																							
9	рок	Р	35	ч	30	ч	33	ч	33	ч	32	ч	32	ч	32	ч	33	ч	32	ч	34	ч	32	ч	35	ч																							
10	24	ч	22	ч	ср	Р	ср	Р	ср	Р	12	Р	с.р.	Р	22	ч	21	ч	28	ч	15	Р	22	ч	10	Р																							
11	23	ч	13	Р	20	ч	17	ч	21	ч	8	Р	10	Р	ср	Р	20	ч	ср	Р	28	ч	12	Р	20	ч																							
12	16	Р	21	ч	17	Р	18	ч	18	ч	17	Р	15	Р	16	Р	14	Р	18	ч	20	ч	20	ч	24	ч																							
13	21	Р	21	Р	25	ч	25	ч	27	ч	26	ч	29	ч	22	ПЧ	24	ч	23	ПЧ	23	ПЧ	26	ч	21	Р																							
14	25	ч	28	ч	22	ч	26	ч	28	ч	32	ч	26	ч	23	ч	27	ч	25	ч	31	ч	26	ч	20	Р																							
15	26	ч	25	ч	27	ч	30	ч	28	ч	25	ч	27	ч	22	ПР	28	ч	25	ч	27	ч	23	ПЧ	26	ч																							
16	30	ч	32	ч	33	ч	35	ч	30	ч	26	ч	32	ч	20	Р	33	ч	32	ч	32	ч	31	ч	21	ч																							
17	26	ч	30	ч	20	ч	30	ч	18	ч	23	ч	21	ч	23	ч	22	ч	22	ч	21	ч	23	ч	25	ч																							
18	21	ч	21	ч	22	ч	21	ч	22	ч	22	ч	20	ч	23	ч	22	ч	23	ч	21	ч	23	ч	21	ч																							
19	22	ч	22	ч	21	ч	23	ч	20	ч	20	ч	22	ч	34	ч	27	ч	24	ч	22	ч	23	ч	21	ч																							
20	ср	Р	ср	Р	ср	Р	9	Р	ср	Р	15	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р																							

Примітки: *Ø – діаметр зони інгібування росту; ср – суцільний ріст; рок – ріст окремих колоній у зоні інгібування росту у напрямку до диска з антибіотиком; Ч – чутливість; Р – резистентність; ПЧ – помірна чутливість.

Таблиця 5

Антибіотикограма дослідних штамів *Escherichia coli*, виділених із зразків риби та рибної продукції (штами *E. coli* – pEc44–pEc63)

№ п/п антибіотиків		Облік результатів за постановки ДДМ та їх інтерпретація																						
		штами <i>Escherichia coli</i> , виділені із зразків риби т а рибної продукції																						
		pEc44	pEc45	pEc46	pEc47	pEc48	pEc50	pEc51	pEc52	pEc54	pEc56	pEc62	pEc63											
	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація	%зони інгібування росту	Інтерпретація		
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
1	32	ч	32	ч	33	ч	33	ч	33	ч	34	ч	31	ч	34	ч	36	ч	35	ч	34	ч	34	ч
2	28	ч	27	ч	30	ч	30	ч	31	ч	30	ч	30	ч	32	ч	35	ч	30	ч	30	ч	30	ч
3	21	ПЧ	22	ч	22	ч	26	ч	22	ч	30	ч	28	ч	28	ч	28	ч	30	ч	20	ПЧ	22	ч
4	20	ПЧ	35	ч	30	ч	31	ч	30	ч	35	ч	30	ч	34	ч	37	ч	21	ПЧ	35	ч	30	ч
5	30	ч	22	Р	22	Р	23	Р	24	ч	28	ч	10	Р	22	Р	23	ПЧ	33	ч	39	ч	28	ч
6	22	ч	22	ч	21	ч	26	ч	21	ч	24	ч	20	ч	24	ч	23	ч	22	ч	21	ч	20	ч
7	ер	Р	24	ч	25	ч	26	ч	25	ч	29	ч	26	ч	24	ч	24	ч	25	ч	21	ч	22	ч
8	27	ч	23	ч	22	ч	23	ч	24	ч	26	ч	22	ч	27	ч	30	ч	27	ч	26	ч	21	ПЧ
9	32	ч	32	ч	33	ч	34	ч	34	ч	33	ч	32	ч	38	ч	36	ч	22	ч	32	ч	29	ч
10	13	Р	ер	Р	18	Р	ер	Р	19	ПЧ	24	ч	22	ч	30	ч	28	ч	36	ч	27	ч	9	Р
11	13	Р	12	Р	18	ч	30	ч	22	ч	27	ч	13	Р	17	ч	17	ч	18	ч	25	ч	24	ч
12	23	ч	24	ч	26	ч	21	ч	20	ч	20	ч	20	ч	20	ч	20	ч	18	ч	26	ч	23	ч
13	22	ПЧ	20	Р	21	Р	22	ПР	23	ПЧ	22	ПЧ	23	ПЧ	22	ПЧ	23	ч	22	ч	24	ПЧ	27	ч
14	21	Р	28	ч	27	ч	22	ч	25	ч	30	ч	26	ч	26	ч	26	ч	25	ч	24	ч	21	ч
15	23	ПЧ	30	ч	27	ч	21	Р	25	ч	30	ч	25	ч	27	ч	26	ч	23	ПЧ	26	ч	21	ПЧ
16	30	ч	32	ч	33	ч	29	ч	32	ч	31	ч	29	ч	33	ч	32	ч	30	ч	28	ч	27	ч
17	22	ч	23	ч	24	ч	21	ч	19	ч	18	ч	20	ч	20	ч	22	ч	22	ч	17	ч	18	ч
18	23	ч	30	ч	22	ч	21	ч	20	ч	20	ч	20	ч	18	ч	21	ч	24	ч	19	ч	18	ч
19	22	ч	20	ч	22	ч	20	ч	21	ч	20	ч	20	ч	21	ч	22	ч	24	ч	21	ч	18	ч
20	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	1	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р	ср	Р

Примітки: *Ø – діаметр зони інгібування росту; ср – суцільний ріст; Ч – чутливість; Р – резистентність; ПЧ – помірна чутливість.

Слід зауважити, що в обох випадках найчастіше дослідні штами означених ешерихій проявляли стійкість до представників груп карбапенемів, цефалоспоринів та фторхінолонів у різних варіаціях.

Ще у 1 (2,2 % від досліджених) культури *E. coli* (штам pEc8) виявлено найвищий рівень поліантибіотикорезистентності серед дослідних штамів ешерихій за стійкістю одночасно до 7 антибіотиків, серед яких були представники різних груп – карбапенемів, цефалоспоринів, фторхінолонів і аміноглікозидів.

Якщо розглядати бактерицидну дію антибіотиків на ешерихії за їх окремими групами, то аналіз результатів мікробіологічних випробувань показав,

що всі 45 дослідних штамів *E. coli* були чутливими до азтреонаму, представника групи монобактамів, та амікацину і гентаміцину, представників групи аміноглікозидів. Високу чутливість до антибіотиків групи амікоглікозидів було підтверджено бактерицидною дією тобраміцину. Лише у 2 (4,4 %) випадках серед дослідних *E. coli* (штами pEc19, pEc20) була встановлена резистентність до згаданого антибіотичного препарату.

Серед представників групи різних агентів, за бактерицидною активністю найбільш ефективним виявився нітрофурантоїн, що було підтверджено виявленням лише одним стійким до нього дослідним

штамом *E. coli* (pEc37). Решта дослідних штамів ешерихій були чутливими до цього препарату. До триметопіму, були стійкими 6 (13,3 % від дослідних) дослідних культур ешерихій (штами pEc22, pEc24, pEc28, pEc33, pEc34, pEc44). Стійкість до фосфоміцину була притаманна 13 дослідним *E. coli* (штами pEc4, pEc9, pEc17, pEc20, pEc22, pEc36, pEc38, pEc43, pEc45, pEc46, pEc47, pEc51, pEc52), що складало частку 28,9 %. Одержані дані свідчили, що АБП групи різних агентів, за дії на ешерихії, проявляють бактерицидну ефективність від низької (13 резистентних культур до фосфоміцину) до високої (1 резистентна культура до нітрофурантоїну). Тому, кожен антибіотик із цієї групи варто досліджувати самостійно.

За аналізу одержаних результатів експерименту з вивчення чутливості дослідних ізолятів *E. coli* до антибіотиків групи фторхінолонів встановлено, що найвищою бактерицидною активністю володіли препарати моксіфлоксацин і норфлоксацин. Ці дані підтверджуються результатами досліджень, за якими резистентність дослідних культур ешерихій виявлена лише у 2 (4,4 % від досліджених) випадках відповідно (штами pEc43, pEc44 та штами pEc17, pEc35 відповідно). До офлоксацину формувалася стійкість у 5 (11,1 %) дослідних *E. coli* (штами Ec1, Ec19, Ec20, pEc22, pEc47), що підтверджено ростом окремих колоній ешерихій по всій площі зони інгібування росту. Цей факт засвідчував появу резистентних особин серед чутливих до офлоксацину бактерій у популяціях. Серед групи фторхінолонів найменшою бактерицидністю стосовно дослідних ешерихій володів левофлоксацин. За одержаними даними цей до цього препарату були резистентними 8 культур *E. coli* (штами pEc3, pEc17, pEc22, pEc25, pEc26, pEc43, pEc45, pEc46), які складали частку у 17,8 %.

Якщо розглядати бактерицидну дію антибіотиків групи тетрациклінів, представлених тігекцикліном, то у 9 (20,0 % від досліджених) дослідних *E. coli* (штами Ec17, pEc19, Ec20, Ec25, Ec28, Ec33, Ec34, Ec35, Ec36) було виявлено високий рівень резистентності. При цьому діапазон величин діаметрів зон затримки росту дослідних культур за дії тігекцикліну коливався у межах від 16 до 11 мм, що було нижчим в 1,13–1,64 рази від допустимого граничного значення за EUCAST.

Визначення чутливості дослідних штамів *E. coli* до антибіотиків групи пеніцилінів, представлених ампіциліном, засвідчило малоефективну бактерицидну дію препарату, оскільки резистентність до означеного антибіотику була притаманна 13 (28,9 % від досліджених) дослідним культурам ешерихій (штами Ec17, Ec19, Ec20, Ec24, Ec26, Ec33, Ec34, Ec35, Ec37, Ec39, Ec44, Ec45, Ec51). Більше того, серед дослідних *E. coli* у 4 випадках (штами Ec26, Ec33, Ec34, Ec39) спостерігався ріст окремих колоній по всій зоні інгібування, складало частку у 8,9 %. Такий факт свідчив про формування стійкості до ампіциліну у окремих представників популяції чутливих бактерій.

Результати досліджень антибіотиків групи карбапенемів, показали високу стійкість дослідних штамів ешерихій. Зокрема, до меропенему

резистентність було виявлено у 4 (8,9 %) культур *E. coli* (штами pEc8, pEc9, pEc10, pEc14). До ертапенему виявлено резистентність у 13,3 % дослідних ешерихій (штами pEc8, pEc9, pEc10, pEc11, pEc14, pEc26). До іміпенему були резистентними 15,6 % дослідних *E. coli* (штами pEc8, pEc9, pEc10, pEc14, pEc17, pEc19, pEc20). Слід звернути увагу на те, що штами ешерихій pEc8, pEc9, pEc10, pEc14 проявляли резистентність до всіх використаних представників карбапенемів.

За аналізом результатів випробувань серед застосованих антибіотиків групи цефалоспоринів найбільш бактерицидно ефективним виявився антибіотик цефепім, оскільки лише 1 (2,2 % серед досліджених) із штамів *E. coli* (pEc25) проявляв стійкість до цього препарату. Цефалоспоринони є групою індикаторних антибіотиків для виявлення продукції набутих ферментів резистентності у ентеробактерій, зокрема у ешерихій. Результати проведених досліджень з виявлення стійкості дослідних штамів *E. coli* до антибіотиків групи цефалоспоринів показали високий рівень їх резистентності до цефтазидиму – у 5 (11,1 %) випадках (штами pEc5, pEc8, pEc10, pEc14, pEc33). Це підтверджено величиною діаметрів зон інгібування росту, які були меншими від діаметру граничної межі (19<), встановлених EUCAST. Слід зазначити, що у деяких штамів, зокрема, штаму pEc33 по всій зоні інгібування росту росли поодинокі колонії *E. coli* у напрямку до диску з антибіотиком, що свідчило про формування серед популяції антибіотикочутливих ешерихій, бактеріальних клітин з резистентністю до цього антибіотику.

Цефокситин також належить до індикаторних антибіотиків з виявлення набутих ферментів резистентності. За результатами аналізу проведених досліджень виявлено високий рівень резистентності до цефокситину у 20 (44,4 %) дослідних *E. coli* (штами pEc5, pEc8, pEc10, pEc14, pEc19, pEc20, pEc22, pEc24, pEc28, pEc29, pEc30, pEc33, pEc34, pEc38, pEc43, pEc44, pEc45, pEc46, pEc47, pEc63). Це може свідчити про ймовірну продукцію ними набутих ферментів антибіотикорезистентності і потребує скринінгу на підтвердження такої продукції. Слід відзначити, що у більшості штамів *E. coli* ріст поодиноких колоній було виявлено по всій площині зони інгібування росту з цим антибіотиком. Це свідчить про формування стійких до цефокситину бактерій серед популяції чутливих ешерихій. Більше того, серед дослідних штамів *E. coli* у 5 (11,1 % від досліджених) випадках виявлено стійкість одночасно до цефтазидиму, цефепіму та цефокситину (штами Ec5, Ec8, Ec10, Ec14, Ec33).

Вчені наголошують на тому, що на сьогодні одну з основних проблем створюють бактерії родини *Enterobacteriaceae*, у яких формується резистентність до цефалоспоринів III і IV поколінь за рахунок продукції нами ESBL – ферментів (бета-лактамаз) розширеного спектру дії [22–25]. За продукції таких ферментів ешерихіями, вони стають особливо небезпечними через ймовірну можливість передачі ними іншим мікроорганізмам резистентності до інгібіторів бета-лактамаз (клавуланової кислоти, тазобактаму, сульбактаму).

Результати наших випробувань, які вказують на зростання стійкості до антибіотиків групи карбапенемів, підтверджуються даними інших науковців. Вони звертають увагу, що поширення полірезистентних мікроорганізмів з роду *Enterobacteriaceae* і горизонтальний перенос між ними плазмід, які експресують карбапенемазу, викликають невпинне підвищення стійкості до карбапенемів [26, 27].

Одержані нами результати підтверджують дані інших науковців в питанні формування антибіотикорезистентності у дослідних штамів *E. coli*, виділених із зразків риби та рибної продукції [28–30]. Після проведення аналізу досліджень виявлено резистентність одночасно до індикаторних антибіотиків цефтазидиму, цефепіму та цефокситину. Ймовірно, це може свідчити про набути резистентність такими штамми ешерихій. Тому, всі дослідні штами *E. coli*, яким притаманна резистентність до індикаторних цефалоспоринів, відібрані для подальшого їх скринінгу на продукцію набутих ферментів резистентності.

Ряд авторів стверджують, що однією із причин бактеріальної контамінації внутрішніх органів гідробіонтів, в т. ч. риби, є забруднення водою різними видами бактерій, зокрема *E. coli*. За даними дослідників серед виділеної видової різноманітності мікроорганізмів частка *E. coli* складає від 15,0 до 35,0 % [31–33].

Результати наших досліджень співпадають із даними вчених, які виявляли поліантибіотикорезистентність ізолятів *E. coli* одночасно до 6–8 антибіотиків у 12,0 % випадків [34].

Висновки

Виявлено серед 45 культур *E. coli*, виділених і риби і рибної продукції, 4 (9,8 %) штами дослідних ешерихій чутливих до всіх використаних антибіотиків різних груп. У решти 41 штаму *E. coli* (91,2 %) встановлено стійкість до антибіотиків різних ступенів – від моно- до поліантибіотикорезистентності. Резистентність до 1–2 антибіотиків виявлено у 17 (37,8 %) дослідних штамів ешерихій. Полірезистентність від 3 до 7 антибіотиків встановлено у 62,2 % штамів *E. coli*.

За аналізом антибіотикограм у всіх 45 (100,0 %) дослідних штамів ешерихій засвідчено чутливість до азтреонаму (група монобактамів), амікацину і гентаміцину (група аміноглікозидів). Чутливість до нітрофурантоїну (група різних агентів) була виявлена у 1 (2,2 %) штаму *Escherichia coli*. Високочутливими до тобраміцину (група аміноглікозидів), до норфлоксацину і моксіфлоксацину (група фторхінолонів) було виявлено по 2 (4,4 %) штами ешерихій відповідно. До дії всіх інших антибіотиків із різних груп встановлено високий рівень стійкості серед дослідних від 3 до 20 (6,7 і 44,4 % відповідно) штамів *E. coli*.

Відібрано, за результатами досліджень, 20 дослідних штамів *E. coli*, які проявляли стійкість до індикаторних цефалоспоринів цефтазидиму, цефепіму, цефокситину та карбапенемів меропенему і ертапенему для проведення скринінгу на виявлення продукції ними набутих ферментів резистентності.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні скринінгу дослідних штамів *E. coli*, виділених із зразків риби та рибної продукції для підтвердження/спростування продукції набутих ферментів антибіотикорезистентності з метою зменшення ризиків їх розповсюдження та для підвищення спроможності підприємств рибопереробної галузі до виробництва якісної, безпечної харчової сировини і продукції із риби.

Подяки

Ми вдячні підтримці Чеських науковців в галузі розвитку, яка дозволила розпочати цю наукову співпрацю / We are grateful for the support of Czech Development Scientists, which allowed us to start this scientific cooperation.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Honcharova, O. V., & Kutishchev, P. S. (2023). Aspects of formation of the potential and development of Ukrainian aquaculture under the conditions of European integration of innovative solutions. *Water Bioresources and Aquaculture*, 1, 73–82. <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.6>
2. Samofatova, V., & Neveseliuk, V. (2020). Current state of fishing industry of Ukraine. *Food Industry Economics*, 12 (2). <https://doi.org/10.15673/fie.v12i2.1738>
3. Nepran, I. V. (2022). Current state of aquatic bioresources and fisheries of Kharkiv region. *Taurian Scientific Herald*, 124, 232–238. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.32>
4. Rud, Yu., Zaloilo, O., Buchatsky, L., & Hrytsyniak, I. (2020). The impact of climate change on fish infectious diseases (a review). *Fisheries Science of Ukraine*, 4 (54), 78–110. <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.078>
5. Gadzalo, Ya. M. (2023). Domestic agriculture in modern conditions: challenges and ways to overcome them. *Report at the session of the General Assembly of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine* (60 p). Kyiv. Retrieved from: <http://naas.gov.ua/slide/v-tchiznyane-s-lske-gospodarstvo-v-suchas-nikh-umovakh-vikliki-ta-shlyakhi-kh-podolannya-dopov-d-prez/>
6. Burgaz, M. I., Matvienko, T. I., Bezik, K. I., & Soborova, O. M. (2019). The current state of fish market in Ukraine. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 2 (3), 6–10. <https://doi.org/10.32718/ujvas2-3.02>
7. Garkavenko, T. O., & Malimon, Z. V. (2018). Analysis of non-conformity to microbiological criteria detected in frozen fish and fish products imported to Ukraine. *Bulletin Veterinary Biotechnology*, 32 (2), 85–91. [https://doi.org/10.31073/vet_biotech32\(2\)-10](https://doi.org/10.31073/vet_biotech32(2)-10)
8. Vdovenko, N. M., Pavlenko, M. M., & Sinenok, I. O. (2020). The Organizational and Economic Bases for the Development of Fishing and Aquaculture Industry in Ukraine. *Business Inform*, 4 (507), 221–228. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-4-221-228>
9. Van Boeckel, T. P., Pires, J., Silvester, R., Zhao, C., Song, J., Criscuolo, N. G., Gilbert, M., Bonhoeffer, S., & Laxminarayan, R. (2019). Global trends in antimicrobial resistance in animals in low- and middle-income countries. *Science*, 365 (6459). <https://doi.org/10.1126/science.aaw1944>
10. Rawson, T. M., Sharma, S., Georgiou, P., Holmes, A., Cass, A., & O'Hare, D. (2017). Towards a minimally invasive device for beta-lactam monitoring in humans. *Electrochemistry Communications*, 82, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2017.07.011>
11. Mdegela, R. H., Mwakaheje, E. R., Rubegwa, B., Gebeyehu, D. T., Niyigenga, S., Msambichaka, V., Nonga, H. E., Antoine-Moussiaux, N., & Fasina, F. O. (2021). Antimicrobial use, residues, resistance and governance in the food and agriculture sectors, Tanzania. *Antibiotics*, 10 (4), 454. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040454>

12. Tsarenko, T., & Korniienko, L. (2021). Intensive animal farming operations and outbreaks of zoonotic bacterial diseases in Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (3), 479–489. <https://doi.org/10.15421/022166>
13. Chechet, O. N., Gorbatiuk, O. I., Rublenko, I. O., Kuryata, N. V., Buchkovska, G. A., Musiets, I. V., Shchur, N. V., Shalimova, L. O., Ordynska, D. O., Balanchuk, L. V., & Togachynska, L. V. (2023). Zoonotic and commensal bacteria from pigs with acquired antimicrobial resistance. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14(4), 624–629. <https://doi.org/10.15421/022390>
14. Lomovskaya, O., Nelson, K., Rubio-Aparicio, D., Tsivkovski, R., Sun, D., & Dudley, M. N. (2020). Impact of intrinsic resistance mechanisms on potency of QPX7728, a new ultrabroad-spectrum beta-lactamase inhibitor of serine and metallo-beta-lactamases in Enterobacteriaceae, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Acinetobacter baumannii*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 64 (6). <https://doi.org/10.1128/aac.00552-20>
15. Garkavenko, T. O., Gorbatiuk, O. I., Dybkova, S. M., Kozytska, T. G., Andriyashchuk, V. O., Kukhtyn, M. D., & Horiuk, Y. V. (2021). Screening of epidemiologically significant mechanisms of antibiotics to β -Lactams in Enterobacteriaceae - pathogens of zoonoses. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15 (3), 1245–1256. <https://doi.org/10.22207/jpam.15.3.14>
16. Musiets, I., Rublenko, I., Chechet, O., Horbatiuk, O., Pishchanskyi, O., Rublenko, S., Ruda, M., Balanchuk, L., Mekh, N., & Zhovnir, O. (2024). Species composition of microorganisms and their quantitative indicators in microbiological tests of fish and fish products. *Scientific Journal of veterinary Medicine*, 2 (192), 56–68. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2024-192-2-56-68>
17. The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Routine and extended internal quality control for MIC determination and disk diffusion as recommended by EUCAST. Version 13.2, 2023. (2023). *European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing*. Retrieved from: <http://www.eucast.org>
18. The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 14.0, 2024. (2024). *European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing*. Retrieved from: <http://www.eucast.org>
19. Harkavenko, T. O., Horbatiuk, O. I., Dybkova, S. M., Kozytska, T. G., Harkavenko, V. M., & Azyrkina, I. I. (2020). *Methodological recommendations for determining the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs*. Kyiv: DNDILDVSE
20. Harkavenko, T. O., Horbatiuk, O. I., Kozytska, T. G., Andriyashchuk, V. O., Harkavenko, V. M., Musiets, I. V., Ordynska, D. O., & Shchur, N. V. (2021). *Isolation and identification of enterobacteria producing ESBL, AmpC-beta-lactamase and carbapenemases (including OXA-48 and OXA-48-like enzymes): methodical recommendations*. Kyiv: DNDILDVSE.
21. Harkavenko, T. O., Horbatiuk, O. I., Kozytska, T. G., & Andriyashchuk, V. A. (2021). *Guidelines on the procedure for surveillance (active monitoring) of antimicrobial resistance of zoonotic and commensal bacteria in veterinary medicine: methodical recommendations*. Kyiv: DNDILDVSE.
22. Andersen, V. D., Jensen, V. F., Vigre, H., Andreassen, M., & Agerso, Y. (2015). The use of third and fourth generation cephalosporins affects the occurrence of extended-spectrum cephalosporinase-producing *Escherichia coli* in Danish pig herds. *The Veterinary Journal*, 204 (3), 345–350. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.03.014>
23. Peretyatko, O., Yaguiuk, Y., Sklyar, N., Bolshakova, G., & Holodna, T. (2022). Beta-lactamases of Enterobacteria: general characteristics, mechanisms and regional features of distribution. *Annals of Mechnikov's Institute*, 3, 7–12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7070850>
24. Cheng, G., Dai, M., Ahmed, S., Hao, H., Wang, X., & Yuan, Z. (2016). Antimicrobial drugs in fighting against antimicrobial resistance. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00470>
25. Romaniuk, L. B., Kravets, N. Y., Klymniuk, S. I., Kopcha, V. S., & Dronova, O. Y. (2020). ANTIBIOTIC-resistance of opportunistic microorganisms: topicality, conditions of emergency, ways of overcome. *Infectious Diseases*, 4, 63–71. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2019.4.10965>
26. Banerji, A., Brinkman, N. E., Davis, B., Franklin, A., Jahne, M., & Keely, S. P. (2024). Food webs and feedbacks: the untold ecological relevance of antimicrobial resistance as seen in harmful algal blooms. *Microorganisms*, 12 (11), 2121. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12112121>
27. Pylypenko, M., Ovsienko, T., & Bondar, M. (2019). The combination of carbapenem resistance and colistin resistance of pathogens of severe Gram-negative nosocomial infections: the first signs of the start of the postantibiotic era. *Emergency Medicine*, 2 (97), 54–62. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.2.97.2019.161643>
28. Potter, R. F., D'Souza, A. W., & Dantas, G. (2016). The rapid spread of carbapenem-resistant Enterobacteriaceae. *Drug Resistance Updates*, 29, 30–46. <https://doi.org/10.1016/j.drug.2016.09.002>
29. Hadzevych, O. V., Paliy, A. P., Stehni, B. T., Stehni, A. B., Chechet, O. N., Hadzevych, D. V., Paliy, A. P., Pavlichenko, O. V., Severyn, R. V., Petrov, R. V., & Livoshchenko, L. P. (2023). Antibiotic resistance of microbiotas of fishery enterprises hydro ecosystems. *Microbiological Journal*, 84 (4), 77–87. <https://doi.org/10.15407/microbiolj84.04.077>
30. Kotelevych, V., Huralaska, S., & Honcharenko V. (2023). Veterinary and sanitary assessment of fish and seafood by quality and safety indicators. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 103–112. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.19>
31. Novak Babič, M., Gostinčar, C., & Gunde-Cimerman, N. (2020). Microorganisms populating the water-related indoor biome. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104 (15), 6443–6462. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10719-4>
32. Wilson, W. R., Kline, E. G., Jones, C. E., Morder, K. T., Mettus, R. T., Doi, Y., Nguyen, M. H., Clancy, C. J., & Shields, R. K. (2019). Effects of KPC variant and porin genotype on the *in vitro* activity of meropenem-vaborbactam against carbapenem-resistant Enterobacteriaceae. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 63 (3). <https://doi.org/10.1128/aac.02048-18>
33. Lichna, A. I., Bezyk, K. I., & Kudelina, O. Yu. (2023). Analysis of FAO data on the global fisheries and aquaculture production volume. *Water Bioresources and Aquaculture*, 1, 188–197. <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.14>
34. Dhawde, R., Macaden, R., Saranath, D., Nilgiriwala, K., Ghadge, A., & Birdi, T. (2018). Antibiotic resistance characterization of environmental *E. coli* isolated from river Mula-Mutha, Pune District, India. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (6), 1247. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061247>

ORCID

- | | |
|---|---|
| I. Musiets  | https://orcid.org/0000-0002-2456-560X |
| I. Rublenko  | https://orcid.org/0000-0002-1401-0969 |
| O. Chechet  | https://orcid.org/0000-0001-5099-5577 |
| O. Horbatiuk  | https://orcid.org/0000-0002-0573-2089 |
| O. Pishchanskyi  | https://orcid.org/0009-0002-0111-4977 |
| V. Melnychuk  | https://orcid.org/0000-0003-1927-1065 |
| S. Rublenko  | https://orcid.org/0000-0003-0678-5497 |
| L. Balanchuk  | https://orcid.org/0000-0003-0989-5886 |
| N. Mekh  | https://orcid.org/0009-0006-9472-5054 |
| O. Zhovnir  | https://orcid.org/0000-0003-1677-2120 |



2025 Musiets I. 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 impact of bacteriophages on the immune system of animals

Yu. Horiuk  | V. Horiuk | R. Kolinchuk

Article info

Correspondence Author

Yu. Horiuk

E-mail:

goruky@ukr.netPodillia State University,
12, Shevchenko Str.,
Kamianets-Podilskyi, 32316,
Ukraine**Citation:** Horiuk, Yu., Horiuk, V., & Kolinchuk, R. (2025). The impact of bacteriophages on the immune system of animals. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 150–155. doi: 10.31210/spi2025.28.01.23

The global problem of antibiotic resistance has led to a resurgence of phage therapy, which offers a promising alternative to combat antibiotic-resistant bacteria. Bacteriophages are natural agents capable of specifically attacking certain bacteria, and unlike antibiotics, they exhibit high specificity for bacteria, preserving the normal microbiota of the organism. This review aims to characterize both the innate and acquired immune responses to the impact of phages on the animal organism. One of the key features of phage therapy is its ability to induce both innate and adaptive immune responses. Phages can influence bacterial phagocytosis by stimulating macrophages, neutrophils, and other immune cells to effectively remove bacterial pathogens. Additionally, phages can reduce the levels of reactive oxygen species, which helps to reduce oxidative stress in cells and tissues. An important aspect is the ability of phages to overcome mucosal barriers and enter the bloodstream, allowing them to interact with immune cells at various stages of infection. However, their effectiveness may depend on the physiological state of the animal, the dose of phages, and the specific characteristics of the phages themselves. Recent studies show that phages can promote the formation of anti-phage antibodies, but the mechanism of this process and its impact on therapeutic efficacy remain under discussion. In some cases, phages trigger an increase in antibody levels, which may influence their activity in future treatments. However, unlike traditional drugs, phages have low toxicity and can be safe even with prolonged use. These factors make phage therapy a potentially important tool for treating resistant bacterial infections in animals, especially in situations where traditional antibiotics are ineffective. The development of phage therapy may significantly change approaches to infection treatment; however, further research in this field is needed for a full understanding of its mechanisms.

Keywords: phage therapy, bacteriophages, immune response, bacterial infections, phagocytosis.

Вплив бактеріофагів на імунну систему тварин

Ю. В. Горюк | В. В. Горюк | Р. В. Колінчук

Заклад вищої освіти
«Подільський державний
університет»,
м. Кам'янець-Подільський,
Україна

Глобальна проблема стійкості до антибіотиків спричинила відродження фаготерапії, що є перспективною альтернативою для боротьби з бактеріями, стійкими до антибіотиків. Фаги є природними агентами, здатними специфічно атакувати певні бактерії і, на відміну від антибіотиків, мають високу специфічність до бактерій зберігаючи нормальну мікрофлору організму. Цей огляд має на меті охарактеризувати вроджену та набуту імунну відповідь за впливу фагів на організм тварини. Однією з важливих рис фагової терапії є її здатність індукувати вроджену та адаптивну імунну відповідь. Фаги можуть впливати на фагоцитоз бактерій, стимулюючи макрофаги, нейтрофіли та інші клітини імунної системи для ефективного видалення бактеріальних патогенів. Крім того, фаги можуть знижувати рівень активних форм кисню, що допомагає зменшити окислювальний стрес у клітинах і тканинах. Важливим аспектом є здатність фагів долати бар'єри слизових оболонок і проникати в кровотік, що дозволяє їм взаємодіяти з імунними клітинами на різних етапах захворювання. Проте, їх ефективність може залежати від фізіологічного стану тварини, дози фагів та специфічних характеристик самих фагів. Останні дослідження показують, що фаги можуть сприяти формуванню антифагових антитіл, але механізм цього процесу та його вплив на терапевтичну ефективність залишаються предметом дискусій. У деяких випадках фаги викликають підвищення рівня антитіл, що може впливати на їхню активність у майбутньому лікуванні. Однак, на відміну від традиційних препаратів, фаги мають низьку токсичність і можуть бути безпечними навіть при тривалому застосуванні. Ці фактори роблять фагову терапію потенційно важливим інструментом для лікування стійких бактеріальних інфекцій у тварин, зокрема в умовах, коли традиційні антибіотики неефективні. Розвиток фаготерапії може значно змінити підходи до лікування інфекцій, однак для повного розуміння її механізмів необхідно продовжувати дослідження у цій сфері.

Ключові слова: фагова терапія, бактеріофаги, імунна відповідь, бактеріальні інфекції, фагоцитоз.**Бібліографічний опис для цитування:** Горюк Ю. В., Горюк В. В., Колінчук Р. В. Вплив бактеріофагів на імунну систему тварин. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 150–155.

Незважаючи на широке використання антибіотиків, стійкість до них стала глобальною проблемою в галузі охорони здоров'я. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) виявила, що від 8% до 82% випадків інфекцій крові, пневмонії та захворювання сечовивідних шляхів спричинені бактеріями, стійкими до антимікробних препаратів [1]. За їх оцінками, щорічно внаслідок антибіотикорезистентності помирає 700 000 осіб, і це число прогнозується досягти досить високого рівня – 10 мільйонів смертей на рік до 2050 року [2, 3].

Стійкість до антибіотиків – це природний процес, однак надмірне та неналежне їх використання як у медичних установах, так і в тваринництві сприяє поширенню генів антимікробної стійкості [4, 5, 6]. Бактерії набувають численних мутацій, що в результаті захищають їх від дії антимікробних препаратів. Серед глобальних заходів для боротьби з антибіотикостійкістю пріоритетним є розробка нових антимікробних агентів для боротьби з шістьма найбільш проблемними патогенами, а саме: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* та деякі види *Enterobacter* (ESKAPE).

Поширення стійкості до антибіотиків призвело до відродження фаготерапії [7, 8]. Фаги можуть націлюватися та вбивати специфічні бактерії-господарі, включаючи стійкі до антибіотиків ізоляти. На відміну від антибіотиків, фаги мають високу специфічність до клітин-господарів з низькою властивістю токсичності, що зводить до мінімуму порушення нормальної флори [9, 10]. Нині дослідники активно працюють над вивченням взаємодії між фагами та бактеріями, оскільки ця взаємодія продовжує еволюціонувати. Розуміння механізмів взаємодії на молекулярному рівні розширює знання та відкриває нові можливості для розвитку фагової терапії.

Проведений огляд має на меті охарактеризувати вроджену та набуту імунну відповідь за впливу фагів на організм тварини.

У ході пошук літератури розглянуто та оцінено різні джерела інформації для вирішення поточного стану проблеми використання бактеріофагів в якості протимікробних засобів, їх вплив на імунну систему тварин.

Пошук джерел проводився з використанням таких систем, як *PubMed*, *Google Scholar* і *Scopus*. Крім того, розглянуто звіти та публікації Центрів з контролю та профілактики захворювань різних країн. Цей огляд включав статті, написані та опубліковані англійською мовою. Пошукові терміни, які надавали більшість інформації: «Бактеріофаги», «Фаготерапія», «Імунна система», «Вроджена та набута імунна відповідь».

Для застосування фагової терапії у випадках інфікування організму тварини важливо мати глибоке розуміння того, як фаги, взаємодіючи з бактеріями, впливають на імунну систему. Взаємодія між фагами, бактеріями та імунною системою тварини складна, враховуючи, що фаги природним чином присутні в усіх нішах організму, включаючи шкіру [11], ротову порожнину [12], легені [13], кишечник [14] і сечовивідні шляхи [15]. Однак фаги рідко

враховуються в мікробіомних і метабеномних дослідженнях, і їхня роль часто незрозуміла. Більшість фагів, які постійно присутні в організмі, є помірними, тобто можуть інтегрувати свою ДНК у бактеріальний геном (тобто профаг) або бути присутніми у вигляді епісом [16]. Нещодавні дослідження продемонстрували наявність фагової спільноти, більшість якої належала до родин *Myoviridae*, *Podoviridae*, *Siphoviridae*, *Microviridae* та *Inoviridae* у крові, яка вважається стерильним середовищем [17]. Отже, перебуваючи у крові, ці фаги можуть взаємодіяти з імунними клітинами та індукувати вроджену та набуту імунну відповідь [18, 19]. Як показали метабеномні дослідження, мікробіом кишечника також включає багато вірусних генів (вірому) [20]. Приблизно 90% кишкового вірому складається з фагів, за оцінками дослідників, 10⁹ віріонів на грам фекалій [21]. Безсумнівно, популяція бактерій і різноманітність фагів тісно пов'язані як антагоністично, так і синергічно [22].

Фаги взаємодіють з імунною системою господаря на поверхні слизових оболонок. Поверхня слизової оболонки (наприклад, кишечника та дихальних шляхів) являє собою критичний імунологічний та фізіологічний бар'єр у всіх тварин, який захищає від вторгнення бактеріальних патогенів, а також підтримує великі спільноти коменсальних мікроорганізмів [23]. Коли поверхня слизової оболонки вражається патогенними видами бактерій, епітелій може відреагувати збільшенням виробництва антимікробних агентів, гіперсекрецією муцину або зміною моделей його глікозилювання для порушення прикріплення патогенів і посилити фізичне їх виведення [24]. На поверхні слизових оболонок також містяться досить великі спільноти бактеріофагів. Тут їх кількість значно більша порівняно з іншими ділянками тіла. Так, дослідження показують, що на поверхні слизових оболонок риб, мишей та людей міститься в 4,5 раза більше фагів, ніж бактерій. Це можна пояснити наявністю імуноглобуліноподібних (Ig-подібних) білкових доменів на їх капсидах, які зв'язуються з глікопротеїнами муцину. Ig-подібна складова також присутня в антитілах та Т-клітинних рецепторах та забезпечує набуту імунну відповідь. Вважається, що Ig-подібні домени допомагають фагам в адсорбції їх клітинами-господарями в умовах навколишнього середовища [25]. Фаги, які використовують Ig-подібні домени, ефективно зв'язуються з шаром слизу, сприяючи захисту, який не залежить від власне самого організму [26, 27].

Оскільки фаги можна вводити перорально, важливим питанням, яке необхідно вирішити, є транслокація або циркуляція фагів з поверхні слизової оболонки до інших частин тіла тварини, таких як лімфатичні вузли та інші внутрішні органи. Дослідження *in vivo* перорального введення фагів продемонстрували як ефективну [28], так і не дуже [29] їх фармакодинаміку в організмі. Вчені пояснюють це тим, що багато факторів можуть впливати на цей процес, наприклад фізіологічний статус організму тварини [30] або власне характеристики самого фага. Важливим фактором щодо транслокації перорально введених фагів є те, чи можуть фаги

долати бар'єр слизової оболонки в достатній кількості, щоб згодом взаємодіяти з клітинним епітелієм та обходити його. Вчені показали, що фаги можуть перетинати шари епітеліальних клітин за допомогою трансцитозу, який переважно відбувається в апікально-базальному напрямку. Мікроскопія виявила, що приблизно 10% епітеліальних клітин ендоцитували фагові частинки, які були локалізовані в середині мембранних везикул. Власне трансцитоз фагів через шари епітеліальних клітин забезпечує механічне їх проникнення в організм, не спричинюючи захворювання [31].

Проникнення фагів в організм тварини призводить до безпосереднього їх контакту з еукаріотичними клітинами. Проте, розвиток інфекції здається малоімовірним, оскільки елементи структури фагового хвоста зв'язуються лише зі специфічними рецепторами на поверхні бактерій-мішеней. Крім того, загальновізнано, що фаги не можуть інфікувати еукаріотичні клітини через великі їх відмінності від прокаріотів щодо ключових внутрішньоклітинних механізмів, які є важливими для трансляції та реплікації фагів [32].

Встановлено, що клітини ссавців можуть фагоцитувати фаги [33, 34]. Таким чином, імунна система відіграє ключову роль у виведенні фагів з організму тварин і людей. Фагоцитарні клітини вродженої імунної системи, такі як макрофаги, нейтрофіли та дендритні клітини, здатні поглинати фаг або фагові частинки. Чіткі докази взаємодії фагів із вродженою імунною системою вперше були надані вченими [35], які показали необхідність взаємодії нейтрофілів і фагів при лікуванні інфекцій, спричинених *P. aeruginosa*. Автори продемонстрували, що присутність нейтрофілів необхідна для видалення фагорезистентних бактерій. Пізніше це підтвердили інші дослідники [36, 37].

Останні дослідження *in vitro* та *in vivo* [38, 39] щодо клітинної імунної відповіді, індукованої фагами, виявили потенціал фагів для взаємодії з імунною системою ссавців. Проте слід зазначити, що багато з цих експериментів проводилися з використанням фагових лізатів, які містять залишки лізованих бактерій (наприклад, LPS, цитозольні білки або мембранні частинки) або фрагменти бактеріальної клітинної стінки, що прикріплюються до фагових хвостів. Це ускладнює визначення точних компонентів, які відповідальні за модуляцію імунної відповіді.

Фаги можуть посилювати фагоцитоз бактерій макрофагами, оскільки при введенні разом з бактеріями-господарями вони стимулюють цей процес [40]. Це відбувається завдяки опсонізації бактеріальних клітин фагами, що робить їх більш помітними для імунної системи. Окрім того, опсонізація доповнює літичну активність фагів, що сприяє ефективному видаленню патогенних бактерій *in vivo*.

Однією з можливих реакцій фагоцитів на чужорідні об'єкти є продукція активних форм кисню (АФК), які відповідають за антибактеріальну активність фагоцитів. Проте, надмірне виробництво АФК може привести до окислювального стресу і пошкодження тканин. Попередні дослідження

показали, що фаг T4 може пригнічувати виробництво АФК у відповідь на інфекцію *Escherichia coli* [41]. Це явище, ймовірно, залежить від взаємодії між фагом і бактерією, хоча точний механізм поки не з'ясований. Зниження АФК може бути зумовлене не тільки прямим впливом фага, а й зменшенням кількості бактерій через їхній лізис фагом.

У іншому дослідженні, де поліморфноядерні лейкоцити стимулювали різними штамами *E. coli*, було виявлено, що присутність фага T4 знижує виробництво АФК при стимуляції клітин живими бактеріями або їх ЛПС. Результати цього дослідження підкреслюють здатність фагів впливати на функції клітини ссавців і демонструють їх потенціал для прояву протизапальних властивостей. Механізм, за допомогою якого фаги зменшують вироблення ROS у фагоцитах, може бути пов'язаний із зв'язуванням адгезином *gp12* фагового хвоста T4 з бактеріальним ЛПС, що знижує ефективність ЛПС у стимуляції запальної відповіді [39, 42].

Багато досліджень були проведені для оцінки здатності фагів індукувати цитокінову відповідь. У цих експериментах часто використовувалися фагові препарати, які не були повністю очищені від бактеріальних ендотоксинів чи білків. Наприклад, дослідження [43] показало, що фаг T7 індукує незначне збільшення виробництва запальних цитокінів у мишей при введенні однієї дози фага кожні 24 години протягом 10 днів, при цьому не спостерігалося значних гістологічних змін у тканинах. Інше дослідження, в якому мишам внутрішньочеревинно вводили високоочищені препарати фага T4 або його капсидні білки, не показало значної продукції цитокінів, що опосередковують запалення.

Дослідження також показали, що фаги можуть знижувати рівень TNF- α та IL-6 у сироватці крові людини. Вчені [42] провели дослідження з кров'ю 51 пацієнта з хронічними гнійними інфекціями, викликаними стійкими бактеріями і виявили, що після 21 дня лікування фагами спостерігалось зниження рівня цих цитокінів. Це зниження, ймовірно, було спричинене зменшенням кількості патогенних бактерій в організмі після терапії фагами.

Інші дослідження *in vitro* підтвердили, що фаги можуть мати протизапальні властивості. Наприклад, п'ять високоочищених фагів, спрямованих на *P. aeruginosa* та *S. aureus*, індукували подібну імунну відповідь у клітинах крові, активуючи протизапальні маркери, такі як *SOSC3*, *IL-1RN* та *IL-6* [23]. Ці результати узгоджуються з попередніми спостереженнями, що вказують на імуносупресивний ефект фагів у мишачих моделях [45]. Останні дослідження також показали, що фаг *S. aureus* *vB_SauM_JS25* здатний пригнічувати LPS-індуковане запалення та фосфорилування NF- κ B p65 [38].

Попри ці перспективні результати слід зазначити, що потенційну протизапальну чи імуносупресивну дію фагів не можна порівнювати з фізіологічними ефектами традиційних протизапальних або імуно супресивних препаратів. Механізм, через який фаги індукують протизапальну відповідь, досі залишається не до кінця з'ясованим, хоча їхній антимікробний ефект ймовірно відіграє важливу роль у цьому процесі.

Фаги, які складаються з щільно упакованої ДНК або РНК та білкової оболонки, утвореної великою кількістю білкових одиниць, можуть викликати вироблення нейтралізуючих антитіл у людей, які піддаються фаготерапії або контактують з природними фагами [46]. Цю імуногенність фагів використовують у медицині для оцінки імунної компетентності пацієнтів з імунодефіцитами, зокрема у пацієнтів з ВІЛ [47]. Імунізація бактеріофагом *φX174*, наприклад, широко застосовується для діагностики та моніторингу первинних і вторинних імунодефіцитів з 1970-х років без повідомлень про побічні ефекти навіть у пацієнтів з тривалою циркуляцією фага в крові. Це свідчить про низьку токсичність фага *φX174* навіть у ослаблених імунних системах [48, 49].

Природні бактеріофаги також індукують гуморальний імунітет. Антифагові нейтралізуючі антитіла проти природних фагів були виявлені у сироватках різних видів, таких як миші, коні та люди [45, 49]. Дослідження вироблення антифагових антитіл до фага *T4* у 50 здорових добровольців, які не мали досвіду фагової терапії та не працювали з фагами, показало наявність природних фагових антитіл. Зокрема, 81% сироваток значно знижували фагову активність, що свідчить про наявність антифагових антитіл. В цих сироватках були виявлені природні антитіла IgG, специфічні до фагових білків *gp23**, *gp24**, *Нос* і *Сос*. Ці результати демонструють, що антитіла до фага *T4* є поширеними серед людей.

Більшість досліджень показують, що фаги можуть легко індукувати утворення антифагових антитіл при імунізації людей чи тварин [50]. Однак, деякі дослідження не виявили антитіл після перорального введення фагів *T4* у дуже низьких дозах. Це може бути пов'язано з низькою дозою фагів, введеною з міркувань безпеки, або відсутністю ад'юванта. Нещодавно проведене дослідження [42] показало, що у більшості пацієнтів, які проходили фаготерапію, антитіла не утворювалися, хоча кілька пацієнтів демонстрували підвищення рівнів IgG або IgM. Однак, це не впливало на результати фаготерапії. Можливо, низький рівень антитіл був зумовлений коротким часом лікування, а підвищене вироблення антитіл у деяких пацієнтів могло бути результатом попереднього контакту з фагами та наявності імунологічної пам'яті.

Ці результати демонструють, що гуморальна реакція на фаги не є простою і не завжди слідує стандартному механізму індукції [51, 52]. Вивчення, проведене дослідниками [52], показало, що тривале пероральне лікування мишей фагом *T4* індукувало гуморальну відповідь. Виявлено, що фаги сприяють продукції IgA в кишечнику та IgG у крові, при цьому інтенсивність і час цієї відповіді залежать від дози фага. Продукція IgA обмежує активність фагів у кишечнику: коли рівень IgA низький, фаги залишаються в калі, а при підвищенні IgA їх більше не можна виявити в калі. Однак, коли рівень IgA знову знижувався, фаги знову з'являлися.

Ці дані свідчать про здатність фагів транслюкуватися з кишечника в кровотік, що підтверджується останніми дослідженнями про транцитоз фагів [31].

При введенні високих доз фагів (4×10^9 БУО/мл) фаги були виявлені в крові, що корелювало з формуванням вторинної імунної відповіді. Однак, при зниженні дози фагів у десять разів не спостерігалось значного підвищення адаптивної імунної відповіді, і фаги не виявлялися в циркуляції. Окрім цього, дослідження окремих фагових білків показало, що білок *Нос* фага *T4* і *gp12* значно стимулюють вироблення антитіл IgG та IgA, відповідно в крові та кишечнику, тоді як білки *gp23**, *gp24** та *Сос* викликали низький рівень антитіл [53].

Для глибшого розуміння імунної відповіді на фаги та її впливу на ефективність терапії за допомогою фагів були розроблені моделі *in-silico* [54, 55]. Ці моделі є складними через те, що фаги є білковими біологічними агентами, які взаємодіють з імунною системою організму, активно розмножуються та навіть еволюціонують під час виробництва або використання. З огляду на це, застосування фагів має значні відмінності в порівнянні з традиційними лікарськими засобами з точки зору фармакології.

У цих математичних моделях основними факторами, що визначають швидкість зменшення бактеріальної популяції внаслідок фагової інфекції та швидкість збільшення популяції фагів, є п'ять основних параметрів: інфекційність фага, період затримки розмноження фага, розмір спалаху, швидкість розкладу фагів або їх виведення з місця інфекції, а також швидкість росту бактерій. Окрім цих п'яти параметрів, необхідно враховувати ще дві змінні: щільність чутливих бактерій і щільність фагів. Таким чином, ці моделі описують фармакокінетику фагів, порівнюючи її з динамікою популяційної взаємодії фагів і бактерій, але не беруть до уваги можливу взаємодію між бактеріями, фагами та вродженим або набутим імунітетом.

Висновки

Дані, розглянуті в цьому огляді, свідчать, що фаги можуть взаємодіяти з імунною системою ссавців різними шляхами: як безпосередньо, так і через опосередковані механізми. Однак, масштаб і характер їхнього впливу на імунітет ссавців тільки починають ставати зрозумілими. Наявні дані про ці взаємодії залишаються неоднозначними та неповними, а також обмежені невеликою кількістю досліджених фагів, типів клітин і моделей захворювань. Крім того, поки що немає остаточних доказів того, що фаги безпосередньо впливають на здоров'я чи імунітет тварини, на відміну від лабораторних моделей. Багато специфічних механізмів імунної відповіді ссавців на фаги залишаються невідомими. Цей напрямок досліджень відкриє нові перспективи і може сприяти розробці методів лікування на основі фагів.

Конфлікт інтересів

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

References

- Willemsen, A., Reid, S., & Assefa, Y. (2022). A review of national action plans on antimicrobial resistance: strengths and weaknesses. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 11 (1). <https://doi.org/10.1186/s13756-022-01130-x>
- Iwu, C. D., & Patrick, S. M. (2021). An insight into the implementation of the global action plan on antimicrobial resistance in the WHO African region: A roadmap for action. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 58 (4), 106411. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2021.106411>
- Charani, E., Mendelson, M., Pallett, S. J. C., Ahmad, R., Mpundu, M., Mbamalu, O., Bonaconsa, C., Nampoothiri, V., Singh, S., Peiffer-Smadja, N., Anton-Vazquez, V., Moore, L. S. P., Schouten, J., Kostyanov, T., Vlahović-Palčevski, V., Kofteridis, D., Corrêa, J. S., & Holmes, A. H. (2023). An analysis of existing national action plans for antimicrobial resistance—gaps and opportunities in strategies optimising antibiotic use in human populations. *The Lancet Global Health*, 11 (3), e466–e474. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(23\)00019-0](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(23)00019-0)
- Stroich, V. V., & Horiuk, Yu. V. (2023). Analysis of sensitivity to antibiotics of skin microbiota of healthy dogs and those with pyoderma. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 41, 75–82. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-4.11>
- Mocherniuk, M., Kukhtyn, M., & Horiuk, Y. (2023). Sensitivity of microbiota of bioaerosol and surfaces of boxes for holding animals in veterinary clinics to antimicrobial drugs. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 25 (109), 53–58. <https://doi.org/10.32718/nvl-vet10909>
- Kukhtyn, M., Malimon, Z., Salata, V., Rogalsky, I., Gutty, B., Kladnytska, L., Kravcheniuk, K., & Horiuk, Y. (2022). The effects of antimicrobial residues on microbiological content and the antibiotic resistance in frozen fish. *World's Veterinary Journal*, 374–381. <https://doi.org/10.54203/scil.2022.wvj47>
- Horiuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Horiuk, V. V., Sytnik, V. A., & Dashkovskyy, O. O. (2021). Effect of Phage SAvB14 combined with antibiotics on *Staphylococcus aureus* variant bovis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (3), 531–536. <https://doi.org/10.15421/022173>
- Horiuk, Y., Kukhtyn, M., Kernychnyi, S., Laiter-Moskaliuk, S., Prosyanyi, S., & Boltyk, N. (2021). Sensitivity of *Staphylococcus aureus* cultures of different biological origin to commercial bacteriophages and phages of *Staphylococcus aureus* var. bovis. *Veterinary World*, 1588–1593. <https://doi.org/10.14202/vet-world.2021.1588-1593>
- Horiuk, Y. (2021). Determination of the drug Fagomast effectiveness with different titers of Phage SAvB14. *Scientific Journal of Veterinary Medicine*, 2 (168), 57–64. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2021-168-2-57-64>
- Horiuk, Y. V. (2020). The effect of various titers of bacteriophages on the amount of *Staphylococcus aureus* variant bovis. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 5, 26–31. <https://doi.org/10.31890/vtp.2020.05.05>
- Stroich, V. V., & Horiuk, Yu. V. (2024). Evaluation of available bacteriophage preparations on the market of Ukraine and selection of phages specific to causative agents of canine pyoderma. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 43, 230–236. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-2.33>
- Chakraborty, T., Ghosh, S., Roy, S., Mandal, D., Begum, J., & Parwez, Z. (2025). Phage-based tools to modulate gut bacteria for the development of a sustainable microbiome community. *Human and Animal Microbiome Engineering*, 121–127. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-22348-8.00006-4>
- Dickson, R. P., & Huffnagle, G. B. (2015). The lung microbiome: New Principles for respiratory bacteriology in health and disease. *PLOS Pathogens*, 11 (7), 1004923. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1004923>
- Bolliri, C., Fontana, A., Cereda, E., Barichella, M., Cilia, R., Ferri, V., Caronni, S., Calandrella, D., Morelli, L., & Pezzoli, G. (2022). Gut microbiota in monozygotic twins discordant for Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 92 (4), 631–636. <https://doi.org/10.1002/ana.26454>
- Santiago-Rodriguez, T. M., Ly, M., Bonilla, N., & Pride, D. T. (2015). The human urine virome in association with urinary tract infections. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00014>
- Brüssow, H., Canchaya, C., & Hardt, W.-D. (2004). Phages and the Evolution of Bacterial Pathogens: from Genomic Rearrangements to Lysogenic Conversion. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 68 (3), 560–602. <https://doi.org/10.1128/mmbr.68.3.560-602.2004>
- Zhao, H., Li, Y., Lv, P., Huang, J., Tai, R., Jin, X., Wang, J., & Wang, X. (2022). Salmonella phages affect the intestinal barrier in chicks by altering the composition of early intestinal flora: association with time of phage use. *Frontiers in Microbiology*, 13, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.947640>
- Popescu, M., Van Belleghem, J. D., Khosravi, A., & Bollyky, P. L. (2021). Bacteriophages and the Immune System. *Annual Review of Virology*, 8(1), 415–435. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-091919-074551>
- Van Belleghem, J. D., Clement, F., Merabishvili, M., Lavigne, R., & Vaneechoutte, M. (2017). Pro- and anti-inflammatory responses of peripheral blood mononuclear cells induced by *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* phages. *Scientific Reports*, 7 (1), 8004. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08336-9>
- Handley, S. A., Thackray, L. B., Zhao, G., Presti, R., Miller, A. D., Droit, L., Abbink, P., Maxfield, L. F., Kambal, A., Duan, E., Stanley, K., Kramer, J., Macri, S. C., Permar, S. R., Schmitz, J. E., Mansfield, K., Brechley, J. M., Veazey, R. S., Stappenbeck, T. S., Wang, D., Barouch, D. H., & Virgin, H. W. (2012). Pathogenic Simian Immunodeficiency Virus Infection Is Associated with Expansion of the Enteric Virome. *Cell*, 151 (2), 253–266. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2012.09.024>
- Kim, M.-S., Park, E.-J., Roh, S. W., & Bae, J.-W. (2011). Diversity and abundance of single-stranded DNA viruses in human feces. *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (22), 8062–8070. <https://doi.org/10.1128/aem.06331-11>
- McDaniel, L., Breitbart, M., Mobberley, J., Long, A., Haynes, M., Rohwer, F., & Paul, J. H. (2008). Metagenomic analysis of lysogeny in Tampa Bay: implications for prophage gene expression. *PLoS ONE*, 3 (9), 3263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003263>
- Sheng, Y. H., & Zhang, L. (2023). Editorial: The mucosal barrier to infection. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1141131>
- Schulz, B. L., Sloane, A. J., Robinson, L. J., Prasad, S. S., Lindner, R. A., Robinson, M., Bye, P. T., Nielson, D. W., Harry, J. L., Packer, N. H., & Karlsson, N. G. (2007). Glycosylation of sputum mucins is altered in cystic fibrosis patients. *Glycobiology*, 17 (7), 698–712. <https://doi.org/10.1093/glycob/cwm036>
- Fokine, A., Islam, M. Z., Zhang, Z., Bowman, V. D., Rao, V. B., & Rossmann, M. G. (2011). Structure of the three N-terminal immunoglobulin domains of the highly immunogenic outer capsid protein from a T4-like bacteriophage. *Journal of Virology*, 85 (16), 8141–8148. <https://doi.org/10.1128/jvi.00847-11>
- Barr, J. J., Auro, R., Sam-Soon, N., Kasagne, S., Peters, G., Bonilla, N., Hatay, M., Mourtada, S., Bailey, B., Youle, M., Felts, B., Baljon, A., Nulton, J., Salamon, P., & Rohwer, F. (2015). Subdiffusive motion of bacteriophage in mucosal surfaces increases the frequency of bacterial encounters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(44), 13675–13680. <https://doi.org/10.1073/pnas.1508355112>
- Green, S. I., Gu Liu, C., Yu, X., Gibson, S., Salmen, W., Rajan, A., Carter, H. E., Clark, J. R., Song, X., Ramig, R. F., Trautner, B. W., Kaplan, H. B., & Maresso, A. W. (2021). Targeting of mammalian glycans enhances phage predation in the gastrointestinal tract. *mBio*, 12 (1). <https://doi.org/10.1128/mbio.03474-20>
- Horiuk, Y. V., Kukhtyn, M. D., Kovalenko, V. L., & Mizyk, V. P. (2021). Toxicological evaluation of the drug "Fagomast" for the treatment of mastitis in cows. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 7, 29–34. <https://doi.org/10.31890/vtp.2021.07.04>
- Jaiswal, A., Koley, H., Mitra, S., Saha, D. R., & Sarkar, B. (2014). Comparative analysis of different oral approaches to treat *Vibrio cholerae* infection in adult mice. *International Journal of Medical Microbiology*, 304 (3-4), 422–430. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2014.02.007>

30. Górski, A., Ważna, E., Weber-Dąbrowska, B.-W., Dąbrowska, K., Swiata-JelenK., & Miedzybrodzki, R. (2006). Bacteriophage translocation. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 46 (3), 313–319. <https://doi.org/10.1111/j.1574-695x.2006.00044.x>
31. Nguyen, S., Baker, K., Padman, B. S., Patwa, R., Dunstan, R. A., Weston, T. A., Schlosser, K., Bailey, B., Lithgow, T., Lazarou, M., Luque, A., Rohwer, F., Blumberg, R. S., & Barr, J. J. (2017). Bacteriophage transcytosis provides a mechanism to cross epithelial cell layers. *mBio*, 8 (6). <https://doi.org/10.1128/mbio.01874-17>
32. Grant, T. (2017). Participatory research with children and young people: using visual, creative, diagram, and written techniques. *Methodological Approaches*, 261–284. https://doi.org/10.1007/978-981-287-020-9_19
33. Hibstu, Z., Belew, H., Akelew, Y., & Mengist, H. M. (2022). Phage therapy: A different approach to fight bacterial infections. *Biologics: Targets and Therapy*, 16, 173–186. <https://doi.org/10.2147/btt.s381237>
34. Zou, G., He, L., Rao, J., Song, Z., Du, H., Li, R., Wang, W., Zhou, Y., Liang, L., Chen, H., & Li, J. (2023). Improving the safety and efficacy of phage therapy from the perspective of phage-mammal interactions. *FEMS Microbiology Reviews*, 47 (4). <https://doi.org/10.1093/femsre/fuad042>
35. Tiwari, B. R., Kim, S., Rahman, M., & Kim, J. (2011). Antibacterial efficacy of lytic *Pseudomonas* bacteriophage in normal and neutropenic mice models. *The Journal of Microbiology*, 49 (6), 994–999. <https://doi.org/10.1007/s12275-011-1512-4>
36. Roach, D. R., Noël, B., Chollet-Martin, S., de Jode, M., Granger, V., Debarbieux, L., & de Chaisemartin, L. (2023). Human neutrophil response to *pseudomonas* bacteriophage PAK_P1, a therapeutic candidate. *Viruses*, 15 (8), 1726. <https://doi.org/10.3390/v15081726>
37. Sutnu, N., Chanchaoentana, W., Kamolratanakul, S., Phuengmaung, P., Singkham-In, U., Chongrak, C., Montathip, S., Wannigama, D. L., Chatsuwana, T., Ounjai, P., Schultz, M. J., & Leelahavanichkul, A. (2024). Bacteriophages isolated from mouse feces attenuates pneumonia mice caused by *Pseudomonas aeruginosa*. *PLOS ONE*, 19 (7), e0307079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307079>
38. Zhang, L., Hou, X., Sun, L., He, T., Wei, R., Pang, M., & Wang, R. (2018). *Staphylococcus aureus* bacteriophage suppresses LPS-induced inflammation in MAC-T bovine mammary epithelial cells. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01614>
39. Alvi, I. A., Asif, M., & ur Rehman, S. (2021). A single dose of a virulent bacteriophage vB PaCP-SaPL, rescues bacteremic mice infected with multi drug resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Virus Research*, 292, 198250. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198250>
40. Miernikiewicz, P., & Dąbrowska, K. (2022). Endocytosis of Bacteriophages. *Current Opinion in Virology*, 52, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2021.12.009>
41. Przerwa, A., Zimecki, M., Świata-Jeleń, K., Dąbrowska, K., Krawczyk, E., Łuczak, M., Weber-Dąbrowska, B., Syper, D., Miedzybrodzki, R., & Górski, A. (2006). Effects of bacteriophages on free radical production and phagocytic functions. *Medical Microbiology and Immunology*, 195 (3), 143–150. <https://doi.org/10.1007/s00430-006-0011-4>
42. Jończyk-Matysiak, E., Łusiak-Szelachowska, M., Klak, M., Bubak, B., Miedzybrodzki, R., Weber-Dąbrowska, B., Żaczek, M., Fortuna, W., Rogóż, P., Letkiewicz, S., Szufnarowski, K., & Górski, A. (2015). The effect of bacteriophage preparations on intracellular killing of bacteria by phagocytes. *Journal of Immunology Research*, 2015, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2015/482863>
43. Park, K., Cha, K. E., & Myung, H. (2014). Observation of inflammatory responses in mice orally fed with bacteriophage T7. *Journal of Applied Microbiology*, 117 (3), 627–633. <https://doi.org/10.1111/jam.12565>
44. Weber-Dąbrowska, B., Zimecki, M., Mulczyk, M., & Górski, A. (2002). Effect of phage therapy on the turnover and function of peripheral neutrophils. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 34 (2), 135–138. <https://doi.org/10.1111/j.1574-695x.2002.tb00614.x>
45. Górski, A., Miedzybrodzki, R., Weber-Dąbrowska, B., Fortuna, W., Letkiewicz, S., Rogóż, P., Jończyk-Matysiak, E., Dąbrowska, K., Majewska, J., & Borysowski, J. (2016). Phage therapy: combating infections with potential for evolving from merely a treatment for complications to targeting diseases. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01515>
46. Dobrowska, K., Miernikiewicz, P., Piotrowicz, A., Hodyra, K., Owczarek, B., Lecion, D., Ka mierzak, Z., Letarov, A., & Gorski, A. (2014). Immunogenicity studies of proteins forming the T4 phage head surface. *Journal of Virology*, 88 (21), 12551–12557. <https://doi.org/10.1128/jvi.02043-14>
47. Streeck, H., & Nixon, D. F. (2010). T cell immunity in acute HIV-1 infection. *The Journal of Infectious Diseases*, 202 (S2), S302–S308. <https://doi.org/10.1086/655652>
48. Orta, A. K., Riera, N., Li, Y. E., Tanaka, S., Yun, H. G., Klaic, L., & Clemons, W. M. (2023). The mechanism of the phage-encoded protein antibiotic from ΦX174. *Science*, 381 (6654). <https://doi.org/10.1126/science.adg9091>
49. Mezhyrova, J., Martin, J., Peetz, O., Dötsch, V., Morgner, N., Ma, Y., & Bernhard, F. (2020). Membrane insertion mechanism and molecular assembly of the bacteriophage lysis toxin ΦX174-E. *The FEBS Journal*, 288, 3300–3316. <https://doi.org/10.1111/febs.15642>
50. Rubinstein, A., Mizrahi, Y., Bernstein, L., Shliozberg, J., Golodner, M., Liu, G.-Q., & Ochs, H. D. (2000). Progressive specific immune attrition after primary, secondary and tertiary immunizations with bacteriophage ΦX174 in asymptomatic HIV-1 infected patients. *AIDS*, 14(4), F55–F62. <https://doi.org/10.1097/00002030-200003100-00004>
51. Tang, J., Ravichandran, S., Lee, Y., Grubbs, G., Coyle, E. M., Klenow, L., Genser, H., Golding, H., & Khurana, S. (2021). Antibody affinity maturation and plasma IgA associate with clinical outcome in hospitalized COVID-19 patients. *Nature Communications*, 12 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21463-2>
52. Washizaki, A., Sakiyama, A., & Ando, H. (2024). Phage-specific antibodies: are they a hurdle for the success of phage therapy? *Essays in Biochemistry*, 68 (5), 633–644. <https://doi.org/10.1042/ebc20240024>
53. Majewska, J., Beta, W., Lecion, D., Hodyra-Stefaniak, K., Kłopot, A., Kaźmierczak, Z., Miernikiewicz, P., Piotrowicz, A., Ciekot, J., Owczarek, B., Kopciuch, A., Wojtyna, K., Harhala, M., Małkosa, M., & Dąbrowska, K. (2015). Oral application of T4 phage induces weak antibody production in the gut and in the blood. *Viruses*, 7 (8), 4783–4799. <https://doi.org/10.3390/v7082845>
54. Delattre, R., Seurat, J., Haddad, F., Nguyen, T.-T., Gaborieau, B., Kane, R., Dufour, N., Ricard, J.-D., Guedj, J., & Debarbieux, L. (2022). Combination of in vivo phage therapy data with in silico model highlights key parameters for pneumonia treatment efficacy. *Cell Reports*, 39 (7), 110825. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2022.110825>
55. Zhou, F., Gan, R., Zhang, F., Ren, C., Yu, L., Si, Y., & Huang, Z. (2022). PHISDetector: A tool to detect diverse in silico phage–host interaction signals for virome studies. *Genomics, Proteomics & Bioinformatics*, 20 (3), 508–523. <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2022.02.003>

ORCID

- Yu. Horiuk  <https://orcid.org/0000-0002-7162-8992>
V. Horiuk  <https://orcid.org/0000-0002-1633-7287>
R. Kolinchuk  <https://orcid.org/0000-0001-5746-2837>



2025 Horiuk Yu. 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.

Morphogenesis of lymph nodes of meat-producing rabbits during the postnatal period of ontogenesis

I. Myroshnychenko✉

Article info

Correspondence Author

I. Myroshnychenko

E-mail:

hibert.i.i@dsau.dp.ua

Dnipro State Agrarian and
Economic University,
Serhii Efremov Str., 25
Dnipro, 49009, Ukraine

Citation: Myroshnychenko, I. (2025). Morphogenesis of lymph nodes of meat-producing rabbits during the postnatal period of ontogenesis. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 156–163. doi: 10.31210/spi2025.28.01.24

In the modern world, rabbits are increasingly considered not only as objects for scientific experiments but also as a rapidly maturing source of high-quality meat products. Therefore, the issue of their effective breeding within large-scale farms focused on raising hybrid crossbreeds becomes increasingly relevant. A primary task is to maintain a high immune status in these animals under intensive rearing technologies. To achieve this, it is necessary to understand the species-specific and age-related features of the structure of the peripheral lymphoid organs in these animals, which are the most sensitive to various influencing factors. Lymph nodes are peripheral organs of hemopoiesis and lymphopoiesis, providing lymph filtration and the function of antigen-dependent proliferation and differentiation of immunocompetent cells. The popliteal (somatic) lymph node of meat-production rabbits (the fast-growing hybrid cross Hyplus) aged 1, 10, 20, 30, 60, and 90 days was studied. Each age group consisted of six rabbits. All experimental animals were clinically healthy, unvaccinated, and not treated for ecto- or endoparasites. Morphological studies included the preparation of histological sections, staining with hematoxylin and eosin, followed by microscopy. Qualitative and quantitative indicators of the development of tissue components were determined using the ImageJ software. It was established that in day-old Hyplus hybrid cross rabbits, the popliteal lymph node was histologically differentiated only into connective tissue stroma and parenchyma. The parenchyma of the organ was represented by the central medulla and the cortex located on the periphery. In 10-day-old rabbits, the connective tissue stroma of the organ thickened, the medulla was predominant among lymphoid tissue, and the sinus system was more visualized. From the age of 20 days, individual primary lymphoid nodules without germinal centers began to appear in the lymph node, along with active formation of deep cortical units. From 30 days of age, the trend of dynamic changes in the relative area of functional zones in the popliteal lymph node persisted and intensified. During the second month of life, the relative area of the sinus system increased, and there was active development of lymphoid nodules, particularly those with germinal centers. By the age of 90 days, the highest relative area was observed in the deep cortical units and lymphoid nodules with germinal centers. The results obtained regarding the timeline of morphofunctional maturity of the lymph nodes in meat-production rabbits are of significant importance and can serve as a reference for comparing changes during pathological processes.

Keywords: rabbit breeding, lymphoid parenchyma, morphometric parameters, lymphoid tissue, organs of hemopoiesis and lymphopoiesis.

Морфогенез лімфатичних вузлів кролів м'ясного напрямку продуктивності упродовж постнатального періоду онтогенезу

I. I. Мирошніченко

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

У сучасному світі кролів все частіше розглядають не лише як об'єкт для проведення наукових експериментів, а і як швидко стигле джерело якісної м'ясної продукції. Саме тому існує проблема їх ефективного розведення у межах великих господарств, які направлені на вирощування саме гібридних кросів. Тому першочерговим завданням є підтримка високого імунного статусу цих тварин при максимально інтенсивній технології вирощування. Для цього необхідно мати уявлення про видові та вікові особливості будови периферичних органів лімфопоезу цих тварин, які найбільш чутливі до впливу різноманітних факторів. Лімфатичні вузли – це периферичні лімфатичні органи, які безпосередньо забезпечують підтримку імунного гомеостазу виконуючі фільтраційну та проліферативну функції лімфи і диференціацію імуннокомпетентних клітин. Досліджували підколінний (соматичний) лімфатичний вузол у кролів м'ясного напрямку продуктивності (швидкозрілий гібридний крос Hyplus) одно-, 10-, 20-, 30-, 60-, та 90-добового віку. Кожна піддослідна група налічувала по 6 клінічно здорових кролів, які попередньо не піддавалися вакцинації, дегельментизації, та обробки від ектопаразитів. Морфологічні дослідження включали виготовлення гістологічних зрізів, забарвлення гематоксином і еозином із наступною мікроскопією. Визначали якісні і кількісні показники розвитку тканинних компонентів з використанням програми ImageJ. Встановлено, що у добових кролів гібридного кросу Hyplus підколінний лімфатичний вузол гістологічно диференційований лише на сполучнотканинну строму і паренхіму. Паренхіма органа представлена центральною мозковою і розташованою по периферії кірковою речовиною. У 10-добових кроленят сполучнотканина строму органу потовщується, серед лімфатичної тканини переважає розріджена мозкова речовина, система синусів більш візуалізована. З 20-добового віку в лімфатичному вузлі виявляються окремі, поодинокі первинні лімфатичні вузлики, які не мають світлого центру. Також відмічається активне формування одиниць глибокої кори. З 30-добового віку тенденція динаміки відносної площі в окремих функціональних зонах підколінного лімфатичного вузла зберігається і посилюється. Протягом другого місяця життя у підколінному лімфатичному вузлі відбувається збільшення відносної площі системи синусів та активний розвиток лімфатичних вузликів особливо зі світлим центром. З досягненням 90-добового віку максимальні показники відносної площі мають одиниці глибокої кори та лімфатичні вузлики зі світлим центром. Отримані результати становлення термінів морфофункціональної зрілості лімфатичних вузлів кролів м'ясного напрямку продуктивності мають важливе значення, та можуть слугувати як контрольний показник для порівняння змін при розвитку патологічних процесів.

Ключові слова: кролівництво, лімфатична паренхіма, морфометричні параметри, лімфатична тканина, органи гемо- і лімфопоезу.

Бібліографічний опис для цитування: Мирошніченко I. I. Морфогенез лімфатичних вузлів кролів м'ясного напрямку продуктивності упродовж постнатального періоду онтогенезу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 156–163.

Вступ

Органи гемо- і лімфопоезу виконують важливу функцію захисту, формуючи складну та різноманітну систему, що підтримує взаємозв'язок між антиген-презентуючими клітинами та антиген-специфічними лімфоцитами, взаємодія яких призводить до стимуляції довготривалого імунітету [1]. Лімфатичні вузли – це одні з основних складових бар'єрної системи внутрішнього середовища, до функціональних обов'язків яких відноситься фільтраційна, синтезуюча та проліферативна діяльність [18]. Формуючи лімфоцентри у різних ділянках організму, які мають цілковиту адаптацію до потенційного імунного навантаження, вони здійснюють постійний контроль за антигенами у рідинах організму [14, 15].

За сучасним уявленням лімфатичні вузли ссавців мають трикомпонентну будову, що включає в себе: сполучнотканинний каркас (капсула, трабекули), систему лімфатичних просторів (синуси) та лімфоїдну паренхіму [6, 19, 33, 38].

Лімфатичні вузли розвиваються під час ембріогенезу в результаті серії перехресних взаємодій між гемопоетично отриманою клітинною лінією, яка називається клітинами-індукторами лімфоїдної тканини, і стромальними клітинами мезенхімального походження, що утворюють зачаток цих органів. В певний період специфіковані мезенхімальні клітини вступають у перехресні контакти з лімфоїдними клітинами, і це забезпечує експансію лімфатичних вузлів, пов'язану з диференціюванням мезенхімальних клітин [30]. Закладка, розвиток і функціонування лімфатичних вузлів тісно пов'язане з розвитком лімфатичних судин і лімфообігом. Основні складові лімфатичної системи формуються на ранніх етапах пренатального періоду.

Лімфатичні вузли у ссавців характеризуються специфічною диференціацією і спеціалізацією внутрішньоорганної паренхіми, що сучасному науковому співтовариству визначається як «компаратмент» [31], або «лімфоїдна часточка» [37]. До складу кожного компартменту паренхіми в лімфатичних вузлах входить цілий комплекс відповідних клітинних зон: одиниці глибокої кори ((паракортикальна зона) Т- і В-клітинні зони), лімфатичні вузлики (із світлим центром і без), а також кіркове плато і мозкові тяжі (зони з гетерогенною популяцією лімфоцитів). Лімфатичні вузлики в часточці сконцентровані ближче до крайового синусу а на протилежному їм полюсі – мозкові тяжі які межують із ділянкою ворітного потовщення. Паракортикальна зона (глибока кора) лімфатичних вузлів формується центрально розміщеними одиницями глибокої кори [3]. В період внутрішньоутробного розвитку у матуронатних видів ссавців серед продуктивних тварин (коні, жуйні, свині), через низький ступінь антигенної стимуляції, розвиток спеціалізованих клітинних зон в межах компартментів (часточок) знаходиться на мінімальному рівні, а повне формування лімфатичних вузлів відбувається у пренатальний період онтогенезу [5, 7, 22, 24]. Значна увага до морфологічних досліджень лімфатичних вузлів зумовлена їх важливою роллю при діагностиці значної кількості захворювань.

Морфогенез і структурно-функціональні особливості лімфатичних вузлів вивчалися у продуктивних ссавців: свиня свійська [10, 34], дрібна рогата худоба (вівці) [27], велика рогата худоба [20], односторонній верблюд [28, 29], а також лабораторних тварин – хом'яки, миші і щури [16, 25]. Кролі також досить часто використовувалися як біологічна модель в експериментальних дослідженнях, а їх периферичні органи гемо- і лімфопоезу є важливим предметом для дослідників [15, 23]. З іншого боку, проведено ряд досліджень [23], направлених на вивчення варіацій анатометричних показників лімфатичних вузлів без зазначення породної приналежності чи кросу кролів. На сьогодні інтерес до визначення всіх структурних і морфологічних особливостей периферичних органів гемо- і лімфопоезу набуває все більшої актуальності, що на сам перед пов'язано з прогресуючим збільшенням обсягів виробництва кролятини в Україні, за рахунок все більшої популяризації в розведенні м'ясних гібридів, з яких найбільш розповсюджений є крос НуPlus. Важливо знати морфогенез лімфатичних вузлів у продуктивних тварин, особливо строки становлення їх морфофункціональної зрілості та формуванню адекватних відповідей імунної системи у молодняку при використанні інтенсивних технологій їх вирощування.

Мета дослідження

Метою роботи було встановити особливості розвитку та терміни становлення морфофункціональної зрілості підколінних лімфатичних вузлів кролів скоростиглого гібридного кросу НуPlus.

Матеріали і методи

Поводження з піддослідними тваринами, що були використані в наукових цілях, виконувалось відповідно до «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в експериментальних або інших наукових цілях» (Страсбург, Франція, 18 березня 1986 р., ETS № 123) і відповідно до закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Київ, 21 лютого 2006 р., № 3447-IV). Протокол дослідження розглянутий і узгоджений локальним етичним комітетом факультету ветеринарної медицини Дніпровського державного аграрно-економічного університету (Дніпро, Україна).

Морфологічні дослідження проведені в умовах кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Для досліджень з 36 тварин сформовано шість груп кролів різного віку по 6 голів у кожній. Досліджували підколінний лімфатичний вузол 1-, 10-, 20-, 30-, 60-, та 90-добових кролів м'ясного напрямку продуктивності (складний гібрид НуPlus). Тварин вирощували в приватному підприємстві (Дніпропетровська область, Україна). З відібраних органів виготовляли серединні сегменти, отримані в площині перпендикулярній воротам лімфатичних вузлів, фіксували в 10% водному розчині нейтрального формаліну 3–5 діб. Для отримання оглядових гістологічних препаратів сегменти заливали в

парафін, згідно загальноприйнятим методикам [12]. Виготовляли серійні гістологічні зрізи товщиною 6–8 мкм і забарвлювали гематоксиліном і еозином. Отримані мікропрепарати досліджували за допомогою світлового мікроскопа Micromed XC-3330 (окуляр $\times 10$, об'єктиви $\times 4$, $\times 10$, $\times 40$), виготовляли мікрофотографії за допомогою цифрової камери Micromed MDC500 і персонального комп'ютера). Кількісно встановлювали відносну площу сполучнотканинної стромы, мозкових тяжів, функціональних зон кіркової речовини: одиниць глибокої кори, лімфатичні вузлики, міжвузликової зони. Визначали відносну площу компонентів в лімфовузлів методом «крапкового підрахунку», що потрапили на відповідну структуру гістопрепарату за формулою:

$$S = \frac{Pi}{Pt} \times 100 \%,$$

де S – ВП структури на площі тотального середнього гістопрепарату, %

Pi – число крапок, які попали на структуру, шт.;

Pt – загальне число крапок тестової системи, які попали на площу всього гістопрепарату, шт.

Статистичний аналіз результатів проводили за допомогою стандартної програми Windows XP «Microsoft Excel», різниця між вибірками встановлена з використанням ANOVA і була значуща при $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

У добових кролів лімфатичні вузли – це відокремлені оформлені органи з розвиненим стромальним остовом та дифузною лімфоїдною тканиною (*рис. 1а*). Строма органу представлена тонкою капсулою, що займає 9,36 % від об'єму органу та поодиноких тонких трабекул, відносна площа яких не перевищує 1,35 % (*рис. 2*). Морфологічно система синусів у лімфатичних вузлах кролів у цьому віці чітко не виражена. Паренхіма розмежується на мозкову, яка займає центральну частину, і кіркову речовину, що, концентрується на периферії, загальна відносна площа яких становить 79,3 % і 9,9 % відповідно (*рис. 3*).

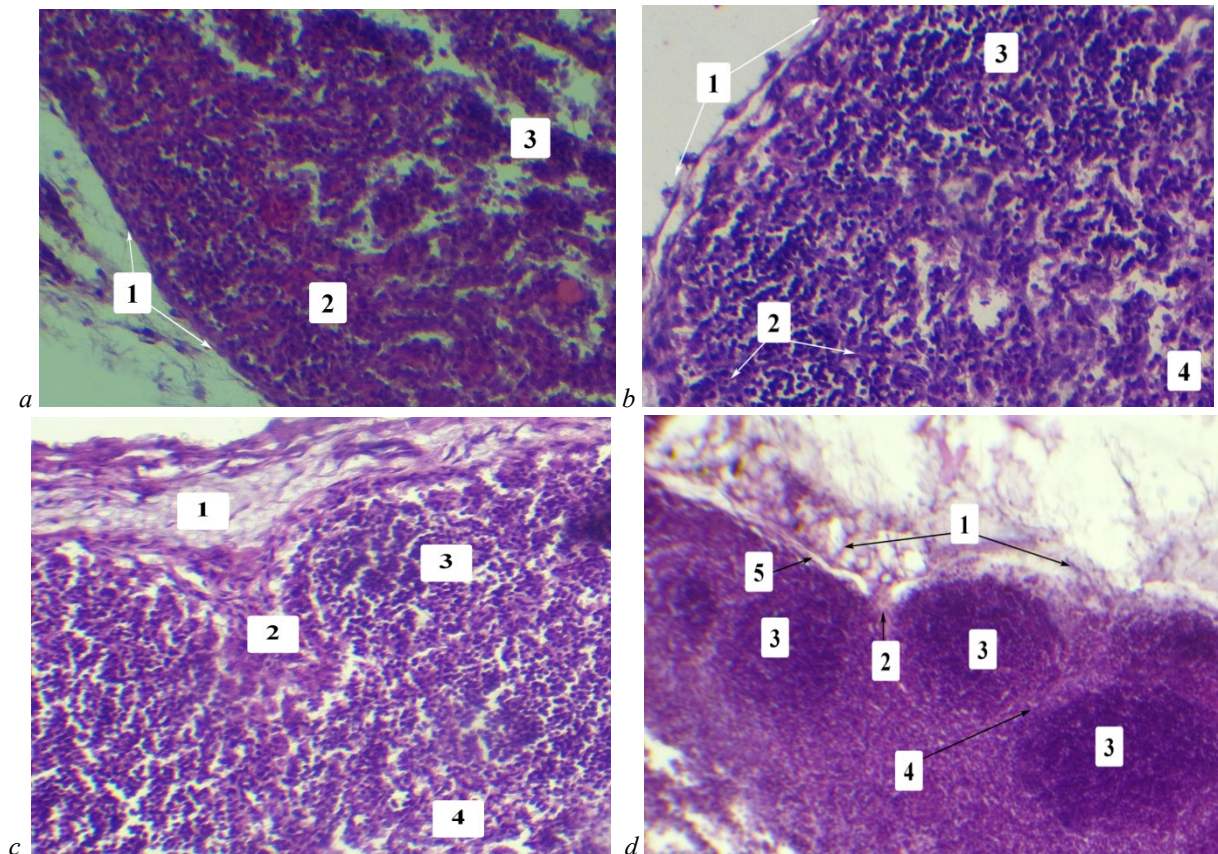


Рис. 1. Microscopic structure підколінного лімфатичного вузла:

a – паренхіма лімфатичного вузла добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – кіркова речовина, 3 – мозкова речовина; *hematoxylin and eosin*; b – паренхіма підколінного лімфатичного вузла 10-добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – трабекули, 3 – кіркова речовина, 4 – мозкові тяжі; *hematoxylin and eosin*; c – паренхіма підколінного лімфатичного вузла 20-добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – трабекули, 3 – лімфатичні вузлики без центрів; *hematoxylin and eosin*; d – паренхіма підколінного лімфатичного вузла 30-добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – трабекули, 3 – лімфатичні вузлики без центрів, 4 – міжвузликова зона, 5 – підкапсулярний синус; *hematoxylin and eosin*

З 10-добового віку у підколінному лімфатичному вузлі кроленят відмічається збільшення відносної площі стромальних компонентів на 15,8 %, порівняно з попередньою віковою групою. Відносна

площа кіркової речовини не перевищує 10,2 %. У кірковій речовині з'являються ознаки її

функціональної спеціалізації, відмічається початок формування одиниць глибокої кори, у вигляді ущільненого скупчення овальної форми. Відносна площа системи синусів мінімальна,

та становить 3,4 % від загального об'єму (рис. 4). Гомогенна мозкова речовина диференціюється на мозкові тяжі, відносна площа яких становить 73,8 % (рис. 1b).

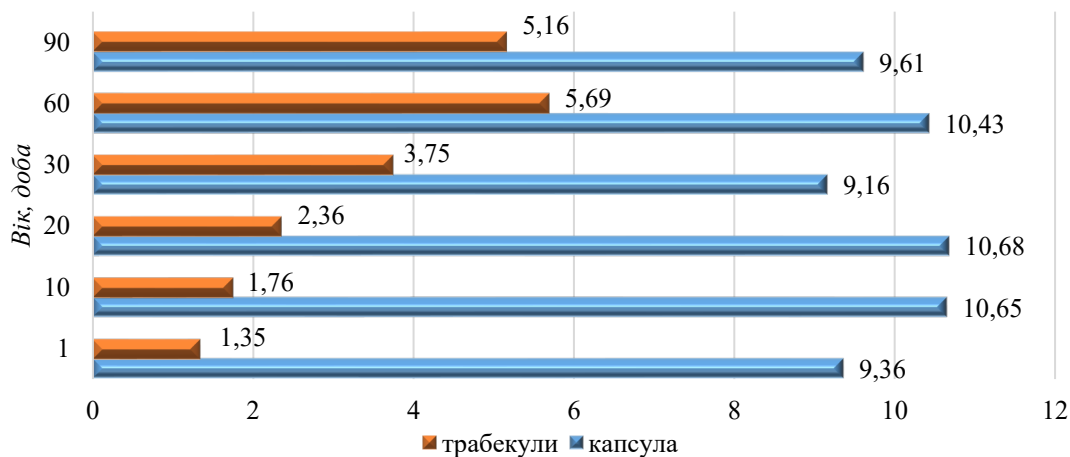


Рис. 2. Динаміка відносної площі (%) сполучнотканинної строми підколінних лімфатичних вузлів кролів, n=36

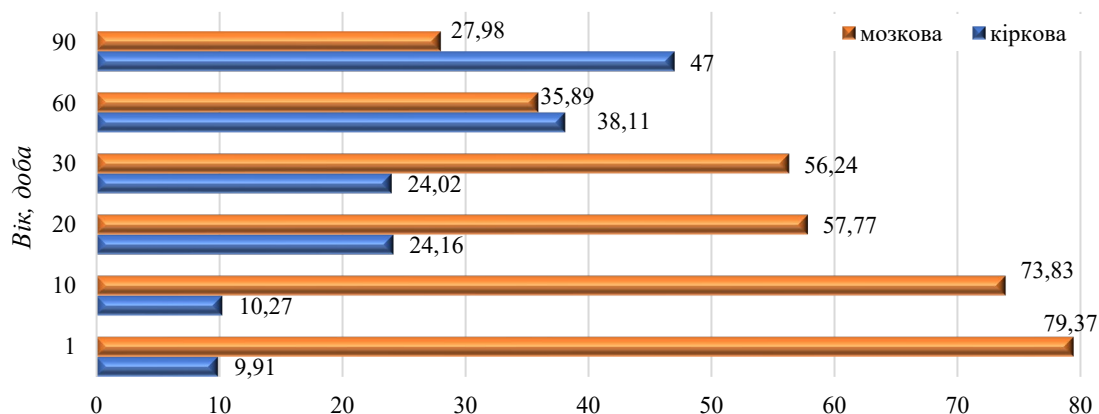


Рис. 3. Динаміка відносної площі (%) лімфоїдної паренхіми підколінних лімфатичних вузлів кролів, n=36

У 20-добовому віці у підколінному лімфатичному вузлі кролів спостерігається подальший розвиток сполучнотканинного остова органа за рахунок потовщення капсули і трабекул, їх відносна площа збільшується на 5 % (рис. 1с). У паренхімі органу спостерігається зміна відносної площі лімфатичної тканини в окремих структурно-функціональних зонах, переважно внаслідок збільшення відносної площі кіркової речовини (розвиток одиниць глибокої кори і лімфатичних вузликів) із відповідним зменшенням відносна площа мозкових тяжів. На відносну площу одиниць глибокої кори в цьому віці припадає 12,1 % від загальної площі органу, за рахунок активного розвитку. В кірковій речовині ближче до периферії починають формуватися поодинокі, округлі лімфатичні вузлики, які не мають вираженого світлого центру, у цей віковий період їх відносна площа мінімальна і складає лише 2,4 %. Відносна площа міжвузликової зони у цьому віці становить 9,5 %. Мозкова речовина диференціюється на мозкові тяжі та синуси, відносна площа яких визначається у межах 57,7 % і 5,2 % відповідно (табл. 1). Відносна

площа загальної системи синусів збільшується в 1,4 рази, порівняно з попередньою віковою групою.

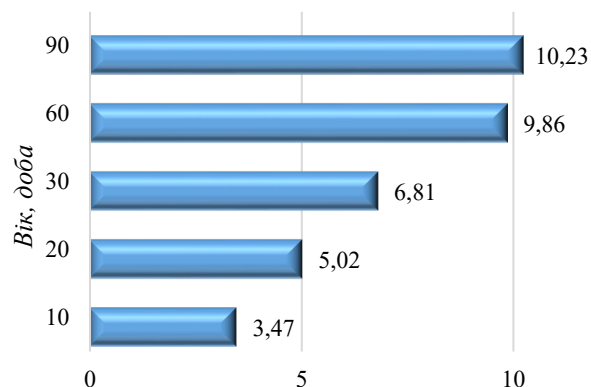


Рис. 4. Динаміка відносної площі (%) синусів в підколінних лімфатичних вузлів кролів, n=36

У кролів 30-добового віку вищевказана тенденція динаміки відносна площа лімфатичної тканини в окремих функціональних зонах підколінного

лімфатичного вузла зберігається і посилюється (*рис. 1d*). Відносна площа одиниць глибокої кори і лімфатичних вузликів продовжує зростати, а мозкових тяжів знижуватися. Відзначено незначне зменшення відносної площі сполучно-тканинної стромы на 1 %. Продовжується активне формування одиниць глибокої кори паренхіми лімфатичних вузлів, що розташовані в один ряд вздовж підкапсулярного синуса, відділені один від одного достатньо сформованими капсулярними

трабекулами, відносна площа якої збільшується 14,9 %. Визначається наявність сформованих поодиноких лімфатичних вузликів без центрів, відносна площа яких збільшується на 28 %. Об'єм міжвузликової зони у цьому віці зменшується на 27 %. Загальна відносна площа системи синусів у цьому віці зростає в 1,3 рази, порівняно з попередньою віковою групою. Відносна площа зони мозкових тяжів зменшується на 2,6 %, хоча вона залишається найбільшою за площею.

Таблиця 1

Зміна відносної площі (%) тканинних компонентів паренхіми підколінного лімфатичного вузла кролів, ($\bar{x} \pm SD$, $n = 6$)

Тканинні компоненти	Вік, доба				
	10	20	30	60	90
Кіркова речовина, всього	10,27±0,585	24,15±1,700*	24,02±1,412	38,11±1,541*	47,00±1,584*
- ОГК	-	12,16±0,780*	13,98±0,837*	23,53±1,439*	31,24±0,732*
- міжвузликова зона	-	9,57±0,919	6,93±0,503*	7,83±0,681*	7,64±0,456
- ЛВУ без центрів	-	2,42±0,375	3,10±0,381*	3,12±0,545	2,75±0,440
- ЛВУ з центрами	-	-	-	3,61±0,795	5,36±0,829*
Мозкова речовина (мозкові тяжі)	73,83±1,292	57,77±1,634*	56,24±1,212	35,88±1,357*	27,98±1,283*

Примітка: * – зазначені вибірки, які достовірно відрізняються відносно попередньої вікової групи ($P < 0,05$)

З досягненням 60-добового віку підколінні лімфатичні вузли у кролів характеризуються значним розвитком у морфо-функціональному відношенні. Відносна площа стромы достовірно збільшується у 1,3 рази, що відбувається внаслідок потовщення капсули і активного розростання трабекул вглиб паренхіми. Одиниці глибокої кори повністю сформовані, їх відносна площа достовірно збільшується у 1,7 рази порівняно з попередньою віковою групою. У цей віковий період лімфатичні вузлики без центрів розмноження активно формуються в зоні мозкових тяжів, хаотично розміщуючись навколо одиниць глибокої кори, рівномірно оточуючи її з усіх боків. Відносна площа яких у 1,1 рази переважає над вузликами зі світлим центром. Лімфатичні вузлики з центрами розмноження у невеликій кількості концентруються на периферії, наближені в переважній більшості до капсули. Їх відносна площа становить 3,6 %. Відносна площа міжвузликової зони порівняно з попередньою віковою групою збільшується на 12,8 %. Відносна площа системи синусів зростає на 45 %. У цьому віці продовжується тенденція до зменшення кількості відносна площа мозкових тяжів в 1,5 рази порівнюючи з попередньою віковою групою.

По досягненню 90 днів відбувається незначне збільшення відносної площі лімфоїдної тканини з відповідним їй зменшенням в сполучній (*рис. 5*). Загальна відносна площа стромальних компонентів зменшується на 8,4 % порівняно з попередньою віковою групою. Це пов'язано з активним ростом і остаточним розвитком лімфатичних вузлів у цих тварин. Трабекули у вигляді потовщених тяжів заходять у глиб паренхіми органу. Зміни у паренхімі в цьому віці пов'язані з переважним розвитком лімфатичних вузликів із центрами кількість яких суттєво збільшується, а також системи синусів. Відносна площа лімфатичних вузликів із центрами зростає на 48 %, а вузликів без центрів навпаки знижується на

12 %. Відносна площа міжвузликової зони зменшується на 2,4 %. Відносна площа системи синусів також зростає в порівнянні з попередньою віковою групою, в загальній кількості на 4 %. Певною мірою остаточні процеси перетворення кіркової речовини полягають у збільшенні відносної площі одиниць глибокої кори на 33 %. У цьому віці відносна площа мозкових тяжів помітно знижується на 22 %, що є максимальним показником для постнатального періоду розвитку у цих тварин.

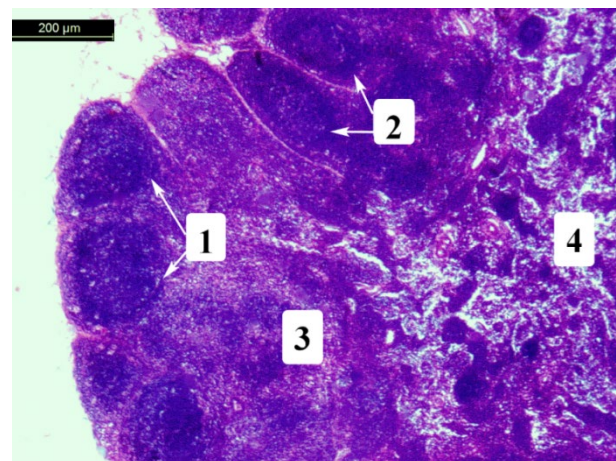


Рис. 5. Мікропрепарат підколінного лімфатичного вузла 90-добового кроля: 1 – лімфоїдні вузлики без центрів, 2 – лімфоїдні вузлики з центрами, 3 – ОГК, 4 – мозкові тяжі. (Hematoxylin and eosin, $\times 200$)

Згідно наших досліджень підколінні лімфатичні вузли у кролів добового віку представлені у вигляді сформованих органів, ззовні оточені капсулою, яка має вигляд тонкої облямівки, від якої відгалужуються тонкі, смужко подібні трабекули, а всередині заповнені лімфоїдною паренхімою, що має розподіл на дві зони: більшу розріджену центральну (мозкова

речовина), та меншу концентровану периферичну (кіркова речовина), співвідношення яких становить 8 : 1.

Морфологія лімфатичних вузлів кролів вивчалася багатьма науковцями [2, 17, 23, 32]. Згідно з їх результатами у кролів лімфатичні вузли оточені тонкою хвилеподібною капсулою, крайовий синус звужений, має щілиноподібний вигляд, а кіркова речовина має фрагментарне розділення. Деякі дослідники порівнюючи між собою різні соматичні лімфатичні вузли, визначали значну різницю в розвитку окремих структурних компонентів (у пахових – краще розвинута кіркова зона, у під пахвинних – навпаки зона мозкових тяжів).

Порівнюючи між собою лімфатичні вузли (соматичні) окремі дослідники виявляли різницю між розвитком тих чи інших структурних компонентів у різних лімфатичних вузлах (у пахових – добре розвинута кіркова речовина, у під пахвинних – навпаки краще розвинута мозкова речовина). Характерною особливістю соматичних лімфатичних вузлів є наявність невеликої кількості лімфатичних вузликів з центрами розмноження та тонкі, ниткоподібні мозкові тяжі з розширеними синусами. Згідно наявних морфологічних даних щодо лімфатичних вузлів у кролів, з'ясовано, що у новонароджених кроликів вони недиференційовані та не мають лімфатичних фолікулів [4, 23]. При дослідженні паренхіми лімфатичних вузлів трьохмісячних кролів встановлено, що вона характеризується вираженою морфологічною полярністю, з наростанням її обсягу та щільністю у напрямку приносних лімфатичних судин [4].

У статевозрілих кролів лімфатичні вузлики концентруються наближено до полюсу крайового синусу, протилежно мозковим тяжам, які в свою чергу межують з ворітним потовщенням. У дослідженнях [23] визначено, що лімфатичні вузлики у лімфатичних вузлах кролів розрізняються за розміром на малі, середні та великі, з характерними особливостями властивими для кожного типу. Для великих вузликів (активно функціонуючі) характерною ознакою є наявність чітко виражених гермінативних центрів з мантийною зоною та значною кількістю фігур мітозу та апоптозу. У вузликах середнього розміру (середньо функціонуючі) характерною ознакою є слабо виражені гермінативні центри, в яких відмічається незначна проліферативна активність, та щільно розташований товстий шар клітин, що утворює мантийну та маргінальну зони. І третій тип вузликів, до якого відносяться малі (не функціонуючі або сплячі), які представлені у вигляді компактного нагромадження лімфоцитів. При використанні гістологічних досліджень нами було встановлено, що починаючи з 20-добового віку у кірковій речовині лімфатичних вузлів кролів містяться овальні або округлі лімфатичні вузлики без центрів розмноження. Їх відносна площа в залежності від віку варіює в межах 2,4–3,1 %. Лімфатичні вузлики з центрами розмноження визначаються у 60–90-добовому віці, їх відносна площа варіює 3,6–5,3 %. Здебільшого всі лімфатичні вузлики розміщуються на периферії кіркової речовини. Згідно досліджень [13] лімфатичні вузлики у овець,

коней та ВРХ концентруються у кірковій речовині лімфатичних вузлів. Показники їх середньої площі у овець становлять (0,19 мм²), коней (0,08 мм²) та ВРХ (0,46±мм²). Зазначено, що у ВРХ лімфатичні вузлики часто розташовуються в декілька рядів, поблизу трабекул, заглиблюючись у кіркову речовину. Інколи вони можуть бути щільно притиснуті до капсули. Центри розмноження лімфатичних вузликів у цих тварин достатньо великі, займають значну частину, та відмічаються майже в кожному вузлику. У попередніх дослідженнях визначили, що поява та кількість світлих центрів в лімфатичних вузликах, пропорційна зростанню віку тварин та впливу антигенного навантаження на організм [20].

Більшість інформації щодо особливості будови, пре- і постнатальний морфогенез, а також вікові зміни в паренхімі лімфатичних вузлів здебільшого стосуються саме досліджень цих органів у продуктивних тварин [8, 22]. Згідно досліджень [22], у плодів великої рогатої худоби відокремлення часточок в лімфатичних вузлах та подальше формування основних структурно-функціональних зон відбувається з досягненням 150-добового віку. За даними авторів [21], в лімфатичних вузлах новонароджених телят паренхіма повністю досягає структурно-функціональної диференціації, всі зони якої розвинені та чітко виражені. Найрозвиненішими функціональними зонами визначаються: інтерфолікулярна, паракортикальна зони, і мозкові тяжі, загальний відносний об'єм яких сягає 39 %. Відносний об'єм центрів одиниць глибокої кори у соматичних лімфатичних вузлах сягає 27–31,5 %, вони краще сформовані серед інших високоспеціалізованих зон. Найменше розвиненими визначаються лімфатичні вузлики, відносний об'єм яких становить не більше 2 %. З досягненням 10-добового віку у телят відносний об'єм збільшується практично у всіх функціональних зонах. У телят місячного віку об'єм вторинних лімфатичних вузликів переважає над об'ємом первинних у всіх соматичних вузлах. Відносний об'єм центральних зон одиниць глибокої кори збільшується до 26–36 %. Згідно досліджень [11], у овець, що досягли статевої зрілості в паренхімі лімфатичних вузлів загальна відносна площа вузликів, одиниць глибокої кори та інтерфолікулярної зони сягає 55 %, а в зоні мозкових тяжів до 45 %. Відносний об'єм інтерфолікулярної зони разом із одиницями глибокої кори у новонароджених поросят визначається в межах 30–50 %, а показники лімфатичних вузликів і мозкових тяжів від 4 % до 57 % відповідно [34].

Для лімфатичних вузлів іматуронатних тварин з моменту народження паренхіма характеризується як гомогенна лімфоїдна тканина, в якій відсутня чітка диференціація на окремі структурно-функціональні зони. У підколінному лімфатичному вузлі статевозрілих шурів відносний об'єм інтерфолікулярної зони займає до 26–27%, одиниці глибокої кори до 24,5%, мозкові тяжі до 12%, а лімфатичні вузлики – всього 4.4–3.3% [36].

Висновки

Підколінні лімфатичні вузли кролів на момент народження гістологічно характеризуються мінімальними показниками строми та кіркової речовини, на відміну від мозкової. У 10-добових кроленят в підколінному лімфатичному вузлі спостерігається розвиток стромальних компонентів на тлі розростання капсули і трабекул, також відмічено суттєве зменшення мозкових тяжів внаслідок інтенсивного розвитку одиниць глибокої кори. У кірковій речовині з'являються ознаки її функціональної спеціалізації, відмічається початок формування одиниць глибокої кори, у вигляді ущільненого скупчення овальної форми. Гомогенна мозкова речовина починає диференціювання на мозкові тяжі. У 20-добовому віці у підколінному лімфатичному вузлі кролів спостерігається подальший розвиток сполучнотканинного остова органа за рахунок потовщення капсули і трабекул. В кірковій речовині ближче до периферії починають формуватися поодинокі, округлі лімфатичні вузлики, які не мають вираженого світлого центру. Відмічається активний розвиток системи синусів порівняно з попередньою віковою групою. У підколінному лімфатичному вузлі 30-добових кроленят продовжується активне формування одиниць глибокої кори в паренхімі, вони розміщуються віддалено один від одного розмежовуючись капсулярними трабекулами, в один ряд вздовж підкапсулярного синуса. Збільшується кількість лімфатичних вузликів без світлих центрів. З 60-добового віку в підколінних лімфатичних вузлах кролів виявляються усі функціональні зони паренхіми. Відмічається активний розвиток одиниць глибокої кори, збільшення кількості лімфатичних вузликів без центрів розмноження на основі мозкових тяжів а також лімфатичних вузликів з чітко вираженими світлими центрами, що у невеликій кількості концентруються на периферії, та переважно наближені до капсули. Продовжується стрімкий розвиток системи синусів. У 3-місячному віці підколінні лімфатичні вузли кролів характеризуються досягненням максимальних значень відносної площі у більшості функціональних зонах кіркової речовини, на тлі її значного зменшення в мозкових тяжах.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Drayton, D. L., Liao, S., Mounzer, R. H., & Ruddle, N. H. (2006). Lymphoid organ development: from ontogeny to neogenesis. *Nature Immunology*, 7 (4), 344–353. <https://doi.org/10.1038/ni.1330>
2. Dunne, A.-A., Plehn, S., Schulz, S., Levermann, A., Ramaswamy, A., Lippert, B. M., & Werner, J. A. (2003). Lymph node topography of the head and neck in New Zealand White rabbits. *Laboratory Animals*, 37 (1), 37–43. <https://doi.org/10.1258/002367703762226674>
3. Fares, M. A., Rahmoun, D. E., & Lieshchova, M. A. (2019). Anatomy of lymph nodes deep cortex in laboratory species. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7 (4), 251–256. <https://doi.org/10.32819/2019.74043>
4. Gavrilin, P. M., & Gibert, I. I. (2018). Peculiarities of the macro-microscopic structure of functional segments of lymphatic nodes parenchyma in meat-producing rabbits. *The Animal Biology*, 20 (3), 9–15. <https://doi.org/10.15407/animbiol20.03.009>
5. Gavrilin, P. N., Gavrilina, E. G., & Evert, V. V. (2017). Histoarchitectonics of the parenchyma of lymph nodes of mammals with different structure of intranodal lymphatic channel. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (3), 96–107. https://doi.org/10.15421/2017_55
6. Gavrilin, P. N., Gavrilina, O. G., & Kravtsova, M. V. (2017). The compartments of the parenchyma of the lymph nodes in newborn bull calves of domestic cattle (*Bos taurus*). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8 (2), 169–178. <https://doi.org/10.15421/021727>
7. Gavrilin, P. N., Lieshchova, M. A., Gavrilina, O. G., & Boldyreva, T. F. (2018). Prenatal morphogenesis of compartments of the parenchyma of the lymph nodes of domestic cattle (*Bos taurus*). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (1), 95–104. <https://doi.org/10.15421/021814>
8. Gavrilin, P. N., Prokushenkova, O. H., Masjuk, D. N., & Perepechaeva, N. H. (2013). Peculiarities of structural and functional organization of Domestic Bull's lymph nodes parenchyma (*Bos primigenius taurus* L.). *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannya Ukrainy*, 188 (1), 92–101.
9. Gavrylin, P. M., & Gibert, I. I. (2016). Osoblyvosti topografii i makrostruktury osnovnykh limfatychnykh vuzliv u kroliiv miasnoho napriamku vykorystannia (kross Hyplus). *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekolohichnoho Kontroliu Resursiv APK*, 4, 12–17. [in Ukrainian]
10. Gavrylin, P., Lieshchova, M., Rahmoun, D. E., & Benchadi, H. (2013). Features topography and macrostructure of lymph nodes in Camels (*Camelus dromedarius*). *Online Journal of Animal and Feed Research*, 3 (2), 106–110.
11. Goralskiy, L. P. (2003). Osoblivosti gistoarkhitektoniki imunnikh organiv silskogospodarskikh tvarin. *Veterinarna Meditsina Ukraini*, 2, 22–23. [in Ukrainian]
12. Horalski, L. P., Khomych, V. T., & Kononsky, A. I. (2019). *Histological techniques and morphological methods in normal and pathological conditions*. Zhitomir, Polissia [in Ukrainian]
13. Horalskiy, L., Dunaievskaya, O., Kolesnik, N., Sokulskiy, I., & Horalska, I. (2020). Cyto- and histometry of ruminantia's and horses mesenterial lymph nodes. *Scientific Horizons*, 92 (7), 26–31. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-92-7-26-31>
14. Houston, S. A., Cerovic, V., Thomson, C., Brewer, J., Mowat, A. M., & Milling, S. (2016). The lymph nodes draining the small intestine and colon are anatomically separate and immunologically distinct. *Mucosal Immunology*, 9 (2), 468–478. <https://doi.org/10.1038/mi.2015.77>
15. Ikomi, F., Kawai, Y., & Ohhashi, T. (2012). Recent advance in lymph dynamic analysis in lymphatics and lymph nodes. *Annals of Vascular Diseases*, 5 (3), 258–268. <https://doi.org/10.3400/avd.ra.12.00046>
16. Iwasaki, R., Mori, T., Ito, Y., Kawabe, M., Murakami, M., & Maruo, K. (2016). Computed tomographic evaluation of presumptively normal canine sternal lymph nodes. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 52 (6), 371–377. <https://doi.org/10.5326/jaaha-ms-6520>
17. Jeklova, E., Leva, L., & Faldyna, M. (2007). Lymphoid organ development in rabbits: Major lymphocyte subsets. *Developmental & Comparative Immunology*, 31 (6), 632–644. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2006.10.002>
18. Jia, L., Xie, Z., Zheng, J., Liu, L., He, Y., Liu, F., & He, Y. (2012). Morphological studies of lymphatic labyrinths in the rat mesenteric lymph node. *The Anatomical Record*, 295 (8), 1291–1301. Portico. <https://doi.org/10.1002/ar.22509>
19. Kelch, I. D., Bogle, G., Sands, G. B., Phillips, A. R. J., LeGrice, I. J., & Dunbar, P. R. (2019). High-resolution 3D imaging and topological mapping of the lymph node conduit system. *PLOS Biology*, 17 (12), e3000486. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000486>
20. Kravtsova, M. (2018). Macro- and microanatomical characteristics of lymph nodes of a domestic cattle in early post-natal ontogenesis. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 6(2), 85–91. Retrieved from: <https://bulletin-biosafety.com/index.php/journal/article/view/185>
21. Kravtsova, M. V., & Nikitina, M. O. (2021). Dynamics of the lymph nodes parenchyma relative volume of structural and functional zones in cattle (*Bos taurus*) in early postnatal ontogenesis. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9 (4), 167–172. <https://doi.org/10.32819/2021.94025>

22. Lieshchova, M. O. (2007). Features of the morphogenesis of bovine fetal lymphoid organs. *Extended abstract of candidate's thesis*. NAU, Kyiv.
23. Marsulov, A. A. (2011). Morphology of organs and tissues of the immune system in rabbits in an age aspect. *Extended abstract of candidate's thesis*. Bishkek.
24. Mebius, R. E. (2003). Organogenesis of lymphoid tissues. *Nature Reviews Immunology*, 3 (4), 292–303. <https://doi.org/10.1038/nri1054>
25. Palm, A.-K. E., Friedrich, H. C., & Kleinau, S. (2016). Nodal marginal zone B cells in mice: a novel subset with dormant self-reactivity. *Scientific Reports*, 6 (1). <https://doi.org/10.1038/srep27687>
26. Perepechaieva, N. H. (2014). Regularities of structural and functional specialization of lymph nodes in cattle in early postnatal ontogenesis. *Naukovo-Tekhnichniy Biuleten Naukovo-Tekhnichniy Biuleten Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekologichnoho Kontroliu Resursiv APK*, 2 (3), 17–25. [in Ukrainian]
27. Prokushenkova, E. G., & Chaban, P. V. (2014). Features of macro-microscopic structure of the parenchyma of the lymph nodes of sheep domestical. *Science and Technology Bulletin*, 2, 12–17.
28. Rahmoun, D. E., & Lieshchova, M. A. (2014). Immunohistochemical study of the lymph nodes of the one humped camel (*Camelus dromedarius*). *Naukovo-Tekhnichniy Biuleten Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekologichnoho Kontroliu Resursiv APK*, 2 (2), 24–28.
29. Rahmoun, D. E., Lieshchova, M. A., & Fares, M. A. (2020). Morphological and radiological study of lymph nodes in dromedaries in Algeria. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11 (2), 330–337. <https://doi.org/10.15421/022050>
30. Roozendaal, R., & Mebius, R. E. (2011). Stromal cell–immune cell interactions. *Annual Review of Immunology*, 29 (1), 23–43. <https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-031210-101357>
31. Sainte-Marie, G. (2010). The lymph node revisited: development, morphology, functioning, and role in triggering primary immune responses. *The Anatomical Record*, 293 (2), 320–337. <https://doi.org/10.1002/ar.21051>
32. Șeicaru, A. (2016). Morphological and topographical particularities of some lymph nodes for house rabbit. *Lucrări Științifice USAMV-Iași Seria Medicină Veterinară*, 59 (1), 110–114. Retrieved from: <https://repository.iuls.ro/xmlui/handle/20.500.12811/1524>
33. Sixt, M., Kanazawa, N., Selg, M., Samson, T., Roos, G., Reinhardt, D. P., Pabst, R., Lutz, M. B., & Sorokin, L. (2005). The conduit system transports soluble antigens from the afferent lymph to resident dendritic cells in the T cell area of the lymph node. *Immunity*, 22 (1), 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2004.11.013>
34. Tishkina, N. M., & Oliiar, A. V. (2011). Morfofunktsionalni osoblyvosti limfatychnykh vuzliv porosiat uprodovzh rannoho postnatalnoho period. *Naukovi Pratsi Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii. Seriya: Vetrynarna Medytsyna*, 3, 94–101. [in Ukrainian]
35. Tishkina, N. M. (2005). Zakonomirnosti strukturno-funktsionalnoi organizatsii parenhimi limfatichnih vuzliv u novonarodzenih porosyat. *Visnik Bilotserkivskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 33, 260–266. [in Ukrainian]
36. Vainahii, O. M. (1998). Perebudova strukturnykh komponentiv limfatychnykh vuzliv pry lokalnii dii chervonoho lazera. *Morfolohiia Praktychnii Vetrynarii Ta Medytsyni: Visnyk Bilotserkivskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 6 (2), 106–109. [in Ukrainian]
37. Willard-Mack, C. L. (2006). Normal structure, function, and histology of lymph nodes. *Toxicologic Pathology*, 34 (5), 409–424. <https://doi.org/10.1080/01926230600867727>
38. Zidan, M., & Pabst, R. (2012). Histological, histochemical and immunohistochemical study of the lymph nodes of the one humped camel (*Camelus dromedarius*). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 145 (1–2), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.11.004>

ORCID

I. Myroshnychenko 

<https://orcid.org/0000-0003-3816-7036>



2025 Myroshnychenko 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.

Anthelmintic efficacy of the modern antiparasitic drug Ivermectin (suspension) in toxocariasis invasion of dogs

V. Melnychuk^{1,2} | D. Yanenko¹ | V. Yevstafieva^{1,2}

Article info

Correspondence Author

V. Melnychuk

E-mail:

melnychuk86@ukr.net

¹ Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine

² Institute of Veterinary Medicine National Academy of Agrarian Sciences,
30 Donetska st., Kyiv, 03151, Ukraine

Citation: Melnychuk, V., Yanenko, D., & Yevstafieva, V. (2025). Anthelmintic efficacy of the modern antiparasitic drug Ivermectin (suspension) in toxocariasis invasion of dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 164–168. doi: 10.31210/spi2025.28.01.25

The issue of preserving the health of animals from parasitic diseases is taken quite seriously by veterinary specialists, since in this case we are talking not only about the health of animals, but also about people. It is well known that many animal diseases of parasitic etiology can be transmitted to humans. One of these diseases is toxocariasis, in the spread of which dogs play an extremely important role. In dogs, the disease is caused by the nematode *Toxocara canis* (Werner, 1782) Stiles, 1905, where this nematode in the larval stage is able to parasitize in the human body. Therefore, timely therapeutic and preventive measures carried out among dogs using highly effective antiparasitic drugs are the key to the health of both animals and people. Considering the above, the aim of the work was to determine the therapeutic efficacy of the complex antiparasitic drug Ivermectin (suspension) in the presence of toxocariasis in dogs. To conduct a study to determine the therapeutic efficacy of the complex antiparasitic drug, two groups of dogs (experimental and control) were formed, each with an average intensity of invasion from 117.4 to 123.4 toxocar eggs in 1 g of feces. The experimental group of dogs was individually fed the drug Ivermectin (suspension) for therapeutic purposes by adding it to a small amount of treat food at a dose of 1 ml/kg of animal weight. The specified drug contains three active ingredients – praziquantel, pyrantel pamoate and ivermectin, two of which have a detrimental effect on nematodes. According to the results of the conducted studies, it was established that the drug Ivermectin (suspension) used in dogs with toxocariasis has pronounced anthelmintic properties against the pathogen *Toxocara canis*. In addition, during the period of observation of the animals, the drug does not cause side effects and reactions. The extent and intensity effectiveness of the drug used in toxocariasis invasion of dogs one day after its application were 14.3 and 85.2 %, respectively. On the 2nd day after its application, the level of EE and IE increased to 28.6 and 94.9 %, respectively. On the 3rd day, the EE and IE indicators were 57.1 and 97.1 %, respectively. Starting from the 4th day and until the end of the experiment, the EE and IE of the drug was 100 %. Thus, the effectiveness of the complex antiparasitic drug Ivermectin (suspension) in accordance with the recommendations of the World Association for the Promotion of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) according to the activity index of anthelmintic chemicals for toxocariasis invasion of dogs corresponds to the 1st efficiency class, namely it is highly effective.

Keywords: dogs, toxocariasis, helminth eggs, therapeutic efficacy, extent and intensity efficacy.

Антигельмінтна ефективність сучасного протипаразитарного препарату Івермектин (суспензія) за токсокарозної інвазії собак

В. В. Мельничук^{1,2} | Д. С. Яненко¹ | В. О. Євстаф'єва^{1,2}

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Інститут ветеринарної медицини НААН,
м. Київ, Україна

Питання щодо збереження здоров'я тварин від паразитарних захворювань спеціалістами ветеринарного профілю сприймаються достатньо серйозно, оскільки у даному випадку мова йде не лише про здоров'я тварин, але й людей також. Загальновідомо, що багато захворювань тварин паразитарної етіології здатні передаватися людині. Одним з таких захворювань є токсокароз, у поширенні якого собаки відіграють надзвичайно важливу роль. У собак захворювання викликає нематода *Toxocara canis* (Werner, 1782) Stiles, 1905, де ця нематода у личинковій стадії здатна паразитувати в організмі людини. Тому вчасно проведені серед собак лікувально-профілактичні заходи з використанням високоефективних протипаразитарних препаратів є запорукою здоров'я як тварин, так і людей. Враховуючи вищевикладене, мета роботи пролягала у визначенні лікувальної ефективності комплексного протипаразитарного препарату Івермектин (суспензія) за наявності токсокарозу у собак. Для проведення дослідження з визначення лікувальної ефективності комплексного протипаразитарного препарату було сформовано дві групи собак (дослідну та контрольну) по 7 голів у кожній за середньої інтенсивності інвазії від 117,4 до 123,4 яєць токсокар у 1 г фекалій. Дослідній групі собак з лікувальною метою індивідуально згодовували препарат Івермектин (суспензія) шляхом його додавання до невеликої кількості ласого корму у дозі 1 мл/кг ваги тварини. Вказаний препарат у своєму складі містить три діючі речовини – празиквантел, пірантел памоат та івермектин, дві з яких мають згубну дію на нематод. За результатами проведених досліджень встановлено, що використовуваний хворим на токсокароз собакам препарат Івермектин (суспензія) володіє вираженими антигельмінтними властивостями щодо збудника *Toxocara canis*. Окрім того, упродовж терміну спостереження за тваринами препарат не викликає побічних явищ та реакцій. Екстенс- та інтенсоефективність використовуваного препарату за токсокарозної інвазії собак через добу після його застосування склали 14,3 та 85,2 % відповідно. На 2-гу добу після його застосування рівень EE та IE зріс до 28,6 та 94,9 % відповідно. На 3-тю добу показники EE та IE становили 57,1 та 97,1 % відповідно. Починаючи з 4-ї доби і до кінця дослідження, EE та IE препарату становила 100 %. Таким чином, ефективність комплексного протипаразитарного препарату Івермектин (суспензія) відповідно до рекомендацій Всесвітньої асоціації сприяння ветеринарній паразитології (W.A.A.V.P.) за показником активності антигельмінтних хімічних речовин за токсокарозної інвазії собак відповідає 1 класу ефективності, тобто є високоефективним.

Ключові слова: собаки, токсокароз, яйця гельмінтів, лікувальна ефективність, екстенс- та інтенсоефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Мельничук В. В., Яненко Д. С., Євстаф'єва В. О. Антигельмінтна ефективність сучасного протипаразитарного препарату Івермектин (суспензія) за токсокарозної інвазії собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 164–168.

Вступ

Токсокароз – гельмінтозне захворювання, що має надзвичайно високий зоонозний потенціал [1–3]. Відомо, що збудники токсокарозу, окрім тварин, можуть уражати людину викликаючи так звану вісцеральну форму токсокарозу (тяжка форма хвороби, викликана мігруючими личинками «larva migrans»). Слід зазначити, що після інвазування людини в травній системі з яєць токсокар виходять личинки, які мігрують через стінки кишківника до кровоносного русла та гематогенним шляхом розносяться до різних органів і тканин (мозок, зоровий аналізатор, легені, печінка, м'язи тощо). Личинка збудника, мігруючи в організмі людини, здатна викликати різноманітні симптоми та алергічні явища [4–9].

У собак захворювання на токсокароз викликає нематода *Toxocara canis* (Werner, 1782) Stiles, 1905. У різні роки нематода *T. canis* була відома під назвами *Ascaris marginata* Rudolphi, 1802, *Ascaris triquetra* Schrank, 1790 або *Ascaris vulpis* Froelich, 1789, тобто ці назви є синоніми виду *T. canis*, базонімом цього виду слугувала назва *Lumbricus canis* Werner, 1782 [10]. Слід зазначити, що саме собаки відіграють важливу роль у поширенні та зараженні збудником токсокарозу людей, і, дещо меншою мірою коти. Особливо це стосується тварин, що не мають належного ветеринарного догляду та профілактичних обробок, адже види *Toxocara canis* та *Toxocara cati* в однаковій мірі є небезпечними для здоров'я людини [1, 8].

На сьогодні найбільш оптимальним шляхом боротьби з хворобами тварин паразитарного генезу, у тому числі й токсокарозою інвазією собак, є дегельмінтизація з використанням штучно створених протипаразитарних препаратів. Сучасний асортимент антигельмінтиків вражає своїм різноманіттям та дозволяє обрати власнику препарат за різними показниками: ціною, політикою, діючою речовиною, кількістю діючих речовин, країною виробником тощо [11].

В доступній науковій літературі виявлені повідомлення щодо лікувальної ефективності протипаразитарних засобів за токсокарозою інвазією у тварин. Зокрема, препарат на основі фенбендазолу, за даними дослідників, проявляв достатньо високу терапевтичну ефективність за токсокарозу собак, яка знаходилася у межах 96,8–99,8 % [12]. Достатньо високий терапевтичний ефект (90,1 %) від поєднання препаратів двох діючих речовин – івермектину та пірантелу памоату отримано науковцями з штату Нью-Джерсі (США) при лікуванні собак уражених збудником *T. canis* [13]. Нідерландські вчені встановили, що застосування оксбендазолу з ніклозамідом в комбінованій пасті (3 % оксбендазолу й 24 % ніклозаміду) забезпечувало 97,6 % лікувальну ефективність за токсокарозу собак та 96,7 % ефективність за токсокарозу котів [14]. Про практично однакові показники терапевтичної ефективності за лікування молодяку собак віком від 14 днів, інвазованих токсокарами, препаратом «SENTINEL» Spectrum Novartis Animal Health Inc.,

Switzerland (на основі оксиму мілбемицину) та препаратом «DRONTAL» Plus, Bayer Ltd., Germany (комбінація фебантелу й пірантелу) у своїх дослідженнях вказують швейцарські вчені [15]. Також, про високу терапевтичну ефективність за токсокарозу собак (як експериментально, так й спонтанно уражених нематодою *T. canis*) за використання комерційного препарату «Selamectin» у вигляді крапель для топакального нанесення свідчать дані вчених. У своїй праці автори встановили, що рівень ефективності залежить від кратності застосування препарату й коливається у межах від 88,3 до 100 % [16]. При лікуванні котів за токсокарозою інвазією (як експериментально, так й спонтанно уражених нематодою *T. cati*) препаратом «Selamectin» його терапевтична ефективність склала 100 % [17].

Враховуючи значний зоонозний потенціал нематоди *T. canis* та її потенційну небезпеку для здоров'я людини, важливим на сьогодні залишається питання визначення пошуку сучасних антигельмінтичних препаратів та визначення їх ефективності. Такі підходи дозволяють в подальшому рекомендувати до використання з лікувальною та профілактичною метою апробовані препарати та створювати єдину систему біологічної безпеки та біологічного захисту за принципом «Єдине здоров'я», що передбачає запобігання поширенню зоонозних хвороб та їх передачі від тварин до людей.

На сьогодні у ветеринарній практиці для проведення лікувальних та профілактичних дегельмінтизацій за токсокарозою інвазією собак спеціалісти радять безліч протипаразитарних засобів, проте, як показує досвід й наслідки проведених дегельмінтизацій, що всі препарати, як нові так й існуючі тривалий час на ринку ветеринарних препаратів, потребують перевірки у виробничих умовах.

Мета дослідження

Мета роботи полягала у визначенні лікувальної ефективності комплексного протипаразитарного препарату Івермітел (суспензія) за наявності токсокарозу у собак.

Завдання досліджень:

- експериментальним шляхом визначити лікувальну ефективність комплексного протипаразитарного препарату за наявності токсокарозу у собак;
- оцінити рівень ефективності препарату Івермітел (суспензія) відповідно до рекомендацій Всесвітньої асоціації сприяння ветеринарній паразитології (W.A.A.V.P.).

Матеріали і методи

Роботу виконували в зимовий період 2024 року в умовах навчально-наукової лабораторії паразитології кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету.

Експериментальні дослідження щодо вивчення терапевтичної ефективності протипаразитарного препарату проводили із залученням волонтерів міста

Полтава та в умовах Тимчасового пункту перетримки безпритульних тварин (м. Полтава) на безпородних собаках від 4 до 12 місячного віку. Задіяні в досліді собаки були спонтанно інвазовані збудником токсокарозу за середньої інтенсивності інвазії на початку досліді – від 117,4 до 123,4 яєць у 1 г фекалій (ЯГФ).

Для досліді було сформовано дві групи собак по 7 голів у кожній.

1-ша група (дослідна). Собакам дослідної групи з лікувальною метою вранці (у проміжок між 8 : 30 до 8 : 50) індивідуально згодовували препарат Івермітел (суспензія) шляхом його додавання до невеликої кількості ласого корму в дозі 1 мл/кг ваги тварини. Відповідно до листівки-вкладки 1 мл суспензії містить діючі речовини: празиквантелу – 5 мг; пірантелу памоат – 15 мг; івермектину – 0,2 мг. Препарат виготовлено на замовлення ModeS International d.o.o., 2000 Maribor, Slovenia. Серія: 0224. Дата виготовлення 02.20.24. Термін придатності 3 роки.

2-ша група (контрольна). Собаки контрольної групи в період експерименту лікувальних препаратів не отримували й слугували в якості нелікованого контролю (після завершення експерименту всім собакам з контрольної групи проведено антигельмінтну обробку).

За тваринами дослідної й контрольної групи впродовж 14-ти днів досліді вели спостереження. Щоденно звертали увагу на загальний клінічний стан собак та проводили копроовоскопічні дослідження.

Рівень ураженості собак визначали за показниками інтенсивності та екстенсивності інвазії (І та ЕІ) кількісним методом Трача, 1992 з розрахунком кількості яєць токсокар в 1 г фекалій [18]. Головними показниками антигельмінтної дії препарату були екстенсефективність (ЕЕ) та інтенсефективність (ІЕ).

Оцінку ефективності комплексного проти-паразитарного препарату Івермітел (суспензія) проводили згідно рекомендацій Всесвітньої асоціації сприяння ветеринарній паразитології (W.A.A.V.P.) [19] за показником активності антигельмінтних хімічних речовин відповідно до характеристик хімічних речовин з антипаразитарною активністю за шкалою:

- (1) *високоєфективний*, коли зменшується кількість яєць паразитів більш, ніж на 98 %;
- (2) *ефективний*, із зменшенням на 90–97 %;
- (3) *помірно ефективний*, із зменшенням на 80–89 %;
- (4) *недостатньо активний*, зі зменшенням 79 % і менше.

Статистичну обробку цифрових даних обраховували у програмі Microsoft Excel шляхом визначення середнього арифметичного значення (М) його похибки (m).

Результати та їх обговорення

За результатами проведених експериментальних досліджень з визначення терапевтичної ефективності комплексного протипаразитарного препарату Івермітел (суспензія) за наявності токсокарозу в собак встановлено, що використовуваний засіб упродовж терміну спостереження за тваринами не викликав побічних явищ та реакцій.

Досліджуваний препарат проявляє виражені антигельмінтні властивості за токсокарозної інвазії в собак, що характеризувалися позитивними змінами з боку показників інтенсивності та екстенсивності інвазії у першій дослідній групі собак. Так, аналізуючи показники екстенсивності інвазії у дослідній групі тварин встановлено, що в перші 72 години після застосування хворим собакам препарату Івермітел (суспензія) зафіксоване поступове зниження показнику ЕІ зі 100 до 42,9 % (рис. 1).

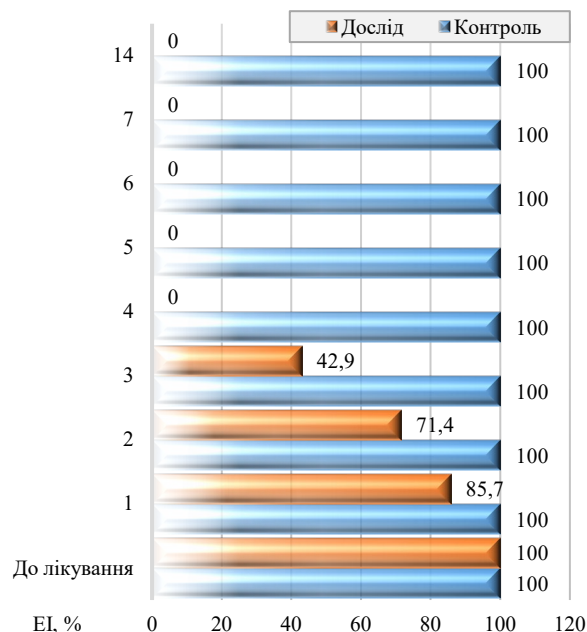


Рис. 1. Показники екстенсивності токсокарозної інвазії у процесі лікування хворих собак, n=7

Слід зазначити, що починаючи з 4-ї і до 14-ї доби після застосування препарату жодної хворої тварини в дослідній групі не виявлено. Водночас, в контрольній групі тварин, яким лікування не проводили, показник екстенсивності інвазії до останньої доби досліді знаходився на рівні 100 %.

Аналізуючи показники інтенсивності токсокарозної інвазії у групі тварин, яким застосовували Івермітел (суспензія) встановлено, що вже на 24-ту годину після використання препарату кількість яєць нематод виду *Toxocara canis* знизилася на 85,52 % (з 117,4±13,9 до 17,0±3,2 ЯГФ) порівняно з показником до початку лікування (рис. 2). На 48-му та 72-гу годину після використання препарату показник І продовжував знижуватися на 94,89 та 97,1 % відповідно, що складало 6,0±1,5 та 3,4±1,5 ЯГФ відповідно.

Слід зазначити, що в контрольній групі собак, яким лікування не проводили, показник інтенсивності інвазії до останньої доби досліді мав тенденцію до підвищення, що можна спостерігати за кількістю виявлених яєць токсокар у фекаліях хворих тварин. Зокрема, через добу після першого копроовоскопічного дослідження кількість яєць нематод виду *T. canis* зросла з 123,4±13,9 до 126,9±19,2 ЯГФ (на 2,76 %). В наступні доби досліджень кількість виявлених яєць мала хвилюподібний характер зростання порівняно з вихідним показником. Так, на

2-гу добу їх кількість збільшилася до $131,1 \pm 8,7$ ЯГФ (більше на 6,37 %), на 3-тю – до $130,3 \pm 8,8$ ЯГФ (більше на 5,30 %), на 4-ту – до $135,4 \pm 9,0$ ЯГФ (більше на 8,86 %), на 5-ту – до $136,3 \pm 8,8$ ЯГФ (більше на 9,46 %), на 6-ту – до $134,3 \pm 8,6$ ЯГФ (більше на 8,12 %), на 7-му – до $140,6 \pm 8,0$ ЯГФ (більше на 12,23 %). На 14-ту добу досліджу кількість яєць *T. canis* зросла до $174,9 \pm 11,7$ ЯГФ, що на 29,45 % більше порівняно з вихідним показником.

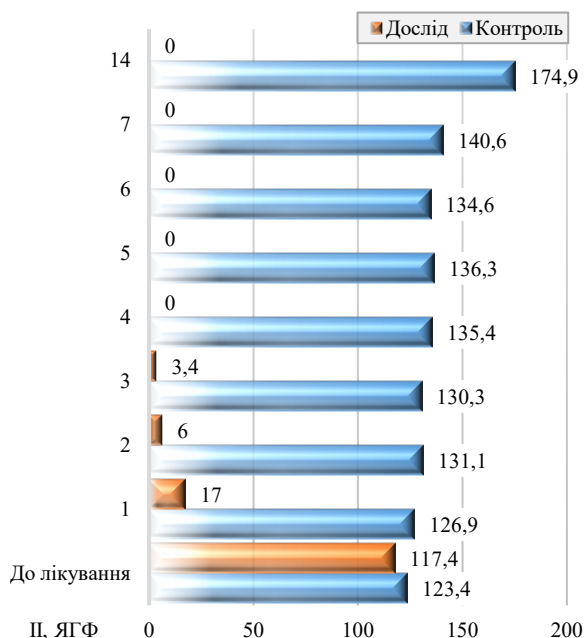


Рис. 2. Показники інтенсивності токсокарозої інвазії у процесі лікування хворих собак, n=7

Аналізуючи показники екстенс- та інтенсефективності комплексного протипаразитарного препарату Івермітел (суспензія), який застосовували хворим тваринам шляхом індивідуального одноразового згодовування з невеликою кількістю ласого корму встановлено, що препарат проявляє високий рівень лікувальної ефективності (рис. 3).

Зокрема, рівень ЕЕ препарату через добу після застосування підвищився до 14,3 %, на 2-гу та 3-тю добу – до 28,6 та 57,1 % відповідно. Слід зазначити, що починаючи з 4-ї доби і до кінця досліджу, ЕЕ засобу становила 100 %. Такою ж позитивною була динаміка з боку показника інтенсефективності. Зокрема, через добу після застосування препарату рівень ІЕ підвищився до 85,5 %, на 2-гу та 3-тю добу – до 94,9 та 97,1 % відповідно. Починаючи вже з 4-ї доби після застосування Івермітел (суспензія) хворим на токсокароз собакам ІЕ препарату зросла до 100 % й залишалася на такому рівні до кінця досліджу.

Оцінюючи ефективність комплексного протипаразитарного препарату Івермітел (суспензія) відповідно до рекомендацій Всесвітньої асоціації сприяння ветеринарній паразитології (W.A.A.V.P.) за показником активності антигельмінтних хімічних речовин, що містяться в препараті з врахуванням рівня екстенс- та інтенсефективності встановлено, що використовуваний за токсокарозої інвазії собак препарат відповідає 1 класу ефективності, тобто є високоефективним.

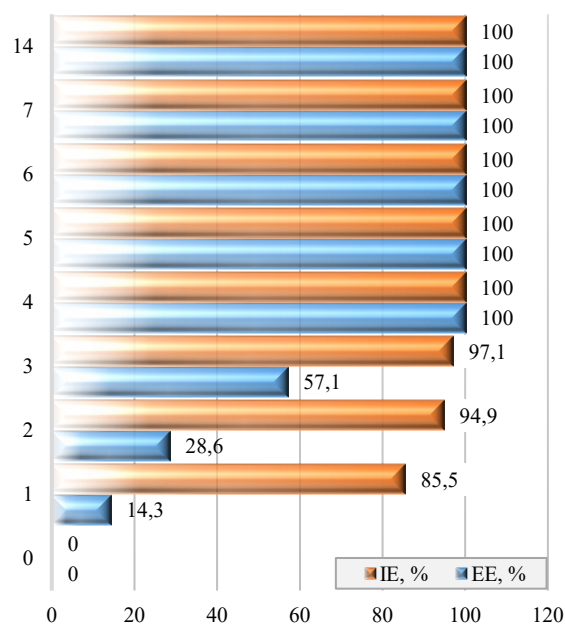


Рис. 3. Показники екстенс- та інтенсефективності препарату Івермітел (суспензія) за токсокарозої інвазії собак, n=7

Отже, синергія двох різних діючих речовин, що володіють вираженими нематоцидними властивостями дозволяє отримати максимально високий ефект за лікування собак уражених нематодою *T. canis*.

Про достатньо високу терапевтичну ефективність (91,1 %) комбінованих препаратів (івермектин + пірантел памоат) за токсокарозої інвазії собак свідчать дані Clark et al., 1992 [13]. Також про високу терапевтичну ефективність за токсокарозої інвазії у собак та котів комбінованих препаратів ELITE ZOO ДОГ та ELITE ZOO KET (ТОВ фірма «Продукт», Україна), у яких поєднані декілька діючих речовин (фіпроніл + моксидектин + празиквантел), дві з яких проявляють нематоцидну дію свідчать дані Березовського та Морозова, 2020. Автори встановили, що лікувальна ефективність вказаних препаратів при використанні їх собакам та котам становила 100 % [20]. Таким чином, представлені в цьому дослідженні дані підтверджують твердження щодо високої лікувальної ефективності комбінованих препаратів за токсокарозої інвазії собак.

Висновки

Встановлено, що комплексний протипаразитарний препарат Івермітел (суспензія) (ModeS International d.o.o., 2000 Maribor, Slovenia) за його індивідуального згодовування собакам у дозі 1 мл/кг ваги тварини проявляє виражені нематоцидні властивості відносно нематоди *Toxocara canis*. Екстенс- та інтенсефективність препарату на 14-ту добу після його застосування становить 100 %. Відповідно до рекомендацій Всесвітньої асоціації сприяння ветеринарній паразитології (W.A.A.V.P.) за показником активності антигельмінтних хімічних речовин, що містяться в препараті Івермітел (суспензія), за токсокарозої

інвазії собак відповідає 1 класу ефективності, тобто є високоефективним препаратом.

Подяки

Автори публікації висловлюють вдячність ТМ ModeS за безоплатно надані зразки препаратів для проведення експериментальних досліджень.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bowman, D. D. (2020). History of *Toxocara* and the associated larva migrans. *Toxocara and Toxocariasis*, 17–38. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.037>
2. Jahanmahin, A., & Borji, H. (2023). Unveiling the Zoonotic Significance of Toxocariasis in Humans: The Role of *Toxocara canis*. *Small Animal Advances*, 2 (2), 5–11. <https://doi.org/10.58803/saa.v2i2.14>
3. Kaneva, E. (2019). Toxocariasis - what do we know? *Problems of Infectious and Parasitic Diseases*, 47 (1), 39–46. <https://doi.org/10.58395/pipd.v47i1.16>
4. Schochet, S. S. (1967). Human *Toxocara canis* encephalopathy in a case of visceral larva migrans. *Neurology*, 17 (3), 227–227. <https://doi.org/10.1212/wnl.17.3.227>
5. Huismans, H. (1980). *Toxocara canis* (Larva migrans visceralis) aus ophthalmologischer Sicht. *Klinische Monatsblätter Für Augenheilkunde*, 177 (11), 584–600. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1057691>
6. Lim, J. H. (2010). Hepatic visceral larva migrans of *Toxocara canis*. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 82 (4), 520–521. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2010.09-0602>
7. Abe, K., Shimokawa, H., Kubota, T., Nawa, Y., & Takeshita, A. (2002). Myocarditis associated with visceral larva migrans due to *Toxocara canis*. *Internal Medicine*, 41 (9), 706–708. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.41.706>
8. Wu, T., & Bowman, D. D. (2020). Visceral larval migrans of *Toxocara canis* and *Toxocara cati* in non-canid and non-felid hosts. *Toxocara and Toxocariasis*, 63–88. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.02.001>
9. Menicholl, B. (1964). *Toxocara canis* infection. *The Lancet*, 284 (7351), 148–149. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(64\)90160-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(64)90160-6)
10. *Toxocara canis* (Werner, 1782) Stiles, 1905 in GBIF Secretariat (2023). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei>
11. Harvas, H. (2018). The essence of the globalization of the veterinary market in Ukraine. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series Economical Sciences*, 20 (86), 78–82. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8615>
12. Dryden, M. W., & Ridley, R. K. (1999). Efficacy of fenbendazole granules and pyrantel pamoate suspension against *Toxocara canis* in greyhounds housed in contaminated runs. *Veterinary Parasitology*, 82 (4), 311–315. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(99\)00025-4](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(99)00025-4)
13. Clark, J. N., Daurio, C. P., Plue, R. E., Wallace, D. H., & Longhofer, S. L. (1992). Efficacy of ivermectin and pyrantel pamoate combined in a chewable formulation against heartworm, hookworm, and ascarid infections in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 53 (4), 517–520. <https://doi.org/10.2460/ajvr.1991.53.04.517>
14. Overgaauw, P. A. M., & Boersema, J. H. (1998). Anthelmintic efficacy of oxbendazole against some important nematodes in dogs and cats. *Veterinary Quarterly*, 20 (2), 69–72. <https://doi.org/10.1080/01652176.1998.9694842>
15. Schenker, R., Cody, R., Strehlau, G., Alexander, D., & Junquera, P. (2006). Comparative effects of milbemycin oxime-based and febantel-pyrantel embonate-based anthelmintic tablets on *Toxocara canis* egg shedding in naturally infected pups. *Veterinary Parasitology*, 137 (3–4), 369–373. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.01.02>
16. McTier, T. L., Siedek, E. M., Clemence, R. G., Wren, J. A., Bowman, D. D., Hellmann, K., Holbert, M. S., Murphy, M. G., Young, D. R., Cruthers, L. R., Smith, D. G., Shanks, D. J., Rowan, T. G., & Jernigan, A. D. (2000). Efficacy of selamectin against experimentally induced and naturally acquired ascarid (*Toxocara canis* and *Toxascaris leonina*) infections in dogs. *Veterinary Parasitology*, 91 (3–4), 333–345. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(00\)00303-4](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(00)00303-4)
17. McTier, T. L., Shanks, D. J., Wren, J. A., Six, R. H., Bowman, D. D., McCall, J. W., Pengo, G., Genchi, C., Smothers, C. D., Rowan, T. G., & Jernigan, A. D. (2000). Efficacy of selamectin against experimentally induced and naturally acquired infections of *Toxocara cati* and *Ancylostoma tubaeforme* in cats. *Veterinary Parasitology*, 91 (3–4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(00\)00301-0](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(00)00301-0)
18. Trach, V. N. (1992). *Recommendations for the use of a new method for recording helminth eggs and protozoan cysts in animal feces*. Kyiv.
19. Beugnet, F., Taweethavonsawat, P., Traversa, D., Fourie, J., McCall, J., Tieleman, E., & Geurden, T. (2022). World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP): Second edition of guidelines for evaluating the efficacy of anthelmintics for dogs and cats. *Veterinary Parasitology*, 312, 109815. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109815>
20. Berezovsky, A., & Morozov, B. (2020). The effectiveness of "ELITE ZOO DOG" and "ELITE ZOO KET" on the helminth fauna of small pets. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 3 (50), 38–43. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2020.3.6>

ORCID

- V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>
D. Yanenko  <https://orcid.org/0009-0001-3990-8134>
V. Yevstafieva  <https://orcid.org/0000-0003-4809-2584>



2025 Melnychuk 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.

First record of a new *Sarcocystis* species isolated by genetic analysis from beef meat in Baqubah, Iraq

E. N. Abood | H. H. H. Al-Zubaidei✉

Article info

Correspondence Author
H. H. H. Al-Zubaidei,
E-mail:
haleem.h@uodiyala.edu.iq

College of Veterinary
Medicine, University of
Diyala,
Baqubah, Diyala 32001, Iraq

Citation: Abood, E. N., & Al-Zubaidei, H. H. H. (2025). First record of a new *Sarcocystis* species isolated by genetic analysis from beef meat in Baqubah, Iraq. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 169–173. doi: 10.31210/spi2025.28.01.26

Sarcocystosis is important disease in Asia, especially the western regions of the continent. It is considered one of the important zoonotic diseases, the infection wide geographic spreading caused by various species. In Iraq the disease is cosmopolitan infected man and animals leading to public health disorders and economic losses in meat production. The study was made to demonstrate the *Sarcocystis* species from local beef meat in Diyala provinces. *Sarcocysts* isolated from esophagus of 100 cattle were slaughtered at Diyala slaughter house during the period from November 2023 to May 2024. Cattle age ranged from 2–5 years. Different traditional techniques were made to detect sarcocystosis, peptic digestion technique were high sensitive technique 100 % methods. Then Trichnoscropy were (30 %) while the squeezing less sensitive (26 %) respectively. The majority of male animals recorded higher infection incidence 75 % while the females cattle rate was 53.8 % from the total exanimated animals. The result showed that the highest infection rate were recorded in animal of old age above 4 year old 100 % with significant differences between the age groups. The bradyzoites of *Sarcocystis* parasite were seen by examining the sediment of the digested muscle fluid as banana shape with a spik end of front and rounded rear end and slightly clear nucleus positioned toward the rear end, measurements $13.2 \times 2.8 \mu\text{m}$. The study was depending on using a traditional thermocycler PCR, as well as Sequencing, genotyping analysis of the *Sarcocystis* isolated from Diyala (Baqubah), Iraq. Extracted and isolate of genomic DNA of *Sarcocystis*, depending on Gene aid, obtained from Tissue cells extraction by using peptic digestion technique according to manufacturer protocol. Primer amplified using fragment over 900 bp. The purity of DNA was demonstrated by Nanodrop spectrophotometer at range (1.6–1.8 ng/ μL), *Sarcocystis levinei* was detected for the first time in Iraq. The genetic analysis showed that the Iraqi isolates of *Sarcocystis cruzi* given a remarkable homology (100 %) with Norway, China, Iran, Turkey, India, Japan and Argentina respectively.

Keywords: Cattle, Genetic analysis, Iraq, *Sarcocysts levinei*.

Перший повідомлення про новий вид *Sarcocystis*, виділений генетичним аналізом з яловичини в Бакуба, Ірак

E. Н. Абуд | Х. Х. Х. Аль-Зубайді

Коледж ветеринарної
медицини,
Університет Діяла,
Бакуба, Діяла, Ірак

Саркоцистоз є важливим захворюванням в Азії, особливо в західних регіонах континенту. Збудники саркоцистозу проявляють виражений зоонозний потенціал, а отже захворювання на саркоцистоз віднесені до списку важливих зоонозних хвороб. Відомо, що хворобу здатні викликати різні види саркоцист, які географічно достатньо широко розповсюджені по всьому світу. В умовах Іраку саркоцистоз є надзвичайно поширеним як серед тварин, так і серед людей. Слід зазначити, що значне ураження *Sarcocystis* spp. тварин має системний характер та призводить до колосальних економічних збитків виробникам м'яса в країні. Окрім того, значне поширення саркоцистозу серед тварин призводить до ураження ним людей, що чинить додаткове фінансове навантаження на систему громадського здоров'я. Метою здійсненого дослідження було продемонструвати циркулюючі у провінції Діяла (Бакубіа) види *Sarcocystis*, виявлені з яловичини. Біологічні зразки для досліджень (фрагменти м'язової тканини стравоходу від великої рогатої худоби віком від 2 до 5 років, $n=100$) були відібрані в умовах забійних пунктів Діяла (Бакуба) у період з листопада 2023 року по травень 2024 року. Для виявлення саркоцист були використані традиційні методики досліджень зразків. Зокрема, техніка перетравлювання у штучному шлунковому соку, трихінелоскопія та компресорне дослідження, діагностична ефективність яких у описаному дослідженні становила 100, 30 та 26 % відповідно. Дослідженнями встановлено, що ураженість тварин різної статі збудниками *Sarcocysts* spp. мала певні відмінності. Зокрема, рівень інвазованості серед самців складала 75 % від загальної кількості обстежених тварин, тоді як у самок цей показник був на рівні 53,8 %. У віковому аспекті найвищий рівень інвазованості *Sarcocystis* spp. зафіксовано серед тварин старше 4 річного віку (100 %). За використання класичного методу дослідження зразків (перетравленням у штучному шлунковому соку) було виявлено бразидіоїти *Sarcocystis* spp., які мали бананоподібну форму з гострим переднім та округлим заднім кінцями, і злегка прозорим ядром, що було розташоване у напрямку до заднього кінця. Розміри виявлених інвазійних елементів становили $13,2 \times 2,8 \mu\text{m}$. Окрім того, були проведені дослідження біологічного матеріалу з використанням традиційного термоциклера ПЛР з послідовним аналізом генотипу *Sarcocystis*. Вперше виявлено на території Іраку наявність виду *Sarcocystis levinei*. Окрім того, встановлено, що іракські ізоляти *Sarcocystis cruzi* мають високу гомологію (100 %) з ізолятами, що виявлені на території Норвегії, Китаю, Ірану, Туреччини, Індії, Японії та Аргентини.

Ключові слова: велика рогата худоба, генетичний аналіз, Ірак, *Sarcocysts levinei*.

Бібліографічний опис для цитування: Абуд Е. Н., Аль-Зубайді Х. Х. Х. Перше повідомлення щодо нового виду *Sarcocystis*, виділеного генетичним аналізом з яловичини в Бакуба, Ірак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 169–173.

Introduction

The worldwide illness sarcocystosis affects both herbivores (intermediate hosts) and carnivores (definitive hosts). Sarcocystosis is prevalent in Iraq; the disease has a high seasonal infection rate that reduces the amount of meat cattle and other domestic ruminant animals can produce [1–4].

The identification of *Sarcocystis* can be done in a number of ways, such as visual inspection of the meat, microscopic inspection of the infected muscle, quash, meat digestion [5], immunofluorescence test, histopathology examination, polymerase chain reaction (PCR), and other PCR tests like multiplex PCR and nPCR [6–8]. Four common genes (mitochondrial COX1, 28s rRNA, 18s rRNA, and ITS-1) are utilized to identify species of *Sarcocystis* [9–11]. A 28s rRNA and 18s rRNA are highly conserved and more helpful for intraspecific identification. Mitochondrial COX1 and ITS-1 have also been found to have strong specificity, particularly for interspecies (sub species) identification [12, 13].

Because the 18S rRNA gene region's hyper-variability regions are scattered with conserved DNA sequences, it can be used to distinguish between the apicomplexan group and the genus *Sarcocystis* from other coccidian protozoa, making it a more technically accurate marker than the mitochondrial *cox1* sequence [14–15].

Additionally, the databases include the *Sarcocystis* parasite's 18S rRNA sequences, which are prepared for use in species identification with other molecular gene sequences [16]. The (18S rRNA) gene is therefore a useful diagnostic marker because of these features [17, 18].

The aim of the study

The current study was designed to employ molecular recognition of the *Sarcocystis* species infecting beef meat in Diyala province (Baqubah), Iraq.

This was done by amplifying the 18s rRNA region, which virtually amplifies at the 829 bp segment (Sar) by using the primer BLAST tool on the NCBI Gene Bank.

Materials and methods

Collection of Samples: one hundred meat Specimens were obtained from cattle that slaughtered at Diyala slaughter house during the period from November 2023 to May 2024. Cattle age ranged from (2–5) years.

Gross Examination: muscles of Esophagus, diaphragm, were examined visually to detect sarcocysts tissue cysts. After that sarcocysts parasite were carefully isolated from infected muscle and then transferred in to plastic labeled bags and conveyed to Styrofoam box. In a timely manner the beef meat samples transfer to the Parasitology laboratory in collage of Veterinary medicine, University of Diyala, Iraq.

DNA Extraction: extracted and isolate of genomic DNA of *Sarcocystis*, by using Gene aid, obtained from Tissue cells extraction by using peptic digestion technique according to manufacturer protocol.

Primers: two different types of primers were employed in current work to identify *Sarcocystis* spp. isolates based on 18S rRNA (**Fig. 1**). The two lyophilized primers, which almost amplify at the 829 bp segment (Sar), were sent to IDT Company (Canada) using the primer BLAST tool on the NCBI of the Gene bank. Preparation of primers is performed as described primer fragment over (900 bp) was amplified using a primer:

forward primer GATAACCGTGGTAATTCTATG
reverse primer GGCAAATGCTTTTCGCAGTA

Products 829bp, which is capable of detection of *Sarcocysts* spp. (**Fig. 2**).

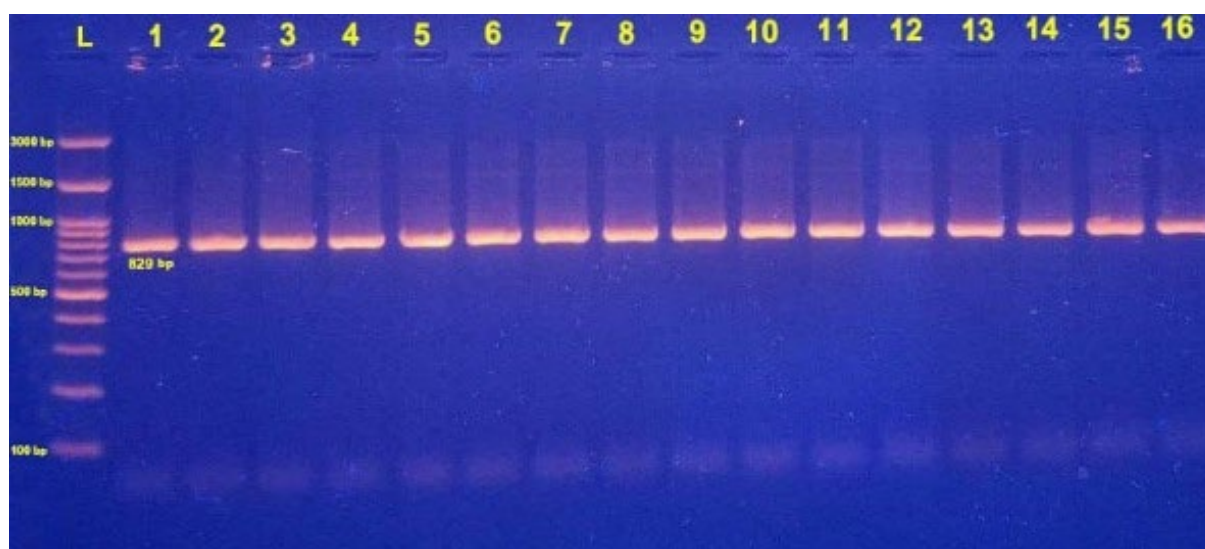


Figure 1. Electrophoresis of the 18S rRNA gene used for PCR assay for the local tested isolates of *S. cruzi*. Lane M 100-bp ladder = DNA marker. Lanes 1-16 represent the positive diagnostic bands on 829 bp. of the tested specimens

Genetic analysis and sequencing of an Iraqi Sarcocystis isolate: In accordance with the sequencing company's instruction manuals, the PCR amplicons were commercially sequenced from termini, forward, and reverse primer (Macrogen Inc., South Korea). Applied Biosystem Extension (ABI) provides a clear chromatograph. In order to ensure that the annotation and diversity are not the result of PCR or sequencing artifacts, the sequencing data were also examined. The precise position and other details of the recovered PCR fragments were determined by comparing the observed DNA sequences of the local isolates from

Interpretation of sequencing data: Bio Edit Sequence Alignment Editor Software Version 7.1 (DNASTAR, Madison, WI, USA), was used for edited, aligned, and analyzed results of sequencing the PCR products referred to different local isolate so long as with the respective sequences in the database references. The results of genetic analysis showed that the Iraqi isolates PQ156402, PQ156403, PQ156404 have a 100 % relationship with Norway (KU247922.1), China (OR553291.1, MH681972.1), Iran (KR136315.1), Turkey (MF327255.1), India (KT306827.1), Japan (LC171828.1), Argentina (X679468.1). As shown in the ([Fig. 2](#)).

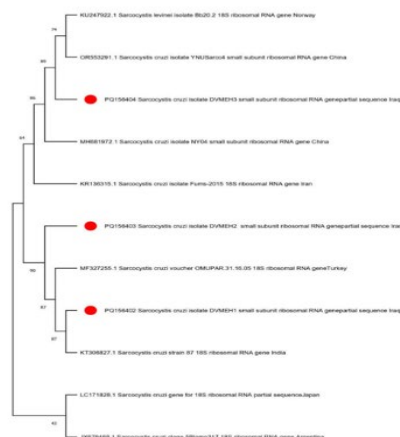


A remarkable similarity in the primary sequence alignment was discovered in the 18S rRNA region for local tested isolates of cattle *Sarcocystis cruzi* (GenBank accession number PO156402), registered in Genbank-NCBI

at -20°C until PCR preparation process is completed. Two regions of ribosomal RNA (18s-rRNA) gene have been targeted and separately well be amplified for detection *Sarcocystis cruzi*. A specific primer was amplified by used fragment over 900 bp. the Products 829 bp, which is qualified for detection of *S. levinei* (**Fig. 1**). The results of genetic analysis showed that the Iraqi isolates PQ156402, PQ156403, PQ156404 have a 100 % relationship with Norway (KU247922.1), China (OR553291.1, MH681972.1), Iran (KR136315.1), Turkey (MF327255.1), India (KT306827.1), Japan (LC171828.1), Argentina (X679468.1). As shown in the (**Figure 3**) and (**Table 1**)

Molecular detection of *Sarcocystis*:

DNA Extraction and PCR amplifications: the diagnostic DNA to be isolated as compact bands illustrate the amplified target gene of *Sarcocystis* isolated from slaughter animals by using a traditional thermocycler PCR. Genomic DNA was extracted using according to manufacturer's instructions. (Macrogen Inc., South. Korea). After DNA extraction, the samples were stored



The branch lengths are indicated the amounts of identity between the local strain and global strain

Table 1
Specific homology (Identity) of local *Sarcocysts* species in cattle

Accession no.	Country	Gene	Source	Compact.
PQ156402	Iraq	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis levinei</i>	100%
PQ156403	Iraq	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
PQ156404	Iraq	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
KU247922.1	Norway	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
OR553291.1,	China	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
MH681972.1	China	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
(KR136315.1)	Iran	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
MF327255.1	Turkey	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
KT306827.1	India	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
LC171828.1	Japan	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%
X679468.1	Argentina	18S ribosomal RNA	<i>Sarcocystis cruzi</i>	100%

Sarcocystosis is still a significant disease in Iraq which they infect man and several domesticated animals (cattle, sheep, goat, buffalo, etc.) causing serious economic effects on cattle herds [19–22].

Our own results indicated that detected DNA of coccidian parasites (*Sarcocystis*) belonging to the Apicomplexa protozoa parasite as a molecular technique that could be identifying subspecies. Another previous studies in molecular and biological assay well be improving many genetic analyses of sarcocystis parasites [11, 23–25].

The molecular study detected two regions of ribosomal RNA (18s-rRNA) gene have been targeted and separately well be amplified for detection *Sarcocystis cruzi*, A specific primer was amplified by used fragment over 900bp. The Products 829bp, which is qualified for detection of *S. levinei* [26], various molecular studies and phylogenetic tree analyses have been progressing to distinguish *Sarcocystis* spp. including, the ITS-1 region, 18S rRNA, 28S rRNA [2, 8, 17, 27]. The alterable regions of the 18S rRNA gene act as advantageous targets for detecting and identifying different species [3, 9, 19, 28, 29].

The Sequence study and genotyping (phylogenetic analysis) of *Sarcocystis* spp. Isolate from Iraq recorded a new strain of Iraqi *Sarcocystis* spp. (*Sarcocystis levinei* PQ156402) on Diyala city areas, the results of Phylogenetic tree analysis were clustered with the *S. cruzi*. Which given a remarkable homology with Iraqi isolates PQ156402, PQ156403, PQ156404 have a 100 % relationship with Norway, China, Iran, Turkey, India, Japan and Argentina respectively. the accordance of Sequencing and genotyping of *Sarcocystis* Isolate recorded some identity with other Previous studies in Iraq [16, 20, 30–33]. Further studies should be done in other Iraq provinces to identify or detection other *Sarcocystis* species in cattle which may be help in understanding the clinical diseases and economic losses resulting from the infection [34, 35].

Conclusions

The current study proven a new strain of Iraqi *Sarcocystis* spp. (*Sarcocystis levinei* PQ156402) in Diyala provinces, *Sarcocystis cruzi* in cattle was cosmopolitan in distribution , increased the import of cattle from turkey, India, South America to Iraq led to elevated the identity between the Iraq strain and other countries.

Acknowledgements

The authors who appreciated the efforts of Dr. Jinan Khalid Kamil from the Public Health Directorate Ministry of Health for his courtesy in improving the manuscript title. The author did not receive donation of money for this study project.

Authors' contributions

Enas Nazar Abood and Haleem Hamza Hussain Al- Zubaidei:sampling; analysis of results; PCR; writing the manuscript; and editing the final version of manuscript.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Mohamed, T., Hussein, S., Shukur, M., Mohammad, R., Ali, A., & Khalil, L. (2020). Survey on Sarcocystis infection in imported male cattle carcasses slaughtered at Duhok abattoir, Kurdistan region of Iraq. *Microbial Biosystems*, 5 (1), 128–134. <https://doi.org/10.21608/mb.2020.119827>
- Abdullah, S. H. (2021). Investigation of *Sarcocystis* spp. in slaughtered cattle and sheep by peptic digestion and histological examination in Sulaimani Province, Iraq. *Veterinary World*, 14 (2), 468–474. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.468-474>
- Dubey, J. P., Calero-Bernal, R., Rosenthal, B. M., Speer, C. A., & Fayer, R. (2015). *Sarcocystosis of Animals and Humans*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19184>
- Gareh, A., Soliman, M., Saleh, A. A., El-Gohary, F. A., El-Sherbiny, H. M. M., Mohamed, R. H., & Elmahallawy, E. K. (2020). Epidemiological and histopathological investigation of *Sarcocystis* spp. in Slaughtered Dromedary Camels (*Camelus dromedarius*) in Egypt. *Veterinary Sciences*, 7 (4), 162. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040162>
- Dubey, J. P., & Lindsay, D. S. (2006). Neosporosis, toxoplasmosis, and sarcocystosis in ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 22 (3), 645–671. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.08.001>
- Zeng, H., Van Damme, I., Kabi, T. W., Šoba, B., & Gabriël, S. (2021). *Sarcocystis* species in bovine carcasses from a Belgian abattoir: a cross-sectional study. *Parasites & Vectors*, 14 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04788-1>
- Xue, S., Xiang, C. R., Ma, C. F., & Yan, W. C. (2022). Serological investigation of Sarcocystis infection in dairy cattle in parts of Henan Province. *Advances in Veterinary Medicine*, 43, 142–144.
- Abed, H., & Fadhil, A. (2022). Review about Sarcocystis in ruminants in Iraq. *Al-Anbar Journal of Veterinary Sciences*, 15 (2), 1–6. <https://doi.org/10.37940/ajvs.2022.15.2.1>
- Hu, J.-J., Huang, S., Wen, T., Esch, G. W., Liang, Y., & Li, H.-L. (2017). *Sarcocystis* spp. in domestic sheep in Kunming city, China: prevalence, morphology, and molecular characteristics. *Parasite*, 24, 30. <https://doi.org/10.1051/parasite/2017025>

10. Gjerde, B., de la Fuente, C., Alunda, J. M., & Luzón, M. (2019). Molecular characterisation of five *Sarcocystis* species in domestic sheep (*Ovis aries*) from Spain. *Parasitology Research*, 119 (1), 215–231. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06504-6>
11. El-kady, A. M., Hussein, N. M., & Hassan, A. A. (2018). First molecular characterization of *Sarcocystis* spp. in cattle in Qena Governorate, Upper Egypt. *Journal of Parasitic Diseases*, 42 (1), 114–121. <https://doi.org/10.1007/s12639-017-0974-7>
12. Stojceki, K., Karamon, J., Sroka, J., & Cencek, T. (2012). Molecular diagnostics of *Sarcocystis* spp. infections. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 15 (3), 589–596. <https://doi.org/10.2478/v10181-012-0090-7>
13. Dubey, J. P., van Wilpe, E., Calero-Bernal, R., Verma, S. K., & Fayer, R. (2015). *Sarcocystis heydorni*, n. sp. (Apicomplexa: Sarcocystidae) with cattle (*Bos taurus*) and human (*Homo sapiens*) cycle. *Parasitology Research*, 114 (11), 4143–4147. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4645-2>
14. Imre, K., Dărăbuș, G., Tîrziu, E., Morariu, S., Imre, M., Plutzer, J., Boldea, M. V., & Morar, A. (2019). *Sarcocystis* spp. in Romanian Slaughtered cattle: molecular characterization and epidemiological significance of the findings. *BioMed Research International*, 2019, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2019/4123154>
15. Pestechian, N., Yousefi, H. A., Kalantari, R., Jafari, R., Khamesipour, F., Keshkar, M., & Esmaeilifallah, M. (2021). Molecular and microscopic investigation of *Sarcocystis* species isolated from sheep muscles in Iran. *Journal of Food Quality*, 2021, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2021/5562517>
16. Bermukhametov, Z., Suleimanova, K., Prakas, P., Tomaruk, O., Shevtsov, A., Abdygulov, B., & Mustafin B. (2024). Identification of Sarcocyst species in cattle muscles: experience of Kazakhstan. (2024). *International Journal of Veterinary Science*, 14 (1), 32–8. <https://doi.org/10.47278/journal.ijvs/2024.206>
17. Yakoub, A. Y. (2009). Epidemiological study of *Cryptosporidiosis* in sheep of Baghdad province. *The Iraqi Journal of Veterinary Medicine*, 33 (2), 104–111. <https://doi.org/10.30539/iraqijvm.v33i2.699>
18. Rosenthal, B. M. (2021). Zoonotic Sarcocystis. *Research in Veterinary Science*, 136, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.02.008>
19. Swar, S. O., & Shnawa, B. H. (2021). Recent advances in molecular characterization of *Sarcocystis* species in some meat producing animals: an updated review. (2021). *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 1. <https://doi.org/10.35495/ajab.2020.09.502>
20. Kamil, J. K., & Faraj, A. A. (2021). Molecular detection of *Sarcocystis cruzi* in slaughtered cattle at Baghdad city in Iraq. *Plant Archives*, 20 (1), 1833–1846.
21. Latif, B. M. A., Al-Delemy, J. K., Mohammed, B. S., Al-Bayati, S. M., & Al-Amiry, A. M. (1999). Prevalence of *Sarcocystis* spp. in meat-producing animals in Iraq. *Veterinary Parasitology*, 84 (1–2), 85–90. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(99\)00046-1](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(99)00046-1)
22. Shnawa, B. H., & Swar, S. O. (2022). Sarcocystosis in meat-producing animals: an updating on the molecular characterization. In R. Z. Abbaz and A. Khan (Ed.). *Veterinary Pathobiology and Public Health. Edition I.* (pp. 144–151). Faisalabad-Pakistan: Unique Scientific Publishers. Retrieved from: <file:///D:/download/144-151.pdf>
23. Jauregui, Z., Salas-Fajardo, M. Y., Puicón, V., & Lucas, J. R. (2024). Prevalence and distribution pattern of *Sarcocystis* spp. in slaughtered cattle from the Peruvian tropical Andes, Peru. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 48, 100990. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2024.100990>
24. Hamidinejat, H., Razi Jalali, M. H., Gharibi, D., & Molayan, P. H. (2014). Detection of *Sarcocystis* spp. in cattle (*Bos taurus*) and water buffaloes (*Bubalus bubalis*) in Iran by PCR–RFLP. *Journal of Parasitic Diseases*, 39 (4), 658–662. <https://doi.org/10.1007/s12639-014-0426-6>
25. Ayazian Mavi, S., Teimouri, A., Mohebbi, M., Sharifi Yazdi, M. K., Shojae, S., Rezaian, M., Salimi, M., & Keshavarz, H. (2020). *Sarcocystis* infection in beef and industrial raw beef burgers from butcheries and retail stores: A molecular microscopic study. *Heliyon*, 6 (6), e04171. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04171>
26. Zeng, W., Sun, L., Xiang, Z., Li, N., Zhang, J., He, Y., Li, Q., Yang, F., Song, J., Morris, J., Rosenthal, B. M., Sun, L., Liu, H., & Yang, Z. (2018). Morphological and molecular characteristics of *Sarcocystis bertrami* from horses and donkeys in China. *Veterinary Parasitology*, 252, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.01.024>
27. Ng, Y. H., Fong, M. Y., Subramaniam, V., Shahari, S., & Lau, Y. L. (2015). Short communication: Genetic variants of *Sarcocystis cruzi* in infected Malaysian cattle based on 18S rDNA. *Research in Veterinary Science*, 103, 201–204. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.10.009>
28. Dubey, J. P. (2015). Foodborne and waterborne zoonotic sarcocystosis. *Food and Waterborne Parasitology*, 1 (1), 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2015.09.001>
29. El-Morsey, A., Abdo, W., Zaid, A. A. A., & Sorour, S. S. G. (2021). Morphologic and molecular identification of three macroscopic *Sarcocystis* species infecting domestic sheep (*Ovis aries*) and cattle (*Bos taurus*) in Egypt. *Parasitology Research*, 120(2), 637–654. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-07002-w>
30. Saood, A. I., Abdullah, B. H., & AL-Sultan, E. Y. A. (2022). Experimental infection of *Sarcocystis moulei* in mice and treated by using the alkaloid extract of *Ruppia* sp. in Basrah governorate southern of Iraq. *Science Archives*, 03 (04), 301–310. <https://doi.org/10.47587/sa.2022.3409>
31. Dubey, J. P., & Rosenthal, B. M. (2023). Bovine sarcocystosis: *Sarcocystis* species, diagnosis, prevalence, economic and public health considerations, and association of *Sarcocystis* species with eosinophilic myositis in cattle. *International Journal for Parasitology*, 53 (9), 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2022.09.009>
32. Lindsay, D. S., & Dubey, J. P. (2020). Neosporosis, toxoplasmosis, and sarcocystosis in ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 36 (1), 205–222. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.004>
33. Sudan, V., Shanker, D., Paliwal, S., Kumar, R., & Singh, A. (2021). Phylogenetics of *Sarcocystis fusiformis* isolates based on 18S rRNA and cox 1 genes. *Microbial Pathogenesis*, 159, 105144. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105144>
34. Zangana, I., & Hussein, S. (2017). Prevalence of *Sarcocystis* species (*Sarcocystis ovis* and *Sarcocystis capricanis*) in tongue muscle of sheep and goats in Duhok province, Kurdistan region, North Iraq. *ARO-The Scientific Journal of Koya University*, 5 (1), 36–40. <https://doi.org/10.14500/aro.10150>
35. SWAR, S. O. (2020). Prevalence and microscopic studies of mixed sarcocystis infection in naturally infected sheep and goats in Soran city, Erbil- Iraq. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 51 (1), 669–684. <https://doi.org/10.36872/lepi/v51i1/301062>

ORCID

E. N. Abood 

<https://orcid.org/0009-0002-9813-0040>

H. H. H. Al-Zubaidi 

<https://orcid.org/0000-0002-4282-5882>



2025 Abood E. N. and Al-Zubaidi H. H. H. 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 analysis of the rehabilitation potential of cats and dogs in conditions of the animal shelter

V. Sydelov  | D. Kibkalo

Article info

Correspondence Author

V. Sydelov

E-mail:

koind02@gmail.comState University of
Biotechnology,
Alchevsky str., 44, Kharkiv,
61002, Ukraine

Citation: Sydelov, V., & Kibkalo, D. (2025). Comparative analysis of the rehabilitation potential of cats and dogs in conditions of the animal shelter. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 174–181. doi: 10.31210/spi2025.28.01.27

The purpose of this work was to evaluate and compare the rehabilitation potential of cats and dogs and to determine the criteria for their adaptation during a two-month staying in the animal shelter. 29 clinically healthy cats, aged from 4 months to 7 years and 26 dogs, aged from 1 to 8 years, were investigated. 11 biochemical parameters in serum and 12 hematological tests were identified. By the values of leukocytograms were calculated 8 leukocyte indices. According to the results of biochemical studies on the 1-st day of the experiment between groups of cats and dogs significant differences have been established in the level of three indicators: urea, creatinine, inorganic phosphorus (27.3 % of the total number of biochemical tests). On the 30th day there were three indicators: albumins, globulins and urea (27.3 %); On 60 days – only two: globulins and albumins (18.2 %). Within individual groups, concentration of three indicators: total protein, globulins and inorganic phosphorus (27.3 %) was significantly changed from 1 to 60 days. In dogs, accordingly, five indicator were changed: total protein, albumins, globulins, urea and creatinine (45.5 %). According to the results of hematological tests, the 1st day of the experiment between groups of cats and dogs established significant differences of six indicators: hemoglobin concentration, mean corpuscular volume, hematocrit, the number of lymphocytes, segmented neutrophils and band neutrophils (50.0 % of the total number hematological tests); On the 30th day there were three indicators: concentrations of hemoglobin, mean corpuscular volume and hematocrit (25 %); On the 60th day there were five indicators: the number of leukocytes, segmented neutrophils, hemoglobin concentrations, mean corpuscular volume and hematocrit (41.6 %). Significant changes in the level of indicators within individual groups are set in a group of cats, namely: concentrations of leukocytes and segmented neutrophils (16.6 %) and in a group of dogs – the number of leukocytes, segmented neutrophil and band neutrophils, erythrocytes, hemoglobin and hematocrit concentrations (50 %). According to the results of the values of leukocyte indices on the 1st day of the experiment between groups of cats and dogs, there were significant differences of the values of five indices (62.5 %), by 30 and 60 days their number decreased to one (12.5 %). Within individual groups, reliable changes in indices in the amount of three (37.5 %) in a group of cats and four (50 %) in dogs were recorded within 60 days. Thus, as the term of adaptation of cats and dogs to the new environmental conditions, the differences of the number and level of biochemical and hematological indicators, as well as leukocyte indices between groups, decreased. The results indicate the greater rehabilitation potential of dogs compared to cats and more vulnerability of cats to stress due to changes in the conditions of detention. On the 60 days of the experiment, the level of laboratory parameters in both groups of animals is within the relevant reference standards. Thus, for complete rehabilitation of dogs and cats, 60 daily keeping in an animal shelter is sufficient.

Keywords: veterinary shelter medicine, adaptation, hematological indicators, biochemical indicators.

Порівняльний аналіз реабілітаційного потенціалу котів і собак в умовах притулку для тварин

В. В. Сидельов | Д. В. Кібкало

Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

Метою даної роботи були оцінка і порівняння реабілітаційного потенціалу котів і собак та визначення критеріїв їх адаптації під час двомісячного перебування у притулку для тварин. Було досліджено 29 клінічно здорових котів, віком від 4-х місяців до 7 років і 26 собак, віком від 1-го до 8-и років. Було визначено 11 біохімічних показників у сироватці крові та 12 гематологічних тестів; за значеннями лейкоцитограм були розраховані 8 лейкоцитарних індексів. За результатами біохімічних досліджень на 1-у добу досліді між групами котів і собак встановлені достовірні відмінності рівня 3-х показників: сечовини, креатиніну, неорганічного Фосфору (27,3 % від загальної кількості біохімічних тестів); на 30-у добу – 3-х показників: альбумінів, глобулінів та сечовини (27,3 %); на 60 добу – лише 2-х: глобулінів та альбумінів (18,2 %). У межах окремих груп у котів з 1-ої по 60 добу достовірно змінювалась концентрація 3-ох показників: загального білка, глобулінів і неорганічного Фосфору (27,3 %). У собак, відповідно, 5-и показників: загального білка, альбумінів, глобулінів, сечовини і креатиніну (45,5 %). За результатами гематологічних тестів на 1-у добу досліді між групами котів і собак встановлені достовірні відмінності рівня 6-и показників: концентрації гемоглобіну, середнього об'єму еритроциту, гематокриту, кількості лімфоцитів, сегментоядерних і паличкоядерних нейтрофілів (50,0 % від загальної кількості гематологічних тестів); на 30-у добу у 3-ох показників: концентрації гемоглобіну, середнього об'єму еритроциту та гематокриту (25 %); на 60-у добу – 5-и: кількості лейкоцитів, сегментоядерних нейтрофілів, концентрації гемоглобіну, середнього об'єму еритроциту та гематокриту (41,6 %). Достовірні зміни рівня показників у межах окремих груп встановлені у групі котів, а саме: концентрації лейкоцитів і сегментоядерних нейтрофілів (16,6 %) та у групі собак – кількості лейкоцитів, сегментоядерних та паличкоядерних нейтрофілів, еритроцитів, концентрації гемоглобіну і гематокриту (50 %). За результатами значень лейкоцитарних індексів на 1-у добу досліді між групами котів і собак встановлені достовірні відмінності величин 5-и індексів (62,5 %), на 30 і 60 доби їх кількість знизилась до одного (12,5 %). У межах окремих груп протягом 60-и діб фіксувалися достовірні зміни індексів у кількості 3-ох (37,5 %) у групі котів і 4-ох (50 %) – у собак. Отримані результати свідчать про більший реабілітаційний потенціал собак порівняно з котами і про більшу вразливість котів до стресу внаслідок зміни умов утримання. На 60 добу експерименту рівень лабораторних показників в обох групах тварин знаходиться в межах відповідних референтних норм. Таким чином, для повної реабілітації собак і котів достатньо 60-и добового утримання у притулку для тварин.

Ключові слова: ветеринарна медицина притулків, адаптація, гематологічні показники, біохімічні тести.

Бібліографічний опис для цитування: Сидельов В. В., Кібкало Д. В. Порівняльний аналіз реабілітаційного потенціалу котів і собак в умовах притулку для тварин. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 174–181.

Вступ

Коти (*Felis silvestris catus*) і собаки (*Canis lupus familiaris*) – одні з найбільш розповсюджених тварин-компаньйонів. Вони зустрічаються на всіх континентах, а їх знаходження залежить від популярності цих видів у кожній конкретній країні [5]. Це обумовлює значимий взаємозв'язок між їхнім добробутом та благополуччям людини. Враховуючи те, що мільйони собак і котів по всьому світу знаходяться у притулках, кількість наукових робіт, спрямованих на покращення добробуту цих тварин, значно зросла за останні десятиріччя [1]. Вплив стресових факторів різного генезу на котів і собак є найчастіше досліджуваним аспектом їхнього добробуту в більшості публікацій останніх років [2, 13]. Саме через мінімізацію впливів цих факторів лежить шлях до покращення умов перебування тварин у притулках і для цього запропоновані різні критерії оцінки їх адаптації [10, 11, 22]. Провідними критеріями оцінки в роботах деяких авторів, що досліджують цю тему, є рівень кортизолу в різних локусах організму, імунологічні показники, рівні лейкоцитів і лейкоцитарні індекси [15, 19]. Останні з цього переліку показників є розповсюдженими та значимими додатковими критеріями як для оцінки стресу за різних умов, так і для характеристики різних захворювань, що можуть зустрічатися у притулках. Зокрема, за травм [7], за вірусної панлейкопнії котів [23] чи парвовірусного ентериту собак [20], септичних станів [9, 12, 16, 17], неоплазій [3, 4], тощо.

На даний момент часу цих критеріїв все ще недостатньо для забезпечення повної належної оцінки адаптації тварини до нових умов існування, встановлення реакції на такі зміни представників двох різних видів. Тому автори даного дослідження розширили спектр таких критеріїв за рахунок більшої кількості лейкоцитарних індексів та деяких інших, економічно доцільних показників крові.

Мета дослідження

Мета роботи. Оцінка і порівняння реабілітаційного потенціалу собак та котів, обґрунтування критеріїв їх адаптації під час двомісячного перебування у притулку для тварин.

Матеріали і методи

З числа безпритульних котів і собак, що надходять до притулку, на базі кафедри внутрішніх хвороб і клінічної діагностики тварин ДБТУ відібрано і обстежено 26 клінічно здорових собак, віком від 1-го до 8-и років, та 29 котів, віком від 4-х місяців до 7 років. Після оцінки зовнішнього стану тварин та їх поведінки були відібрані особини зі спокійними реакціями на зовнішні подразники. Проведено вимірювання 11 біохімічних показників у сироватці крові, 12 гематологічних тестів та розрахунок 8 лейкоцитарних індексів. Були проведені три обстеження в часі: у першу добу після надходження у притулок, через 30 і 60 діб перебування у ньому.

Виконання дослідів відбувалося згідно з законом України «Про захист тварин від жорстокого

поводження» (2008), положення 3R відповідно до загальних принципів експериментів на тваринах, що ухвалені на I Національному конгресі з біоетики (Київ, 2001) і узгоджені із положеннями Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та інших цілей (Страсбург, 1985).

Кров відбиралася натщесерце в об'ємі до 3 мл із вени передпліччя і збиралася до пробірки об'ємом 1 мл. з кришкою фіолетового кольору, що містить K_2EDTA , та пробірки об'ємом 3,5 мл з жовтою кришкою, що містить розділюючий гель і активатор згортання. Через 30–60 хв. після відбору крові в жовту пробірку її центрифугували за 3200 об/хв. протягом 10 хв. для отримання сироватки крові. У зразках крові визначали показники еритроцито- та лейкоцитопоезу. Для фіксації і фарбування мазків крові, що були приготовані стандартним методом, використовували готовий набір фарб «Лейкодіф 200 (LDF 200)». За допомогою гематологічного аналізатора «LabAnalyt–2900 Vet Plus» проводили підрахунок клітин. У зафарбованих мазках крові проводили підрахунок співвідношення різних видів лейкоцитів стандартним методом за допомогою мікроскопа «Bioblue.Lab BB.1152» ($\times 1000$), попередньо нанісши на скло краплю імерсійної олії.

У сироватці крові за допомогою напівавтоматичного біохімічного аналізатора «LabAnalyt SA» визначали концентрації загального білка, альбумінів, сечовини, креатиніну, загального білірубину, загального Кальцію, неорганічного Фосфору і активність аспартатамінотрансферази (АсАТ), аланінамінотрансферази (АлАТ) та лужної фосфатази, за методиками, наведеними в навчальному посібнику «Методи лабораторної клінічної діагностики хвороб тварин» за редакцією академіка В. І. Левченка [14]. Глобуліни розраховували за формулою: глобуліни = загальний білок – альбуміни.

Розрахування лейкоцитарних індексів проводилися з відсоткових значень фракцій лейкоцитів за формулами:

$$\text{Індекс імунореактивності} = \frac{(\text{лімфоцити} + \text{еозинофіли})}{\text{моноцити}}$$

$$\text{Індекс лейкоцитів крові} = \frac{(\text{еозинофіли} + \text{базофіли} + \text{п.нейтрофіли} + \text{с.нейтрофіли})}{(\text{моноцити} + \text{лімфоцити})},$$

де: п. нейтрофіли – це паличкоядерні нейтрофіли, %;
с. нейтрофіли – це сегментоядерні нейтрофіли, %.

$$\text{Індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів} = \frac{(\text{п.нейтрофіли} + \text{с.нейтрофіли})}{\text{лімфоцити}}$$

$$\text{Індекс адаптації за Гаркаві} = \frac{\text{лімфоцити}}{\text{с.нейтрофіли}}$$

$$\text{Індекс співвідношення нейтрофілів та моноцитів} = \frac{(\text{п.нейтрофіли} + \text{с.нейтрофіли})}{\text{моноцити}}$$

$$\text{Індекс алергізації} = \frac{(\text{лімфоцити} + 10 \cdot (\text{еозинофіли} + 1))}{(\text{п.нейтрофіли} + \text{с.нейтрофіли} + \text{моноцити} + \text{базофіли})}$$

$$\text{Ядерний індекс зсуву} = \frac{\text{п.нейтрофіли}}{\text{с.нейтрофіли}}$$

$$\text{Ядерний індекс інтоксикації} = \frac{(\text{моноцити} + \text{п.нейтрофіли})}{\text{с.нейтрофіли}}$$

Під час обробки цифрового матеріалу був застосований критерій Манна-Уїтні для визначення статистичної значимості між непов'язаними групами. Пов'язані групи оцінювали за критерієм Фрідмана. Достовірним вважалися значення $P \leq 0,05$.

Статистичні розрахунки критеріїв, медіан та лейкоцитарних індексів проводилися за допомогою Microsoft Excel 2021 і Minitab Statistical Software, 21.4.2 (2023).

Таблиця 1

Динаміка медіан біохімічних показників сироватки крові собак і котів та їх статистична значимість між групами

Показник	Доба дослід	Медіана		Порівняння між групами *P
		Коти, n=29	Собаки, n=26	
Загальний білок, г/л	1	73,5	70,5	0,220
	30	69,8	67,9	0,223
	60	70,1	67,5	0,151
Альбуміни, г/л	1	27,6	28,2	0,632
	30	28,5	31,1	0,002
	60	28,9	31	0,011
Глобуліни, г/л	1	45,6	42,9	0,279
	30	42,7	36,4	0,002
	60	41,7	35,5	0,012
Сечовина, ммоль/л	1	7,5	4,9	<0,001
	30	7,7	6,2	0,001
	60	7,1	5,9	0,093
Креатинін, мкмоль/л	1	87,8	64,6	0,009
	30	80,4	81,2	0,518
	60	86,5	91,3	0,161
Загальний Кальцій, ммоль/л	1	2,29	2,26	0,507
	30	2,30	2,39	0,718
	60	2,37	2,34	0,507
Неорганічний Фосфор, ммоль/л	1	1,73	1,23	0,014
	30	1,44	1,31	0,133
	60	1,33	1,30	0,166
Лужна фосфатаза, Од/л	1	87,7	75,4	0,821
	30	93,2	68,9	0,591
	60	65,8	63,5	1
Загальний білірубін, мкмоль/л	1	3,2	5,0	0,827
	30	3,4	4,2	0,867
	60	2,8	4,0	0,415
АлАТ, Од/л	1	65	56	0,562
	30	67	54	0,062
	60	49	37	0,107
АсАТ, Од/л	1	35	45	0,202
	30	32	31	0,913
	60	30	29	0,420

Примітки: * – P за критерієм Манна-Уїтні; показники, значення яких виділенні жирним шрифтом, достовірно відрізняються ($P \leq 0,05$).

Виявилися достовірно різними між групами котів і собак на 1-у добу дослід 3 показники, а саме – вміст сечовини, креатиніну, неорганічного Фосфору (27,3 %); на 30-у добу – 3, концентрація альбумінів, глобулінів та сечовини (27,3 %); на 60 добу – лише 2, концентрація глобулінів та альбумінів (18,2 %).

Аналіз даних щодо достовірних відмінностей біохімічних показників в межах окремих груп показав, що достовірні зміни у групах котів були встановлені для 3-ох показників: загального білка, глобулінів і неорганічного Фосфору (27,3 %). У собак – для 5-и показників, а саме загального білка, альбумінів, глобулінів, сечовини і креатиніну (45,5 %) (*табл. 2*).

Аналізуючи дані визначення біохімічних показників, можна відокремити, що для більшості з них спостерігалися односпрямовані тенденції до змін, тому була встановлена така мала кількість відмінностей рівня показників між групами тварин двох видів.

Результати та їх обговорення

За результатами проведених досліджень було встановлено наступне. З 11 біохімічних показників лише 5 (45,5 %), а саме рівні альбумінів, глобулінів, сечовини, креатиніну, неорганічного Фосфору за рівнем були достовірно відмінними між групами, хоча б на одному з термінів дослідження (*табл. 1*).

Таблиця 2

Статистична достовірність змін біохімічних показників крові тварин у межах окремих груп

Показник	Коти, n=29	Собаки, n=26
Загальний білок, г/л	<0,001	0,011
Альбумін, г/л	0,066	0,026
Глобуліни, г/л	<0,001	0,011
Сечовина, ммоль/л	0,422	0,006
Креатинін, мкмоль/л	0,902	<0,001
Загальний Кальцій, ммоль/л	0,902	0,158
Неорганічний Фосфор, ммоль/л	0,003	0,607
Лужна фосфатаза, Од/л	0,258	0,076
Загальний білірубін, мкмоль/л	0,533	0,661
АлАТ, Од/л	0,099	0,135
АсАТ, Од/л	0,102	0,001

Примітки: * – P за критерієм Фрідмана; показники, значення яких виділенні жирним шрифтом, достовірно відрізняються ($P \leq 0,05$).

Достовірні відмінності медіан сечовини і креатиніну в собак і котів на початку досліду (1-а доба), скоріш за все, були зумовлені тим, що вони до надходження у притулок перебували в різних умовах існування.

На момент надходження у притулок медіана концентрації сечовини в котів (7,5 ммоль/л) була достовірно вищою, ніж у собак (4,9 ммоль/л), отже більшою в 1,53 рази. Обидві медіани сечовини знаходились у межах відповідних референтних норм для тварин обох видів: коти 4–12 ммоль/л, собаки 2,9–10,4 ммоль/л. Отже, верхня межа концентрації сечовини в нормі була дещо вищою в котів, ніж в собак. Можливо, це пов'язано з тим, що коти є в більшій мірі м'ясоїдними тваринами на відміну від собак. Відповідно і медіани норми сечовини були відповідно вищі в котів – 8,0 ммоль/л і в собак – 6,65 ммоль/л. Відношення між цими показниками становило 1,2 рази. Таким чином, більш високий рівень сечовини в сироватки крові в цілому більш притаманний котам у порівнянні із собаками. Ця ж залежність зберігається і під час надходження у притулок. Так, різниця медіан сечовини зростає – з 1,2 рази в нормі до 1,53 рази на 1-у добу перебування у притулку. Отже, за цим показником надходження у притулок було більш значним стресовим фактором для котів, ніж для собак.

Аналогічні розрахунки щодо креатиніну вказують на те, що верхня межа його концентрації в нормі незначно, але все ж вища в котів у порівнянні із собаками: 50 – 130 мкмоль/л в котів і 35 – 120 мкмоль/л в собак. Відповідно медіани норм креатиніну у тварин становлять в котів 90 мкмоль/л і в собак – 85 мкмоль/л. Відношення між цими показниками є більшим в котів в 1,06 рази, тобто є незначним. Якщо розрахувати в перший день надходження у притулок таке ж відношення між значеннями медіан креатиніну в котів і собак, то воно складає 1,38 рази. Порівняння цього показника (1,38 рази) з аналогічним в нормі (1,06 рази) свідчить, що надходження у притулок є стресовим фактором для котів у більшому ступені, ніж для собак, особливо щодо нирок, адже обидва критерії – сечовина і креатинін є показниками функціонування останніх.

Проте ці дані свідчать про відсутність видимого негативного впливу зміни факторів зовнішнього середовища на тварин, зокрема на швидкість клубочкової фільтрації в нирках, бо ці, хоча й достовірні відмінності показників відбувались у межах норм. Але все рівно простежується тенденція щодо негативного впливу такого стресового фактору, як раптове потрапляння в інше середовище, саме на нирки. Адже всі інші сироваткові біохімічні показники за значеннями медіан вірогідно не відрізнялись між групами тварин цих двох видів.

Достовірно більший показник неорганічного Фосфору в сироватці крові котів на початку

дослідження, скоріш за все, був пов'язаний з тим, що у групі була присутня частина котів молодого віку і під час їх дорослішання протягом експерименту відбувалося фізіологічне зниження концентрації цього показника. Також варто враховувати, що концентрація неорганічного Фосфору в сироватці крові котів у нормі вища, ніж у собак: 0,9 – 2,3 ммоль/л у котів і 0,9 – 1,7 ммоль/л у собак. Відповідно медіани норм неорганічного Фосфору у тварин становлять в котів 1,6 ммоль/л і в собак – 1,3 ммоль/л. Відношення між цими значеннями медіан становить 1,23 рази. На перший день досліду медіани неорганічного Фосфору становили в котів 1,73 ммоль/л і в собак 1,23 ммоль/л, з співвідношенням між цими значеннями у 1,41 рази. Порівняння цього значення (1,41 рази) з аналогічним в нормі (1,23 рази) свідчить, що фактор віку тварин (частина котів молодого віку) і саме надходження тварини у притулок впливає на обмін Фосфору в котів сильніше, ніж у собак.

Отже, ці дані свідчать, сам момент зміни зовнішнього середовища є стресовим фактором у більшому ступені для котів, ніж для собак, що може негативно вплинути на стан нирок і на обмін Фосфору, незважаючи на те, що ці відмінності рівня показників відбуваються в межах відповідних норм.

Тісно пов'язаний з цим білковий обмін характеризувався достовірним зменшенням рівнів загального білка і глобулінів в обох групах, збільшенням концентрацій альбумінів у собак та тенденцією до збільшення їх у котів. Враховуючи аналітичний склад кормів у притулку за сирим протеїном, що споживали групи собак (22–32 %) і котів (30–34 %), відмінності, що з'явилися між групами, починаючи з 30-ої доби, скоріш за все, були пов'язані з видовими особливостями тварин, які проявлялись у процесі адаптації до нових умов існування і, зокрема, годівлі. Про це свідчать більші значення медіан концентрацій альбумінів та менші – глобулінів у собак порівняно з котами.

Дані одноманітні тенденції свідчать про дещо схожі, хоч і більш виражені в собак, рівні адаптації двох різних видів тварин за біохімічними критеріями.

У подальші терміни (60 день досліду) аналогічні відмінності стосуються таких показників, як альбуміни і глобуліни, зокрема медіани останніх були нижче у групах собак у порівнянні з групами котів.

Аналіз результатів досліджень, показав, що з 12-и гематологічних показників 7 (58,3 %) відрізнялися між групами собак і котів хоча б на одному з наведених проміжків часу (*табл. 3*).

На 1-у добу медіани 6-и показників відрізнялися між групами собак і котів (50 %), на 30-у добу – у 3-ох з них (25 %), а на 60-у добу – 5-и (41,6 %).

Достовірні зміни медіан концентрацій показників у межах окремих груп відмічалися у 2-х випадках у групі котів (16,6 %) та у 6-и – у групі собак (50 %). (*табл. 4*).

Таблиця 3

Динаміка медіан гематологічних показників та їх статистична значимість між групами собак і котів

Показник	Доба дослід	Медіана		Порівняння між групами *P
		Коти, n=29	Собаки, n=26	
Лейкоцити, $10^9/\text{л}$	1	12,1	15,9	0,078
	30	9,4	11,9	0,202
	60	8,2	12,0	0,019
Лімфоцити, $10^9/\text{л}$	1	3,68	2,64	0,011
	30	2,80	2,79	0,551
	60	2,56	3,07	0,250
Еозинофіли, $10^9/\text{л}$	1	0,24	0,13	0,302
	30	0,18	0,15	0,603
	60	0,13	0,15	0,579
Базофіли, $10^9/\text{л}$	1	0	0	0,717
	30	0	0	0,834
	60	0	0	0,834
Моноцити, $10^9/\text{л}$	1	0,36	0,63	0,12
	30	0,31	0,45	0,088
	60	0,30	0,37	0,187
Сегментоядерні нейтрофіли, $10^9/\text{л}$	1	7,80	11,49	0,045
	30	6,26	7,19	0,326
	60	5,17	8,22	0,010
Паличкоядерні нейтрофіли, $10^9/\text{л}$	1	0,12	0,43	0,001
	30	0,15	0,16	0,445
	60	0,11	0,14	0,118
Еритроцити, $10^{12}/\text{л}$	1	6,25	6,16	0,987
	30	6,81	6,71	0,638
	60	7,24	7,10	0,867
Гемоглобін, г/л	1	119,0	135,0	0,001
	30	124,0	155,5	<0,001
	60	133,0	169,5	<0,001
Гематокрит, %	1	33,1	42,1	0,033
	30	34,8	44,5	<0,001
	60	38,1	48,4	<0,001
Середній об'єм еритроцита, фл	1	49,8	67,0	<0,001
	30	47,2	65,8	<0,001
	60	46,1	67,8	<0,001
Тромбоцити, $10^9/\text{л}$	1	309	295	0,906
	30	314	279	0,161
	60	301	306	0,693

Примітки: * – P за критерієм Манна-Уїтні; показники, значення яких виділені жирним шрифтом, достовірно відрізняються ($P \leq 0,05$).

Таблиця 4

Статистична достовірність змін гематологічних показників крові тварин у межах окремих груп

Показник	Коти, n=29	Собаки, n=26
Лейкоцити, $10^9/\text{л}$	0,001	0,001
Лімфоцити, $10^9/\text{л}$	0,456	0,131
Еозинофіли, $10^9/\text{л}$	0,154	0,833
Базофіли, $10^9/\text{л}$	0,902	0,972
Моноцити, $10^9/\text{л}$	0,497	0,122
Сегментоядерні нейтрофіли, $10^9/\text{л}$	0,001	0,001
Паличкоядерні нейтрофіли, $10^9/\text{л}$	0,612	<0,001
Еритроцити, $10^{12}/\text{л}$	0,119	0,044
Гемоглобін, г/л	0,052	0,006
Гематокрит, %	0,282	0,041
Середній об'єм еритроцита, фл	0,655	0,145
Тромбоцити, $10^9/\text{л}$	0,849	0,223

Примітки: * – P за критерієм Фрідмана; показники, значення яких виділені жирним шрифтом, достовірно відрізняються ($P \leq 0,05$).

Відомо, що у клінічно здорових котів і собак межі кількості лейкоцитів і сегментоядерних нейтрофілів значно не відрізняються. Лейкоцити і сегментоядерні нейтрофіли в котів 5,5–19,5 і 3,0–10,7 $10^9/\text{л}$, в собак 5,0–17,0 і 3,0–10,7 $10^9/\text{л}$. Відповідно медіани цих показників у котів становлять для лейкоцитів 12,5 $10^9/\text{л}$, а для сегментоядерних нейтрофілів – 6,85 $10^9/\text{л}$. У собак аналогічні підрахунки дають такі

результати – лейкоцити 11,0 $10^9/\text{л}$, сегментоядерні нейтрофіли – також 6,85 $10^9/\text{л}$, отже в нормі медіани цих тестів близькі за рівнем.

Згідно даних **таблиці 3** в першу добу дослід медіани кількості лейкоцитів у котів не відрізняються від таких у нормі, поступово знижуючись до 60-ї доби. У собак у 1-у добу дослід медіана кількості лейкоцитів 15,9 $10^9/\text{л}$ вища за таку в нормі – 11,0 $10^9/\text{л}$. Медіана кількості сегментоядерних нейтрофілів на 1-у добу перебування у притулку становить 11,49 $10^9/\text{л}$, у той час як у нормі – 6,85 $10^9/\text{л}$. По мірі подовження терміну спостережень медіани обох показників у собак поступово зменшуються, але і на 60 добу дослід залишаються вище норми і вище, ніж у котів. Норма паличкоядерних нейтрофілів в котів і собак однакова: 0,00–0,30 $10^9/\text{л}$; відповідно медіана їх кількості в нормі – 0,15 $10^9/\text{л}$. На момент надходження тварин у притулок медіани паличкоядерних нейтрофілів мають наступні значення: в котів – 0,12 $10^9/\text{л}$, в собак – 0,43 $10^9/\text{л}$, і ця різниця достовірна. Таким чином, в організмі собак, на відміну від котів, на момент надходження у притулок мав місце гострий запальний процес, локалізація якого в той момент була не встановлена. На 60 добу дослід як в котів, так і в собак кількість паличкоядерних нейтрофілів знаходиться в межах референтної норми.

Показники медіан еозинофілів, базофілів і моноцитів у котів і собак, як між незв'язаними групами тварин протягом усього досліджу, так і в межах окремих зв'язаних груп, достовірно не відрізняються ($P \geq 0,05$).

Кількість лімфоцитів у нормі в котів і в собак однакова: $0,8-7,0 \cdot 10^9/\text{л}$, а медіана, відповідно, становить $3,9 \cdot 10^9/\text{л}$. На 1-у добу надходження тварин у притулок медіана кількості лімфоцитів у котів була достовірно вища за собак в 1,39 рази, проте в межах однакових значень норми. У подальшому можна розглядати динаміку медіан лімфоцитів у тварин тільки як тенденцію. Отже, спостерігалися протилежні тенденції до змін рівня лімфоцитів – зростання його протягом досліджу в собак в 1,16 рази і зниження в котів в 1,44 рази. Оскільки подібні зміни в собак відстежувалися в наукових публікаціях інших дослідників [8], це, скоріш за все, було пов'язано з видовими особливостями тварин, як і кількісні достовірні відмінності в котів та собак концентрацій у крові лейкоцитів та сегментоядерних нейтрофілів на 60-у добу. Враховуючи достовірне зниження концентрацій у крові лейкоцитів та сегментоядерних нейтрофілів в обох групах тварин, паличкоядерних нейтрофілів у собак та тенденцію до зниження їх в котів, можна констатувати наявність односпрямованих змін лейкоцитопоезу у тварин обох видів.

Разом з цим, спільний напрям змін показників еритроцитопоезу, не дивлячись на видові відмінності таких показників, як об'єм еритроцитів, гематокрит та концентрація гемоглобіну, характеризує позитивні зміни процесу реабілітації обох видів. Кількість еритроцитів у крові котів і собак у момент надходження у притулок була в межах норми, про що свідчить величини їх медіан: у котів 7,3, у собак – $7,0 \cdot 10^{12}/\text{л}$. У собак кількість еритроцитів, вміст гемоглобіну, показник гематокриту і середній об'єм еритроцита були достовірно вищими, ніж у котів в усі терміни досліджу. А на 60 добу рівень всіх цих показників (крім останнього) зріс на 15,3, 25,5 і 15,0 % відповідно, що було доведено статистичним методом обробки даних. У котів спостерігалась тенденція до аналогічних змін. Отже, аналіз динаміки гематологічних показників, подібно до біохімічних критеріїв, свідчить про більшу ступінь адаптації собак до перебування у притулку, про їх більший реабілітаційний потенціал, а також про більшу вразливість котів до дії стресових факторів.

Ці висновки підтвердив аналіз відмінностей медіан лейкоцитарних індексів між групами котів і собак протягом 60 діб спостережень. Достовірні відмінності між цими медіанами протягом дослідження відмічалися у 6-и з 8-ми індексів (75 %), що свідчить про їх високу інформативність (табл. 5).

Таблиця 5

Динаміка медіан лейкоцитарних індексів та їх статистична значимість між групами

Показник	Доба досліджу	Медіана		Порівняння між групами *P
		Коти, n=29	Собаки, n=26	
Індекс імунореактивності	1	7,00	4,81	0,082
	30	6,93	4,70	0,455
	60	8,88	5,99	0,681
Індекс зсуву лейкоцитів крові	1	2,33	3,55	0,022
	30	2,45	2,23	0,675
	60	1,94	2,28	0,114
Індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів	1	2,52	4,68	0,003
	30	2,39	2,52	0,656
	60	2,17	2,53	0,058
Індекс адаптації за Гаркаві	1	0,41	0,22	0,004
	30	0,43	0,41	0,681
	60	0,47	0,41	0,074
Індекс співвідношення нейтрофілів та моноцитів	1	13,67	14,43	0,743
	30	14,80	12,00	0,465
	60	17,09	13,39	0,662
Індекс алергізації	1	1,63	0,75	0,003
	30	1,21	1,20	0,275
	60	1,70	1,46	0,318
Ядерний індекс зсуву	1	0,02	0,04	0,015
	30	0,02	0,03	0,814
	60	0,02	0,02	0,827
Ядерний індекс інтоксикації	1	0,13	0,11	0,078
	30	0,15	0,10	0,028
	60	0,18	0,08	0,007

Примітки: * – P за критерієм Манна-Уїтні; показники, значення яких виділені жирним шрифтом, достовірно відрізняються ($P \leq 0,05$).

Звертає увагу, що саме на 1-у добу перебування у притулку між групами собак і котів виявились вірогідні відмінності медіан 5-и індексів (62,5 %), тобто більшої їх частини. На 30 і 60 доби їх кількість знизилась до 1-го (12,5 %), і цим індексом виявився ядерний індекс інтоксикації, який є відношенням більш молодих нейтрофілів та моноцитів до зрілих

сегментоядерних клітин. У собак цей індекс на 30 і 60 добу був достовірно нижче, ніж в котів, в 1,50 та 2,25 рази, що свідчить про зниження інтенсивності або припинення запальної реакції, яка мала місце в організмі тварини під час надходження у притулок. Перша доба досліджу, навпаки, характеризувалась відмінностями медіан більшості індексів між групами

котів і собак, умови життєдіяльності яких до цього відрізнялись і раптово змінилися під час надходження у притулок. Відсутність достовірних відмінностей цих індексів в подальшому свідчить про поступову адаптацію тварин до нових умов існування, яка відбувалась за цими критеріями без істотних видових особливостей.

Аналіз динаміки лейкоцитарних індексів в межах кожної групи (котів і собак окремо) показав, що в обох групах протягом 60-и діб фіксувалися достовірні зміни індексів у кількості 3-ох (37,5 %) показників у групі котів і 4-ох (50 %) – у собак (**табл. 6**).

Таблиця 6

Статистична достовірність змін лейкоцитарних індексів тварин протягом дослідження у межах окремих груп

Показник	*Коти, n=29	*Собаки, n=26
Індекс імунореактивності	0,343	0,193
Індекс зсуву лейкоцитів крові	0,016	0,004
Індекс співвідношення нейтрофілів та лімфоцитів	0,018	0,013
Індекс адаптації за Гаркаві	0,022	0,020
Індекс співвідношення нейтрофілів та моноцитів	0,639	0,351
Індекс алергізації	0,272	0,145
Ядерний індекс зсуву	0,690	0,030
Ядерний індекс інтоксикації	0,941	0,124

Примітки: * – Р за критерієм Фрідмана; показники, значення яких виділені жирним шрифтом, достовірно відрізняються ($P \leq 0,05$).

Більшість лейкоцитарних індексів односпрямовано змінювались в обох групах. Медіана індексу імунореактивності в котів і собак мала тенденцію до збільшення протягом дослідів у зв'язку зі зменшенням концентрації моноцитів. Індекс зсуву лейкоцитів крові характеризувався протилежними за напрямом достовірними відмінностями медіан в котів і собак за рахунок більшої кількості нейтрофілів у крові останніх на 1-у добу експерименту. Рівень медіани індексу Гаркаві поступово зростає протягом дослідів, а індексу співвідношення нейтрофілів і моноцитів – зменшувався, що сформувало різні вектори цих індексів у часі. Причиною такої динаміки є те, що /значення цих індексів залежать від достовірного зменшення кількості сегментоядерних нейтрофілів в обох групах. Також на відмінності змін медіан цих індексів впливає те, що в котів на 1-у добу дослідів достовірно більшою була концентрація лімфоцитів, а в собак – нейтрофілів. Ядерний індекс зсуву і індекс інтоксикації показують відношення молодих нейтрофілів та моноцитів до сегментоядерних нейтрофілів. Достовірне зниження медіан першого індексу у групі собак пов'язане зі зниження концентрації паличкоядерних і сегментоядерних нейтрофілів. У групі котів спостерігається схожа, але менше виражена тенденція. Підвищений рівень медіани індексу алергізації у групі котів на 1-у добу зумовлюється більшою концентрацією еозинофілів і лімфоцитів, ніж у собак. На 30 добу простежується тенденція до змін цього показника за рахунок зниження кількості еозинофілів та лімфоцитів у

порівнянні з іншими лейкоцитами, що може привести до зменшення можливих алергічних реакцій у котів. Але на 60 добу рівень медіани індексу алергізації в котів знову досягає початкового рівня. У собак, навпаки, медіана цього індексу найменша за рівнем у 1-у добу спостережень, а потім поступово зростає до 60 доби. Отже можливість розвитку алергічних реакцій у тварин зберігається. Але це лише тенденція, попередження проти всіх можливих ускладнень. Адже на момент початку дослідження лейкограми котів і собак практично не відрізнялись від норми за деякими незначними відхиленнями, на що вказано вище.

Підсумовуючи цей експеримент, метою якого було порівняння реабілітаційного потенціалу 2-х груп котів і собак за допомогою вибраних нами критеріїв, констатуємо, що в цілому отримані нами результати в деяких моментах збігаються з висновками інших науковців [18, 21]. Але, оскільки порівнянь критеріїв адаптації котів і собак до умов притулків ще не проводилось, це привносить значимий вклад в розуміння реабілітаційного потенціалу різних видів тварин-компаньйонів у нових антропогенних умовах утримання тварин. Також підтвердилось те, що лейкоцитарні індекси є економічно доцільними додатковими критеріями адаптації тварин до нових умов притулку і деякі аспекти цього підтверджені іншими роботами [6]. Лейкоцитарні індекси допомагають підвищити точність і інформативність методів оцінки реабілітаційного потенціалу тварин до перебування у притулку. Вони дають змогу використовувати та підтвердити тенденції змін діагностичних критеріїв, що не досягли статистичної значимості під час розрахунків гематологічних показників, роблячи їх більш об'єктивними. Загалом вони підтверджують попередні наші висновки щодо існування можливих прихованих запальних і алергічних реакцій в обох групах тварин, більш значний реабілітаційний потенціал у собак і більшу вразливість котів до стресового впливу внаслідок надходження у притулок.

Висновки

Сформульована в роботі мета виконана в повному обсязі. Проведено порівняння реабілітаційного потенціалу безпритульних собак і котів, які потрапили у притулок для тварин і перебували у ньому протягом 60 діб. В якості критеріїв оцінки стану здоров'я тварин на базі попередніх досліджень був вибраний комплекс діагностичних критеріїв, розширений за рахунок таких економічно доцільних і простих у виконанні показників, як гематологічні і біохімічні тести, а також розрахункові лейкоцитарні індекси. Під час дослідження були виявлені спільні тенденції до змін в обох групах тварин, але умови притулку за деякими показниками по різному впливають на організм котів і собак. Ці результати приведені в таблицях відмінностей між групами тварин, де з 12-и гематологічних, 11 біохімічних показників та 8 лейкоцитарних індексів достовірно відрізнялися 5 (45,5 %), 7 (58,3 %) і 6 (75 %) тестів відповідно. Також достовірні зміни в середині групи

котів відмічалися для 3-ох (27,3 %) біохімічних, 2-х (16,6 %) гематологічних показників і 3-ох (37,5 %) лейкоцитарних індексів, а для собак у 5-и (45,5 %), 6-и (50 %) та 4-ох (50 %) відповідно. Це віддзеркалює видові особливості процесу адаптації котів і собак до нових умов існування у притулку, про більший реабілітаційний потенціал собак порівняно з котами, більшу вразливість котів до стресового впливу внаслідок надходження у притулок. На 60 добу експерименту рівень лабораторних показників в обох групах тварин знаходиться в межах відповідних референтних норм. Таким чином, для повної реабілітації собак і котів достатньо 60-и добового утримання у притулку для тварин, що підтверджують отримані нами результати.

Конфлікт інтересів

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

References

- Bryce, C. M. (2021). Dogs as Pets and pests: Global patterns of canine abundance, activity, and health. *Integrative and Comparative Biology*, 61(1), 154–165. <https://doi.org/10.1093/icb/ibab046>
- Buffington, C. A. T., & Bain, M. (2020). Stress and feline health. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 50 (4), 653–662. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.03.001>
- Camerino, M., Giacobino, D., Iussich, S., Ala, U., Riccardo, F., Cavallo, F., Martano, M., Morello, E., & Buracco, P. (2021). Evaluation of prognostic impact of pre-treatment neutrophil to lymphocyte and lymphocyte to monocyte ratios in dogs with oral malignant melanoma treated with surgery and adjuvant CSF4-antigen electrovaccination: an explorative study. *Veterinary and Comparative Oncology*, 19 (2), 353–361. <https://doi.org/10.1111/vco.12679>
- Chiti, L. E., Ferrari, R., Boracchi, P., Morello, E., Marconato, L., Roccabianca, P., Avallone, G., Iussich, S., Giordano, A., Ferraris, E. I., Agnoli, C., Dondi, F., Giacobino, D., Godizzi, F., & Stefanello, D. (2021). Prognostic impact of clinical, haematological, and histopathological variables in 102 canine cutaneous perivascular wall tumours. *Veterinary and Comparative Oncology*, 19 (2), 275–283. <https://doi.org/10.1111/vco.12673>
- Dalais, R. J., Calver, M. C., & Farnworth, M. J. (2023). Piloting an international comparison of readily accessible online english language advice surrounding responsible cat ownership. *Animals*, 13 (15), 2434. <https://doi.org/10.3390/ani13152434>
- Donato, G., Pennisi, M. G., Persichetti, M. F., Archer, J., & Masucci, M. (2023). A retrospective comparative evaluation of selected blood cell ratios, acute phase proteins, and leukocyte changes suggestive of inflammation in cats. *Animals*, 13 (16), 2579. <https://doi.org/10.3390/ani13162579>
- Doulidis, P. G., Vali, Y., Frizzo Ramos, C., & Guija-de-Arespacochaga, A. (2024). Retrospective evaluation of the neutrophil-to-lymphocyte ratio as a prognostic marker in cats with blunt trauma (2018–2021): 177 cases. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 34 (5), 478–486. <https://doi.org/10.1111/vec.13414>
- Dudley, E. S., Schiml, P. A., & Hennessy, M. B. (2015). Effects of repeated petting sessions on leukocyte counts, intestinal parasite prevalence, and plasma cortisol concentration of dogs housed in a county animal shelter. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 247 (11), 1289–1298. <https://doi.org/10.2460/javma.247.11.1289>
- Gori, E., Pierini, A., Lippi, I., Lubas, G., & Marchetti, V. (2021). Leukocytes ratios in feline systemic inflammatory response syndrome and sepsis: a retrospective analysis of 209 cases. *Animals*, 11 (6), 1644. <https://doi.org/10.3390/ani11061644>
- Hennessy, M. B., Willen, R. M., & Schiml, P. A. (2020). Psychological stress, its reduction, and long-term consequences: what studies with laboratory animals might teach us about life in the dog shelter. *Animals*, 10 (11), 2061. <https://doi.org/10.3390/ani10112061>
- Herbel, J., Aurich, J., Gautier, C., Melchert, M., & Aurich, C. (2020). Stress response of beagle dogs to repeated short-distance road transport. *Animals*, 10 (11), 2114. <https://doi.org/10.3390/ani10112114>
- Hodgson, N., Llewellyn, E. A., & Schaeffer, D. J. (2018). Utility and prognostic significance of neutrophil-to-lymphocyte ratio in dogs with septic peritonitis. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 54 (6), 351–359. <https://doi.org/10.5326/jaaha-ms-6808>
- Lee, G.-H., Jo, W., Kang, T.-K., Oh, T., & Kim, K. (2023). Assessment of Stress caused by environmental changes for improving the welfare of laboratory beagle dogs. *Animals*, 13 (6), 1095. <https://doi.org/10.3390/ani13061095>
- Levchenko, V. I., Holovakha, V. I., & Kondrakhin, I. P. (2010). *Metody laboratornoi klinichnoi diahnozyky khvorob tvaryn*. Kyiv: Ahrrama osvita [in Ukrainian]
- Malancus, R. N., Arsenoiaia, V. N., & Ghita, M. (2024). Comparative analysis of stress responses in dogs and cats during the covid-19 pandemic: a focus on cortisol, total leukocytes, eosinophils, and behavioral changes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 76 (3). <https://doi.org/10.1590/1678-4162-13153>
- Pierini, A., Gori, E., Lippi, I., Ceccherini, G., Lubas, G., & Marchetti, V. (2019). Neutrophil-to-lymphocyte ratio, nucleated red blood cells and erythrocyte abnormalities in canine systemic inflammatory response syndrome. *Research in Veterinary Science*, 126, 150–154. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.08.028>
- Pierini, A., Gori, E., Lippi, I., Lubas, G., & Marchetti, V. (2020). Are leukocyte and platelet abnormalities and complete blood count ratios potential prognostic markers in canine sepsis? *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.578846>
- Protopopova, A. (2016). Effects of sheltering on physiology, immune function, behavior, and the welfare of dogs. *Physiology & Behavior*, 159, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.03.020>
- Radisavljević, K., Vučinić, M., Becskei, Zs., Stanojković, A., & Ostović, M. (2015). Comparison of stress level indicators in blood of free-roaming dogs after transportation and housing in the new environment. *Journal of Applied Animal Research*, 45 (1), 52–55. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1091338>
- Radsikhovskii, M. L., Gorskii, L. P., & Dyshkant, O. V. (2019). Dynamics of leukocytic indices for parvoviral enteritis at dogs. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7 (1), 3–7. <https://doi.org/10.32819/2019.71001>
- Righi, C., Menchetti, L., Orlandi, R., Moscati, L., Mancini, S., & Diverio, S. (2019). Welfare assessment in shelter dogs by using physiological and immunological parameters. *Animals*, 9 (6), 340. <https://doi.org/10.3390/ani9060340>
- Vojtkovská, V., Voslářová, E., & Večerek, V. (2020). Methods of assessment of the welfare of shelter cats: A review. *Animals*, 10 (9), 1527. <https://doi.org/10.3390/ani10091527>
- Yanar, K. E. (2024). Prognostic value of neutrophil to lymphocyte ratio and platelet indices in cats with feline panleukopenia. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 278, 110854. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2024.110854>

ORCID

V. Sydelov  <https://orcid.org/0009-0007-3452-9809>
D. Kibkalo  <https://orcid.org/0000-0002-0197-1381>



2025 Sydelov V. and Kibkalo 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.

Histochemical study of Hydatid cyst isolated from sheep within the abattoirs Kerbala province, Iraq

J. Obead✉

Article info

Correspondence Author

J. Obead

E-mail:

jjihad.t@uokerbala.edu.iq

College of Veterinary
Medicine, University
of Kerbala,
56001, Karbala, Iraq

Citation: Obead, J. (2025). Histochemical study of Hydatid cyst isolated from sheep within the abattoirs Kerbala province, Iraq. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 182–186. doi: 10.31210/spi2025.28.01.28

Hydatid Cysts of Echinococcosis (CE) is a highly endemic parasitic zoonotic disease in Iraq that has a significant effect on the animals production (sheep, cattle, and goats) and human general health. It can affect any organ in the body, particularly the liver and lungs of the intermediate host. Carnivorous animals, notably dogs, operate as the definitive host for *Echinococcus granulosus*, whereas herbivorous animals, mostly sheep, are considered the intermediate host. Twenty liver samples afflicted with hydatid disease were acquired for this investigation, which employed a range of specialized stains to explore cystic echinococcosis in sheep. The samples were fixed in 10 % formalin, processed, and stained with specific stains such as masson trichrome, Periodic Acid Schiff PAS, and Alcian blue to investigate the histochemical alterations that occurred in the liver tissue. Histochemistry, After selecting parallel tissue segments from both sheep hydatid cysts, they were stained with Masson's trichrome stain for connective tissue and PAS and Alcian blue for natural or acid mucopolysaccharide. Chemical alterations in hydatid cyst-affected liver tissue offered insights into the underlying disease processes. The results of histochemical study of hydatid cyst showed positive masson's trichrome (blue color) mainly of cyst fibrous capsule, while, weak alcian blue reaction mainly of laminated layer, as well as in Periodic Acid Schiff PAS positive purple staining were recorded in both laminated layer and protoscolex of hydatid cysts PSCs. The Conclusions of our study, According to the study's results, the ailment is zoonotic and widespread throughout Iraq. Chemical changes in hydatid cyst-affected liver tissue provide information on the underlying illness process. The histochemical study of the hydatid cyst indicated that the cyst fibrous capsule had a high masson's trichrome (blue hue), while the laminated layer had a weak alcian blue response. Both the laminated layer and PSCs had positive purple staining in PAS.

Keywords: *Echinococcus granulosus*, Hydatid cyst, special stain, Masson trichrome, Periodic Acid, Alcian blue.

Гістохімічне дослідження гідатидних цист, виділених від овець в умовах забійних пунктів провінції Кербела, Ірак

Д. Т. Обєад

Коледж ветеринарної
медицини, Університет
Кербала,
провінція Кербала, Ірак

Ехінококоз – високоендемічне паразитарне зоонозне захворювання, що має значне поширення на території Іраку. Хвороба характеризується погіршенням стану здоров'я та зниженням м'ясної та молочної продуктивності у худоби (овець, великої рогатої худоби та кіз). Також, небезпечним є це захворювання і для здоров'я людини, адже збудник може вражати будь-який паренхіматозний орган. В організмі проміжних господарів (великої та дрібної рогатої худоби, а також людей) найчастіше ларвальну стадію розвитку збудника виявляють в печінці та легенях. Слід зазначити, що остаточним господарем збудника *Echinococcus granulosus* є хижі тварини, особливо собаки, що сприяє значному поширенню останнього в світовому масштабі. Враховуючи зоонозний потенціал та значне поширення збудника, важливим є вивчення особливостей морфології паразита на різних стадіях його розвитку на клітинному рівні. Тому метою проведеного дослідження було здійснення гістохімічних досліджень гідатидних цист збудника та тканин ураженої ними печінки овець. Зразки печінки від овець уражені збудником ехінококозу відбирали в умовах забійних пунктів провінції Кербела (Ірак). Під час гістохімічних досліджень дослідних зразків використовували спеціальні барвники (трихром Масона, періодична кислота Шиффа (PAS) та альціан синій). Використовувані в досліді барвники мали різну ефективність щодо забарвлення тканини досліджуваних цист. Зокрема, використання барвника трихром Масона дозволило добре візуалізувати колагенові волокна цисти, її зовнішній фіброзний шар (інтенсивне синє забарвлення), дещо гірше – гермінативний шар цисти (світло-блакитний). Альціан синій на загальному фоні досліджуваного гістозрізу печінки вівці добре візуалізував ділянки уражені цистами (темно синє забарвлення) на фоні слабо-забарвлених у світло-блакитний колір гепатоцитів. Періодична кислота Шиффа добре проявила ламінаційний і гермінативний шари цист, вивідні капсули та протосколекси, а також некротизовані ділянки печінки, забарвивши їх в темно-червоний колір. Отже, гістохімічне дослідження гідатидних цист із застосуванням різних барвників показало, що фіброзна капсула добре сприймає барвник трихром Масона, натомість слабо сприймає альціановий синій. Разом з тим, цей барвник добре візуалізує ділянки уражені цистами. Періодична кислота Шиффа дозволяє побачити шари стінки цисти, вивідні капсули та протосколекси, інтенсивно забарвивши їх у темно-червоний колір.

Ключові слова: *Echinococcus granulosus*, гідатидна циста, барвники, трихром Масона, періодична кислота Шиффа, альціановий синій.

Бібліографічний опис для цитування: Обєад Д. Т. Гістохімічне дослідження гідатидних цист, виділених від овець в умовах забійних пунктів провінції Кербела, Ірак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 182–186.

Introduction

Echinococcosis, also known as hydatidosis, is a zoonotic parasitic infection caused by the canine tapeworm *Echinococcus* and its larval stage, the hydatid cyst [1]. It is distinguished by the production of variable-sized cysts in the visceral organs of intermediate hosts and mature tapeworms in the intestines of dogs. The disease is persistent and affects many types of food animals, including herbivores and omnivores [2]. *E. granulosus* is more prevalent in developing nations, particularly in rural settings where the dogs, the definitive host, is in close contact with numerous household animals that may function as intermediate hosts. Echinococcosis is one of the world's most widely distributed zoonotic diseases, causing severe morbidity and disability. Every year, hydatid illness costs millions of dollars in public health and reduces the production of affected animals [3]. Taeniidae members infect carnivores, but they also infect a wide variety of other animals, including pets and livestock who serve as intermediate hosts [4]. Members of this family include the significant parasites *Echinococcus granulosus* and *Taenia hydatigena*, which cause hydatidosis and cysticercosis, respectively, in the visceral organs of sheep, goats and cattle [5, 6]. In particular, *Echinococcus granulosus* has been shown to have severe zoonotic effects on animal performance [7]. Dogs and other definitive hosts produce eggs in their feces, which contaminate herbs and water channels are ingested by intermediate hosts during the infection stage [8]. Although *E. granulosus* typically causes cyst formation in the liver, lungs and brain are also potential sites of cyst formation in rare instances [7].

Histochemical staining with Masson's trichrome identified dense collagen fiber deposition in the pericystic connective tissue. Protoscolices' internal architecture might be figured out with ease. While H&E and Masson's trichrome failed to reveal the protoscolices calcareous corpuscles, a combination of Alcian blue PAS and Toluidine stains made them stand out clearly [9].

The aim of the study

Aim of study – using histochemical staining with Masson's trichrome, to identify thick collagen fiber deposition in the pericystic connective tissue and to determine the internal architecture of protoscolices.

Materials and methods

Collection of Hydatid cysts

Hydatid cyst samples were obtained from sheep livers about 20 cyst infected with cystic hydatidosis of the sheep carcasses within the abattoirs (Kerbala province) and transported into the laboratory for examination using a cooling box (Veterinary College in Kerbala / Parasitology laboratory) for examination [10].

Histochemistry: After selecting parallel tissue segments from both sheep hydatid cysts, they were stained with Masson's trichrome stain for connective tissue and PAS and Alcian blue for natural or acid mucopolysaccharide. The staining techniques aided in the identification and characterization of various cellular components and

structures within the liver specimen, facilitating a comprehensive evaluation of hydatid cyst disease [10, 11].

Results and discussion

Histochemical study

Masson trichrom stain (MTS)

Histopathological section of the liver infected with hydatid cyst of sheep showed the collagen fibers content and the cellular laminated membranes took the blue color & germinal layer that weakly stained with masson trichrome stain. Germinal layer that observed weakly reaction (**Fig. 1**).

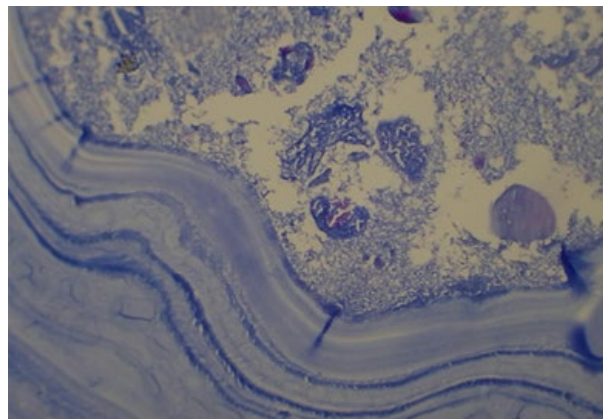


Figure 1. Histopathological section of the liver of sheep: Laminated wall of the hydatid cyst appeared outermost fibrous layer; stained with Masson trichrome stain × 40

Histopathological section of the liver infected with hydatid cyst of sheep showed Laminated wall of the hydatid cyst appeared outermost fibrous layer stained light blue color with red color for collagen fiber with Masson trichrome stain (**Fig. 2**).

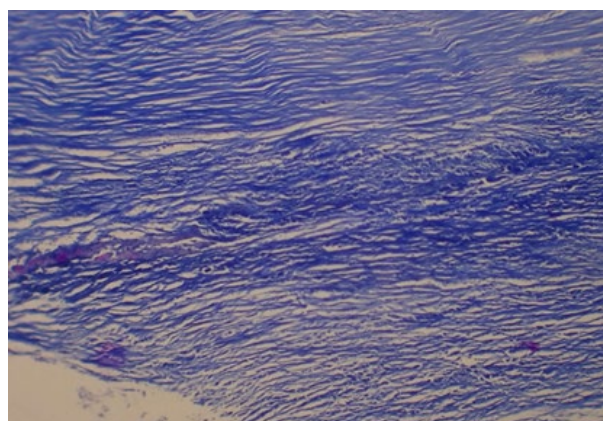


Figure 2. Histopathological section of the liver of sheep: Laminated wall of the hydatid cyst appeared outermost fibrous layer; Masson trichrome stain × 40

On the other section showed as protoscolices were stained dark blue with red hooks. Histopathological section of the liver of sheep showed protoscolices (PSCs) inside the hydatid cyst with characteristic birefringent hooks (dark blue and red hooks of protoscolices (**Fig. 3**).

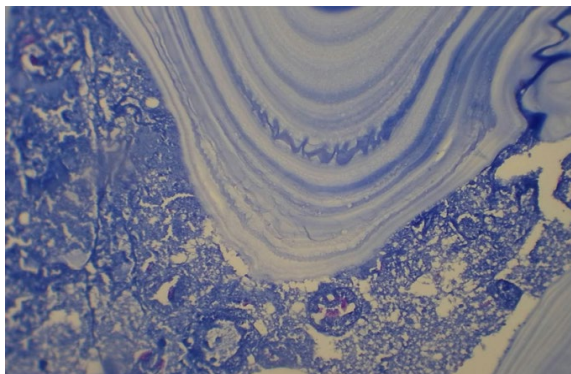


Figure 3. Histopathological section of the liver of sheep: protoscolices inside the hydatid cyst with characteristic birefringent hooks of PSCs; masson trichrome stain × 40

Alcian blue stain (ABS)

Cyst laminated layer revealed that dark blue color. Histopathological section of the liver infected with hydatid cyst of sheep showed cyst laminated layer that dark blue color with poorly stained hepatocytes biliary epithelium of hyperplasia and degeneration (**Fig. 4**).

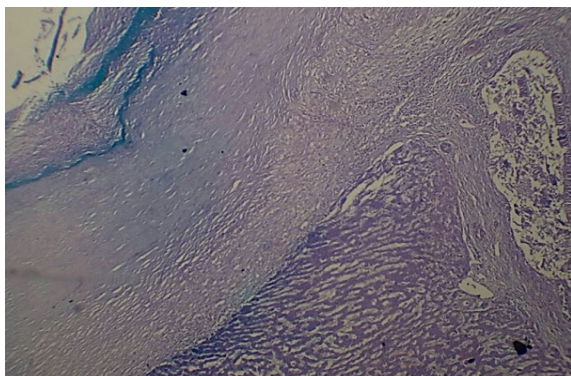


Figure 4. Histopathological section of the of sheep: cyst laminated layer; hepatocytes biliary epithelium of hyperplasia and degeneration; stained with alcian blue × 10

Histopathological section of the liver infected with hydatid cyst of sheep showed germinal layer that affinity of the protoscolices revealed calcareous corpuscles to be positively stained weak blue color (**Fig. 5**).

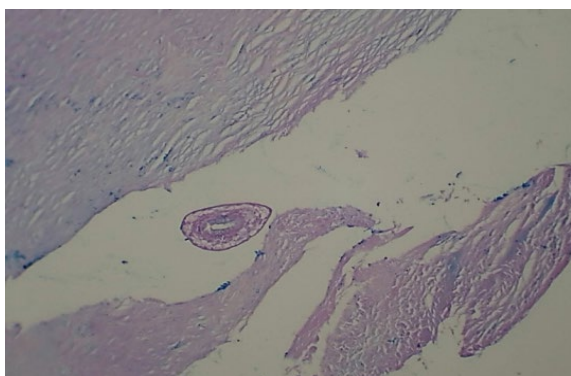


Figure 5. Histopathological section of the liver of sheep: germinal layer; alcian blue × 10

Periodic acid Schiff (PAS)

Histopathological section of the liver infected with hydatid cyst of sheep showed germinal layers, brood capsules, and protoscolices stained red positive reaction & purplish color for mucopolysaccharides with PAS stain (**Fig. 6**).



Figure 6. Histopathological section of the liver infected with hydatid cyst of sheep: germinal layers, brood capsules, and protoscolices; PAS stain × 40

Histopathological section of the liver infected with hydatid cyst of sheep showed Laminated wall of the hydatid cyst appeared outermost thick fibrous layer that positive reaction & purplish color for cyst laminated layer stained necrosis and degeneration were markedly obvious in the hepatic lobules with PAS stain (**Fig. 6**).

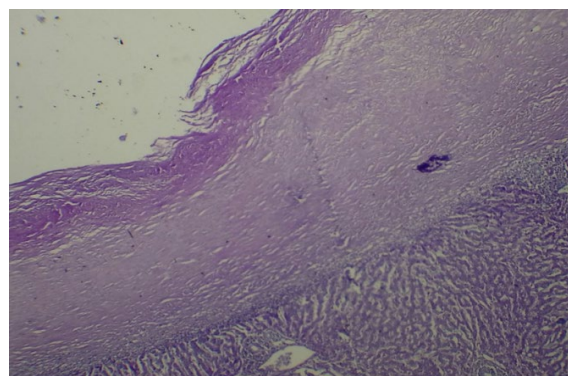


Figure 7. Histopathological section of the liver of sheep: Laminated wall of the hydatid cyst; thick fibrous layer; PAS stain × 10

Galactose, galactosamine, and glucosamine make up the bulk of the polysaccharide component of the carbohydrate protein complex that comprises the acellular laminar layer [12]. Young cysts do not have this layer until they are less than 14–18 days old; after that, it appears as a thin, translucent coating on the exterior of the cyst [13]. The germinal layer consists of the distal cytoplasmic syncytium and a perinuclear layer that contains tegument, glycogen, and undifferentiated cells [14].

In many histological investigations, the laminated layer of the hydatid cyst is a great diagnostic sign that stains strongly with Schiff's reagent (PAS) [13].

Neutral and acid polysaccharide precipitation was observed between the pericyst and the ectocyst. Masson's

richrome staining revealed collagen fibers in the cyst walls of the liver and lung sections. Collagen, the fibrous component associated with sheep hydatidosis, reflects the body's inflammatory response to chronic pain, which might be connected to the hydatid cyst's continuous, slow exosmosis [15]. This is basically the fundamental defense mechanism used to keep the parasite in check, which causes the cyst wall to develop. The immune responses of the host tissue may be the cause of the severe cirrhosis and fibrosis seen in certain instances [16].

Infected sheep tend to have more glycogen and mucopolysaccharides in these layers [17]. After extraction with amylase, the components of the brood capsule test positive for PAS [18]. The inflammatory process could be to blame for an increase in both acidic and neutral mucopolysaccharides in and around the injuries [13]. The area between the pericyst and the ectocyst contains a stream of tissue fluids and nutritional medium, as well as a line of acid mucopolysaccharides [12].

Lung and liver areas colored with Masson's trichrome showed collagen fiber within the wall of cyst. The stringy tissue that's found in sheep with hydatidosis. Collagen could be a sign of aggravation caused by consistent bothering, which may be caused by the moderate exosmosis that happens within the hydatid [19]. The blue color reactivity of the proteoglycans in the connective tissue around the hydatid cyst was shown by Alcian blue stain [20]. Additionally, the existence of sulfate-containing acidic mucopolysaccharides was shown by Alcian blue at pH 2.5 [21].

Conclusions

According to the study's findings, the illness is zoonotic and pervasive throughout Iraq. Hydatid cyst-affected liver tissue had chemical alterations that provided information on the underlying disease mechanisms. The histochemical analysis of the hydatid cyst revealed that the cyst fibrous capsule had a strong Masson's trichrome (blue color), whilst the laminated layer had a weak alcian blue response and both the laminated layer and PSCs had positive purple staining in PAS

Conflict of interest

The author state that there is no conflict of interest.

References

1. Wasan Addai Al-Marsomy. (2021). Epidemiology of hydatid disease in Iraq: A study of hydatidosis patients in Baghdad Province. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 15 (2), 3525–3530. <https://doi.org/10.37506/ijfimt.v15i2.14921>
2. Meerkhan, A. A., & Mero, W. M. S. (2018). Prevalence of *Echinococcus granulosus* in different intermediate hosts in Duhok province, Kurdistan Region, Iraq. *Science Journal of University of Zakho*, 6 (1), 8. <https://doi.org/10.25271/2018.6.1.438>
3. Regassa, B. (2019). Review on hydatidosis in small ruminant and its economic and public health significance. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 11 (2). <https://doi.org/10.19080/jdvs.2019.11.555808>
4. Alvi, M. A., Li, L., Bahadur, S. U. K., Saqib, M., Ohiolei, J. A., Ali, R. M. A., Rashid, I., Ashfaq, K., Butt, A. A., Abbas, M. Z., Tayyab, M. H., Aqib, A. I., Qamar, W., Hassan, A., Alvi, A. A., Aslam, A., Fu, B. Q., Yan, H. B., & Jia, W. Z. (2022). First comparative biochemical profile analysis of cystic fluids of *Taenia hydatigena* and *Echinococcus granulosus* obtained from slaughtered sheep and goats. *Pakistan Veterinary Journal*, 42 (2). Retrieved from: http://pvj.com.pk/in_press/21-456.pdf
5. Abdel-Baki, A.-A. S., Almalki, E., & Al-Quarishy, S. (2018). Prevalence and characterization of hydatidosis in Najdi sheep slaughtered in Riyadh city, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25 (7), 1375–1379. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.04.011>
6. Mokhtaria, K., Fadela, S., Ammar, S. S. M., Belkacem, B. T., Amar, A. A., Ameer, A. S. & Abdelkader, B. (2018). *Cysticercus tenuicollis* in small ruminants of Algeria: abattoir survey, biochemical and morphological characterizations. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (4), 698–703. Retrieved from: <https://www.agrojournal.org/24/04-23.pdf>
7. Assana, E., Awah-Ndukum, J., Djonmaïla, J. D., & Zoli, A. P. (2019). Prevalence of porcine *Taenia solium* and *Taenia hydatigena* cysticercosis in Cameroon. *Preventive Veterinary Medicine*, 169, 104690. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104690>
8. Tsotetsi-Khambule, A. M., Njiro, S., Katsande, T. C., Thekiso, O. M. M., & Harrison, L. J. S. (2017). Sero-prevalence of *Taenia* spp. infections in cattle and pigs in rural farming communities in Free State and Gauteng provinces, South Africa. *Acta Tropica*, 172, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.04.019>
9. Beigh, A. B., Darzi, M. M., Bashir, S., kashani, B., Shah, A., & Shah, S. A. (2017). Pathological and histochemical studies of the effects of cystic echinococcosis in sheep. *Comparative Clinical Pathology*, 27(2), 407–412. <https://doi.org/10.1007/s00580-017-2606-0>
10. Bancroft, J. D., & Layton, C. (2013). The hematoxylin and eosin. *Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques*, 173–186. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7020-4226-3.00010-x>
11. Spicer, S. S. (1963). Histochemical differentiation of mammalian mucopolysaccharides. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 106 (2), 379–388. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1963.tb16652.x>
12. Beigh, A. B., Darzi, M. M., Bashir, S., kashani, B., Shah, A., & Shah, S. A. (2017). Gross and histopathological alterations associated with cystic echinococcosis in small ruminants. *Journal of Parasitic Diseases*, 41 (4), 1028–1033. <https://doi.org/10.1007/s12639-017-0929-z>
13. Kilejian, A., Sauer, K., & Schwabe, C. W. (1962). Host-parasite relationships in echinococcosis. VIII. Infrared spectra and chemical composition of the hydatid cyst. *Experimental Parasitology*, 12 (5), 377–392. [https://doi.org/10.1016/0014-4894\(62\)90049-8](https://doi.org/10.1016/0014-4894(62)90049-8)
14. Taherkhani, H. (2001). Analysis of the *Echinococcus granulosus* laminated layer carbohydrates by lectin blotting. *Iranian Biomedical Journal*, 5 (1), 47–51.
15. Ibrahim, S. E. A., & Gameel, A. A. (2014). Pathological, histochemical and Immunohistochemical studies of lungs and livers of cattle and sheep infected with hydatid disease. *The 5th Annual Conference-Agricultural and Veterinary Research (February 2014, Khartoum, Sudan). Conference Proceedings*, 2, 1–17.
16. Beigh, A. B., Darzi, M. M., Bashir, S., Shah, A., & Shah, S. A. (2018). The pathology of cystic echinococcosis and structural details of hydatid cyst and protoscolex. *Indian Journal of Veterinary Pathology*, 42 (1), 8. <https://doi.org/10.5958/0973-970x.2018.00002.0>
17. Solcan, C., Solcan, G., Ioniță, M., Hristescu, Doru, V. I., & Mitrea, L. (2010). Histological aspects of cystic echinococcosis in goats. *Scientia Parasitologica*, 11 (4), 191–198.
18. Thompson, R. C. A., & Lymbery, A. J. (1988). The nature, extent and significance of variation within the genus *Echinococcus*. *Advances in Parasitology*, 27, 209–258. [https://doi.org/10.1016/s0065-308x\(08\)60356-5](https://doi.org/10.1016/s0065-308x(08)60356-5)

19. Torgerson, P. R. (2003). Economic effects of echinococcosis. *Acta Tropica*, 85 (2), 113–118. [https://doi.org/10.1016/s0001-706x\(02\)00228-0](https://doi.org/10.1016/s0001-706x(02)00228-0)
20. Al-Sabawi, B. H., Sadoon, H. S., & Saeed, M. G. (2023). Histochemical study of the hepatic metacestodes in sheep infected with hydatidosis. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 37 (1), 45–51. <https://doi.org/10.33899/ijvs.2022.133402.2222>
21. Al-Hyali, F. Q. (2004). Histological and histochemical studies on developmental *Echinococcus granulosus* protoscolices. *Rafidain Journal of Science*, 15(4), 37–44.

ORCID

J. Obead 

<https://orcid.org/0009-0008-7859-7560>



2025 Obead J. 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 efficacy and safety of the tablets Mipranol for Dogs in the prevention and treatment of helminth infections

D. Feshchenko¹ | Yu. Dovhiy¹ | A. Berezovskyi² | O. Zghozinska¹

Article info

Correspondence Author

D. Feshchenko

E-mail:

dollyfdv832@gmail.com¹Polissia National University,
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine²Brovapharma LLC,
Nezalezhnosti Blvd, 18a,
Brovary, 07400, Ukraine

Citation: Feshchenko, D., Dovhiy, Yu., Berezovskyi, A., & Zghozinska, O. (2025). Clinical efficacy and safety of the tablets Mipranol for Dogs in the prevention and treatment of helminth infections. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 187–192. doi: 10.31210/spi2025.28.01.29

Clinical trials of a production batch of the anthelmintic veterinary drug Mipranol for Dogs (tablets, with active ingredients milbemycin oxime and praziquantel) were conducted on target animals (dogs). The aim was to evaluate the therapeutic and antiparasitic efficacy, as well as the safety of the drug, in treating dogs affected by cestodes (*Dipylidium caninum*, *Taenia* spp., *Echinococcus* spp., *Mesocestoides* spp.) and nematodes (*Ancylostoma caninum*, *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Trichuris vulpis*, *Thelazia callipaeda*, *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis*, *Dirofilaria immitis*), including mixed nematode-cestode infections. The studies involved adult dogs (n=170) with clinically and laboratory-confirmed spontaneous infections caused by gastrointestinal and pulmonary parasites, including *Thelazia callipaeda*. Separate trials were also conducted on healthy animals (n=12) to assess the preventive effect of the drug against heartworm disease. The studies demonstrated high therapeutic efficacy (100 %), safety, and an absence of side effects of the drug on dogs. Two species of nematodes, *A. vasorum* and *Th. callipaeda*, were exceptions to the absolute anthelmintic effect of the product. In these cases, while the clinical condition of the affected animals improved, the intensity of invasion decreased to 25.9 % and 21.6 %, respectively, compared to the initial levels. The efficacy of the drug as a prophylactic agent against heartworm disease in dogs was also confirmed. Monthly administration of Mipranol for Dogs during the active blood-sucking insect season in endemic regions protected animals from developing clinical heartworm disease by eliminating microfilariae inoculated into the bloodstream. The use of Mipranol for Dogs (manufactured by BROVAFARMA LLC) at the recommended doses and administration intervals provides sufficient nematocidal and cestocidal efficacy against the target helminth species in dogs. The developed drug proved to be a safe anthelmintic agent, causing no adverse or side effects in adult dogs during or after oral administration.

Keywords: milbemycin oxime, praziquantel, cestodes, nematodes.

Клінічна ефективність і безпечність таблеток «Міпранол для собак» в схемах лікування та профілактики гельмінтозів

Д. В. Фещенко¹ | Ю. Ю. Довгій¹ | А. В. Березовський² | О. А. Згозінська¹¹Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна²ТОВ «БРОВАФАРМА»,
м. Бровари, Україна

Проведено клінічні випробування виробничої серії антигельмінтного препарату ветеринарного призначення «Міпранол для собак» (таблетки, діючі речовини – мілбеміцину оксим та празиквантел) на цільових тваринах (собаки) із метою вивчення терапевтичної і протипаразитарної ефективності та безпечності засобу при лікуванні собак, уражених цестодами – *Dipylidium caninum*, *Taenia* spp., *Echinococcus* spp., *Mesocestoides* spp.; нематодами – *Ancylostoma caninum*, *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Trichuris vulpis*, *Thelazia callipaeda*; *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis*, *Dirofilaria immitis*, в тому числі при комбінованих нематодо-цестодозних інвазіях. Дослідження проводили на дорослих собаках (n=170) з клінічно і лабораторно підтвердженою спонтанною інвазією шлунково-кишковими, легенивими паразитами та *Thelazia callipaeda* і окремо на здорових тваринах (n=12) для визначення профілактичного ефекту препарату проти дирофіларіозу. В результаті досліджень була встановлена висока (100 %) терапевтична ефективність, безпечність та відсутність сторонньої дії препарату на організм собак. Виключенням щодо абсолютної гельмінтоцидної дії засобу були два види нематод – *A. vasorum* і *Th. callipaeda*: при покращенні клінічного стану хворих тварин, інтенсивність інвазії в їх організмі зменшилась до 25,9 і 21,6 % відповідно від початкового рівня. Також підтверджена ефективність антигельмінтика як профілактичного засобу для запобігання захворювання собак дирофіларіозом. Щомісячне застосування «Міпранолу для собак» в період активного льоту кровосисних комах у неблагополучних регіонах забезпечує тварин від розвитку клінічного дирофіларіозу шляхом знищення у крові інокульованих мікрофілярій. Застосування «Міпранолу для собак» (виробництво ТОВ «БРОВАФАРМА»), у рекомендованих дозах і термінах застосування забезпечує достатню нематодо- і цестододічну терапевтичну ефективність проти цільових видів гельмінтів собак. Розроблений препарат проявив себе як безпечний антигельмінтний засіб, котрий не спричиняв негативної та сторонньої дії на організм дорослих собак під час та після його перорального застосування.

Ключові слова: мілбеміцину оксим, празиквантел, цестоди, нематоли.

Бібліографічний опис для цитування: Фещенко Д. В., Довгій Ю. Ю., Березовський А. В., Згозінська О. А. Клінічна ефективність і безпечність таблеток «Міпранол для собак» в схемах лікування та профілактики гельмінтозів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 187–192.

Вступ

У ХХІ сторіччі арсенал протипаразитарних речовин ветеринарного призначення суттєво збільшився. Новітні синтетичні антигельмінтики характеризуються високою терапевтичною ефективністю при помірній, навіть низькій, токсичності для організму ссавців [1–3]. Однак, універсального засобу, який би був однаково ефективний проти гельмінтів різних типів (пласких, круглих, колючоголових), можна сказати, ще не існує. Групу бензімідазолів не беремо до уваги, оскільки за більше, ніж 50 років використання, їх ефективність нестабільна, гельмінти набули до них високої резистентності, а токсичність препаратів цього ряду доволі висока (особливо для молодих і ослаблених тварин) [4, 5]. Тому фармацевтичні компанії пішли шляхом створення ліків комбінованого складу. Поєднуючи два, рідше три компоненти, вдається розширити перелік видів гельмінтів, які будуть знищені в організмі тварини після застосування засобу. Пріоритетом таких препаратів є профілактичні обробки тварин, хоча і лікувальні схеми також володіють значними показниками ефективності [6–8].

Таким чином, вітчизняний антигельмінтний препарат «Міпранол для собак» (таблетки), виробництва ТОВ «БРОВАФАРМА», на основі мілбеміцину оксим і празіквантелу, призначений для ефективної боротьби з широким спектром небезпечних нематод і цестод у собак, – це актуальний засіб, котрий буде затребуваний власниками і ветеринарними лікарями.

Мілбеміцину оксим належить до макроциклічних лактонів. Підтверджена його ефективність проти нематод кишкового тракту, легеневих і серцевих гельмінтів, включаючи личинок дірофілярій. Однак, мілбеміцину оксим абсолютно неефективний проти цестод [9].

Празіквантел – ацильована ізохінолін-піразинова сполука, демонструє біоцидну дію на молодих і дорослих цестод вже протягом 40 років [10, 11]. Празіквантел ефективний у надзвичайно низьких концентраціях за умови безпосереднього контакту з тегументом гельмінта [11]. Механізм цестодоцидної дії празіквантелу полягає у пошкодженні структури тіла паразита [12], а також впливу на його вуглеводний обмін при порушенні проникності клітинних мембран для іонів кальцію [13]. Це призводить до тетанічного скорочення мускулатури паразитів і наступного розпаду тегументу [14].

Комбінація мілбеміцину оксиму з празіквантелом не знижує ефективності кожного компоненту [15, 16].

Незважаючи на те, що комбіновані продукти мілбеміцину оксим/празіквантел для перорального введення з концентраціями активних речовин аналогічними до «Міпранол для собак» вже схвалені світовою спільнотою для ветеринарного ринку [17–20], існує нормативна вимога щодо проведення власних досліджень клінічної ефективності нового препарату. Це обумовило нашу подальшу експериментальну роботу.

Мета дослідження

Мета роботи: визначити антигельмінтну ефективність та безпечність лікарського засобу «Міпранол

для собак» (діюча речовина – мілбеміцину оксим і празіквантел), виробництва ТОВ «БРОВАФАРМА» для лікування хворих тварин, профілактики ураження і проведення оздоровчих заходів.

Завдання досліджень: розробити схему експериментального застосування таблеток «Міпранол для собак» та дослідити їх антигельмінтну ефективність проти нематод – *Ancylostoma caninum*, *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Trichuris vulpis*, *Thelazia callipaeda*, *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis*, *Dirofilaria immitis* і цестод – *Dipylidium caninum*, *Taenia* spp., *Echinococcus* spp., *Mesocestoides* spp.

Матеріали і методи

Клінічні випробування були проведені у 2024 році на базі таких установ:

- 1) навчально-наукова-виробнича клініка ветеринарної медицини Поліського національного університету (м. Житомир);
- 2) приватна ветеринарна клініка «Олтан вет» (м. Луцьк);
- 3) центр ветеринарної медицини «Зоопрофі» (м. Коростень, Житомирська область);
- 4) приватна ветеринарна клініка «ВетЕксперт» (м. Одеса);
- 5) приватна ветеринарна клініка «Сімейний улюбленець» (м. Київ);
- 6) ветеринарний центр «Лікар Патрон» (м. Буча, Київська область).

Експериментальні тварини:

- тестування препарату проти шлунково-кишкових, легеневих гельмінтів собак і збудника очного телязйозу було проведене на 170 дорослих собаках різної породи (кобелі та суки, вік – від 1,5 до 9 років, маса тіла – від 3 до 50 кг), спонтанно інвазованих нематодами та/або цестодами. Із них: 64 особини були уражені *Toxocara canis*, 12 – *Toxascaris leonina*, 8 – *Ancylostoma caninum*, 10 – *Trichuris vulpis*, 2 – *Thelazia callipaeda*, 2 – *Crenosoma vulpis*, 1 – *Angiostrongylus vasorum*, 10 – *Taenia* spp., 25 – *Dipylidium caninum*, 3 – *Echinococcus* spp., 3 – *Mesocestoides* spp.; а також 22 особи мали змішану інвазію *Toxocara canis* + *Dipylidium caninum*, 4 – *Ancylostoma caninum* + *Taenia* spp., 4 – *Trichuris vulpis* + *Taenia* spp.

- тестування препарату для профілактики дірофіляріозу собак проведене на 12 дорослих собаках породи йоркширський тер'єр і французький бульдог (кобелі та суки, вік – від 1–1,5 року, маса тіла 1,5–10 кг), вільних від *Dirofilaria* spp.

До експерименту відбирали тварин, у яких період з останньої дегельмінтизації становив не менше 2 місяців. Вагітних і лактуючих сук, а також собак породи коллі, шелті та бобтейл до випробування не допускали. Обов'язковою умовою також була відсутність будь-якого іншого інфекційного захворювання, крім означеного списку паразитарних інвазій. Допускались собаки із первинною хірургічною патологією (перелом кісток кінцівок, травми шкіри, вух, зубів); таким тваринам «Міпранол для собак» застосовували після повного завершення післяопераційного періоду одужання.

Схема дослідження:

- 1) збір анамнезу, клінічний огляд і зважування собак, відбір потенційних учасників експерименту;
- 2) відбір зразків матеріалу для виявлення та ідентифікації збудника захворювання;
- 3) застосування собакам дослідних груп таблеток «Міпранол для собак», в дозуванні зазначеному в листівці-вкладки;
- 4) клінічне спостереження за станом собак упродовж лікування та протягом 10-ти діб після проведеної терапії;
- 5) контроль наявності гельмінтів у собак дослідних і контрольних груп після застосування таблеток «Міпранол для собак».

Експериментальна частина роботи виконувалась з урахуванням «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», схвалених на Національному конгресі з біоетики (Київ, 2001) та узгоджених із положеннями «Європейської конвенції про захист хребетних тварин», які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (Страсбург, 1985). Всі собаки мали власників, які давали згоду на застосування тварині таблеток «Міпранол для собак» з лікувальною або профілактичною метою.

Діагноз на кишкові гельмінтози ставили після дослідження фекалій собак (n=165) методом МакМастера, а на легеневі нематодози (n=3) – методом Бермана (перше ДД – діагностичне дослідження). Видову належність гельмінтів визначали з використанням визначника [1]. В деяких випадках для уточнення видової належності яєць проводили їх лабораторну культивування [8]. Кількість інвазійних елементів обраховували як інтенсивність інвазії (II) в 1 г фекалій.

Очний вид нематоди собак – *Thelazia callipaeda* був виявлений у 2-х особин, шляхом мікроскопічного дослідження змивів з кон'юнктиви і виявлення статевозрілих нематод і їх личинок (екземплярів у 20 мл рідини).

Дегельмінтизацію дослідних тварин таблетками «Міпранол для собак» проводили через 10–14 діб після установки діагнозу і повторної копроовоскопії (друге ДД). Такий період слугував контролем, упродовж якого спостерігали за динамікою II, щоб виключити можливість хибного діагнозу або самоодужання.

Для визначення профілактичного ефекту препарату проти дирофіляріозу клінічно здорових собак (n=12) розділили за принципом пар-аналогів на дослідну і контрольну групи (по 6 собак в кожній групі). Попередньо у цих тварин виключили наявність шлунково-кишкових паразитів, в т. ч. найпростіших (копрологічно за методами МакМастера і нативного мазка) і мікрофілярій у крові (за допомогою модифікованого методу J. I. Knott і нативного мазка крові). Останні методи використовували для оцінки філярієцидної дії «Міпранолу для собак»: наявність і кількість мікрофілярій визначали щомісячно: з травня по серпень перед кожним введенням препарату.

Дослідний препарат задавали *per os* під час вранішньої годівлі, у дозі рекомендованих виробником: 0,5 мг мілбеміцину оксиму та 5 мг

празіквантелу на 1 кг маси тіла. Із розрахунку по масі тіла собаки: 1–5 кг – 1/2 таблетки; 5–10 кг – 1 таблетка; 10–20 кг – 2 таблетки; 20–30 кг – 3 таблетки; 30–40 кг – 4 таблетки. Собакам масою тіла понад 40 кг додатково задавали по 1/2 таблетки на кожні 5 кг маси тіла.

«Міпранол для собак» задавали одноразово, окрім випадків ураження собак *Th. callipaeda* (препарат застосовували двічі з інтервалом у 7 діб) і *A. vasorum* (засіб згодовували чотири рази з інтервалом у 7 діб).

Терапевтичну ефективність «Міпранолу для собак» проти шлунково-кишкових і легеневих гельмінтів встановлювали після третьої копроовоскопії (третє ДД) шляхом визначення показника екстенсефективності обробки (ЕЕ – це кількість тварин, які повністю звільнились від гельмінтів після дегельмінтизації, %) і результату щодо зниження виділеної кількості яєць гельмінтів у біоматеріалі (%) [7].

Клініко-діагностичні обстеження собак проводили згідно спеціальної науково-методичної літератури [3, 5, 6]. З метою виявлення можливих побічних ефектів і небажаних реакцій організму на введення препарату проводили спостереження за тваринами з оцінкою клінічних ознак у період 24–48 годин після обробки.

Одержані результати обробляли статистично за методикою Стьюдента-Фішера.

Результати та їх обговорення

Одержані дані копрологічних експертиз собак, уражених різними видами шлунково-кишкових (у моно або змішаній формі інвазії) та легеневих гельмінтів, свідчать, що при всіх досліджуваних інвазіях (окрім *A. vasorum*) одноразове застосування таблеток «Міпранол для собак» у рекомендованих виробником доз приносить до повної (100,0 %) елімінації яєць гельмінтів з фекалій тварин (*табл. 1* та *табл. 2*) та клінічного одужання тварин. Така максимальна антигельмінтна дія була відмічена у всіх оброблених собак, тобто екстенсефективність застосованого препарату становить 100,0 %.

Достовірність таких результатів підтверджується контрольним 10-денним періодом спостережень за II у собак перед застосуванням препарату. У всіх тварин кількість яєць/личинок паразитів у 1 г фекалій до дегельмінтизації упродовж цього часу стабільно збільшувалась. Умови життя, склад раціону, режим та інші зовнішні фактори дослідних собак упродовж 20 діб експерименту не змінювались, що свідчить про відсутність стороннього впливу на результат ефективності «Міпранол для собак».

Важливим моментом є 100 % результат дегельмінтизації в ході лікування собак зі змішаними інвазіями: *Toxocara canis* + *Dipylidium caninum*, *Ancylostoma caninum* + *Taenia* spp., *Trichuris vulpis* + *Taenia* spp.

Антигельмінтна дія таблеток «Міпранол для собак» щодо нематод видів *A. vasorum* і *Th. callipaeda* проявилась у формі зниження II. Так, після лікування єдиної собаки, яка була уражена цим нетривіальним для України легеневим паразитом *A. vasorum* (за схемою: чотири разове застосування

препарату з інтервалом 7 діб), вдалося досягти інтенсивності у 74,1 % знижених личинок гельмінта та покращення клінічного стану тварини –

припинення кашлю та нормалізації температури тіла до 38,5 °С, при первинній субфебрильній лихоманці в 39,2 °С.

Таблиця 1

Терапевтична ефективність антигельмінтика «Міпранол для собак» при шлунково-кишкових гельмінтозах, $M \pm m$

Вид гельмінта	Кількість уражених собак	10-денний період до дегельмінтизації		10-та доба після останнього застосування препарату		
		П, яєць / г фекалій		3-тє ДД: П, яєць / г фекалій	ЕЕ, %	зниження кількості яєць, %
		1-ше ДД	2-ге ДД			
<i>Toxocara canis</i>	64	182,4±14,74	254,6±11,96*	0,0	100,0	100,0
<i>Toxascaris leonina</i>	12	234,8±20,3	284,1±14,3	0,0	100,0	100,0
<i>Ancylostoma caninum</i>	8	316,0±5,67	349,0±13,8	0,0	100,0	100,0
<i>Trichuris vulpis</i>	10	163,5±14,45	214,7±17,2	0,0	100,0	100,0
<i>Taenia</i> spp.	10	238,6±28,15	273,3±24,4	0,0	100,0	100,0
<i>Dipylidium caninum</i>	25	201,4±15,9	259,8±11,2*	0,0	100,0	100,0
<i>Echinococcus</i> spp.	3	89,0±13,7	131,7±5,2	0,0	100,0	100,0
<i>Mesocostoides</i> spp.	3	159,7±15,9	207,7±14,2	0,0	100,0	100,0
<i>Toxocara canis</i> + <i>Dipylidium caninum</i>	22	136,8±12,5	189,3±11,5*	0,0	100,0	100,0
<i>Ancylostoma caninum</i> + <i>Taenia</i> spp.	4	406,0±17,2	423,0±2,4	0,0	100,0	100,0
<i>Trichuris vulpis</i> + <i>Taenia</i> spp.	4	70,5±1,0	90,0±4,1*	0,0	100,0	100,0
		354,5±24,7	402,8±8,2	0,0	100,0	100,0

Примітка: ДД – діагностичне дослідження; * $p \leq 0,05$ – відносно першого ДД.

Таблиця 2

Терапевтична ефективність антигельмінтика «Міпранол для собак» при легеневих гельмінтозах, M

Вид гельмінта	Кількість уражених собак	10-денний період до дегельмінтизації		10-та доба після останнього застосування препарату		
		П, личинок / г фекалій		3-тє ДД: П, личинок / г фекалій	ЕЕ, %	зниження кількості личинок, %
		1-ше ДД	2-ге ДД			
<i>Crenosoma vulpis</i>	2	22,5	24,0	0,0	100,0	100,0
<i>Angiostrongylus vasorum</i>	1	18	28	5	–	82,1

Примітка: ДД – діагностичне дослідження.

Лікування очного телязіозу собак таблетками «Міпранол для собак» також супроводжувалося значним терапевтичним ефектом. На 5-ту добу після повторного застосування препарату (за схемою: двічі через 7 діб) двом собакам, інвазованим *Th. callipaeda*, з клінічно вираженим паразитарним кератокон'юнкти-

вітом, у їхній слізній рідині була відмічена наявність лише поодиноких личинок паразитів за відсутності статевозрілих особин та покращення загального стану ока (припинення сльозотечі, зникнення набряку та почервоніння слизової оболонки ока); показник інтенсивності антигельмінтику становив 78,4 % (табл. 3).

Таблиця 3

Ефективність застосування антигельмінтика «Міпранол для собак» при телязіозі собак, M , $n=2$

Дослідні тварини	Інтенсивність інвазії, екземплярів <i>Thelazia callipaeda</i> в 20 мл змиву слізної та кон'юнктивальної рідини		Інтенсивність препарату, %
	до початку лікування	на 5-ту добу після другої дачі препарату	
Мопс, Тедді	11	2	81,82
Бігль, Рей	4	1	75
Середній показник	7,5	1,5	78,4

Оцінка ефективності «Міпранолу для собак» для профілактики дирофіліаріозу показала, що здорові тварини ($n=6$), які раз на місяць приймали препарат, були вільними від мікрофілярій *Dirofilaria* spp. (тобто ефективність засобу склала 100 %). В цей же період дві собаки з групи контролю ($n=6$), яким не застосовували антигельмінтик, в ідентичних умовах з дослідними тваринами заразились дирофіліаріозом: в липні-серпні у їх крові виявили мікрофілярій (табл. 4).

Процедура вимушеної або профілактичної дегельмінтизації «Міпранолом для собак» не супроводжувалась порушеннями клінічного стану тварин або проявом побічних небажаних реакцій

організму (собаки породи коллі, шелті, бобтейл або їх метиси в експерименті участі не приймали).

Таблиця 4

Профілактична ефективність антигельмінтика «Міпранол для собак» проти *Dirofilaria* spp.

Група	Кількість мікрофілярій/мл крові, екземплярів			
	травень	червень	липень	серпень
Дослід, $n=6$	0	0	0	0
Контроль, $n=6$	0	0	0,33±0,8	0,5±1,2

Таким чином, результати клінічного дослідження терапевтичної ефективності препарату «Міпранол для собак» показали, що у рекомендованому

виробником способом та кратності застосування і дозуванні він є ефективним засобом для лікування собак зі шлунково-кишковими нематодозами та профілактики дирофіляріозу в неблагополучних регіонах, особливо під час льоту комарів. Препарат безпечний при застосуванні, добре переноситься тваринами, не створює негативного впливу на клінічний стан собак.

Український «Міпранол для собак» з одним із дженериків Milbemax – першого препарату комбінації мільбеміцину оксима та празиквантелу. Milbemax був розроблений компанією Novartis (зараз – Elanco) і отримав перше широке схвалення у 2002 році. Завдяки його ефективності та безпеці, комбінація цих двох активних речовин є «золотим стандартом» у лікуванні та профілактиці гельмінтозів у собак і котів. Milbemax був розроблений і запатентований першим, тому він пройшов усі етапи клінічних досліджень за рахунок компанії-розробника. Дженерики почали випускатись іншими виробниками в останні роки по всьому світу після закінчення дії патенту на оригінальний препарат. Виробники зобов'язані довести біоеквівалентність до оригіналу, але не проводять настільки великих клінічних досліджень, як флагманський виробник.

Український «Міпранол для собак» є одним із дженериків Milbemax – першого препарату комбінації мільбеміцину оксима та празиквантелу. Milbemax, розроблений компанією Novartis (зараз – Elanco), був вперше схвалений у 2002 році й зарекомендував себе як високоефективний засіб для лікування і профілактики гельмінтозів у собак і котів [15–20]. Завдяки доведеній ефективності та безпечності, ця комбінація стала «золотим стандартом» у ветеринарній паразитології. Водночас, розробка дженериків (таких препаратів, як «Міпранол...»), не лише забезпечує локальний ринок доступними аналогами, але й дозволяє адаптувати лікувальні протоколи до специфіки ендемічних паразитарних інвазій.

Дослідження, проведені авторами, продемонстрували, що «Міпранол для собак» забезпечує ефективність, порівнянну з оригінальним препаратом. Це підтверджує його біоеквівалентність. Однак, результати також підкреслюють специфічні переваги препарату у профілактиці та лікуванні дирофіляріозу в умовах України. Наприклад, використання «Міпранолу...» у рекомендованих дозах дозволило запобігти розвитку цього небезпечного захворювання під час сезонної активності комарів.

Зіставлення з іншими науковими роботами підтверджує, що комбінація мільбеміцину оксима та празиквантелу зберігає високу ефективність проти більшості нематод і цестод, як зазначено у роботах Jenkins D. J. (2003) і Thomas H. (1977) та інших [10, 11, 15]. При цьому слід зазначити, що одержані в нашому дослідженні дані демонструють високу терапевтичну ефективність навіть у випадках змішаних інвазій, що не завжди досягається у зарубіжних дослідженнях [17–19].

Таким чином, «Міпранол для собак» може розглядатися як важливий внесок у розвиток української ветеринарної медицини шляхом забезпечення фахівців сучасним, економічно

доступним і безпечним засобом для боротьби з гельмінтами, специфічними для собак.

Висновки

1. Спеціалістами ТОВ «БРОВАФАРМА» розроблено комбінований анигельмінтний препарат «Міпранол для собак», призначений для лікування та профілактики інвазій, викликаних нематодами (*Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Ancylostoma caninum*, *Trichuris vulpis*, *Thelazia callipaeda*, *Crenosoma vulpis* і *Angiostrongylus vasorum*) і цестодами (*Taenia* spp., *Dipylidium caninum*, *Echinococcus* spp., *Mesocystoides* spp.), а також для боротьби зі змішаними інвазіями (наприклад, *Toxocara canis* + *Dipylidium caninum*), що було підтверджено результатами досліджень.

2. Клінічні дослідження показали, що одноразове застосування «Міпранолу для собак» забезпечує повну елімінацію яєць гельмінтів з фекалій у 100 % випадків (крім інвазій *A. vasorum* і *Th. callipaeda*, де інтенсивність складала 74,1 % і 78,4 % відповідно).

3. Препарат продемонстрував високу профілактичну ефективність проти дирофіляріозу в сезон активності комарів: серед собак, які щомісяця отримували «Міпранол», випадків зараження не було зафіксовано, у той же час в групі контролю виявлено до 0,5 екземплярів мікрофілярій/мл крові.

4. «Міпранол для собак» був безпечним для застосування: навіть після багаторазового використання у рекомендованих дозах не було зафіксовано побічних ефектів чи погіршення клінічного стану собак. Унікальні показники ефективності та безпечності відкривають перспективи для подальшого використання «Міпранолу для собак» у ветеринарній практиці, зокрема в регіонах, ендемічних по дирофіляріозу.

Перспективи подальших досліджень включають розширення лінійки препаратів з означеною комбінацією діючих речовин для інших видів цільових тварин та більш детальне вивчення впливу цих засобів на нетипові (для України) види гельмінтів.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Kotcumbas, I. Y., Bisyuk, I. Yu., Gorzheyev, V. M., Malyk, O. G., Zhila, M. I., Kosenko, Yu. M., Chajkovska, O. I., Muzika, V. P., Kotcumbas, G. I., Paterega, I. P., Mazurkevich, A. J., Levickij, T. R., Brezvin, O. M., Kushnir, I. M., Perig, Zh. M., & Ivaniv, M. I. (2013). *Klinichni doslidzhennya veterinarnih preparativ ta kormovih dobavok : monografiya*. Lviv : TOV «Vidavnicnij dim «SAM» [in Ukrainian]
2. Kosenko, M. V., Dostoyevskij, P. P., Berezovskij, A. V., Verbickij, P. I., Kosenko, Yu. M., & Nikitin, P. D. (1999). *Dovidnik veterinarnih preparativ i kormovih dobavok zarubizhnogo virobnictva*. Kyiv : Vetinform [in Ukrainian]
3. Kotcumbas, I. Y., Malyk, O. G., & Paterega, I. P. (2006). *Doklinichni doslidzhennya veterinarnih likarskih zasobiv*. Lviv: Triada plus [in Ukrainian]

4. Saari, S., Näreaho, A., & Nikander, S. (2019). Therapy and Control. *Canine Parasites and Parasitic Diseases*, 247–254. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814112-0.00012-x>
5. Galat, V. F., Yevstafiyeva, V. O., & Galat, M. V. (2009). *Morfologiya gelmintiv tvarin: Atlas. Navchalnij posibnik*. Poltava: VAT «Vidavnistvo Poltava» [in Ukrainian]
6. Vlizlo, V. V. (Red.). (2012). *Laboratorni metodi doslidzhennya u biologiyi, tvarinnictvi ta veterinarnij medicini: dovidnik*. Lviv: Spolom [in Ukrainian]
7. Galat, V. F., Berezovskij, A. V., Prus, M. P., & Soroka, N. M. (2004). *Parazitologiya ta invazijni hворobi tvarin. Praktikum : navchalnij posibnik*. Kyiv: Visha osvita [in Ukrainian]
8. Ponomar, S. I., Soroka, N. M., Litvinenko, O. P., Antipov, A. A., Goncharenko, V. P., Artemenko, L. P., Nebeshuk, O. D., Solovjova, L. M., Palamarchuk, O. V., Nebeshuk, L. V., & Yerohina, O. M. (2008). *Rekomendaciyi shodo gelmintologichnih doslidzen tvarin*. Bila Cerkva [in Ukrainian]
9. Dubova, O. A., Feshenko, D. V., Zghozinska, O. A., & Dubovij, A. A. (2024). *Zoonozni gelmintozni m'iasoyidnih tvarin*. Zhitomir: Ruta [in Ukrainian]
10. Thomas, H., & Andrews, P. (1977). Praziquantel – a new cestocide. *Pesticide Science*, 8, 556–560. <https://doi.org/10.1002/ps.2780080521>
11. Thomas, H., & Gonnert, R. (1978). The efficacy of praziquantel against cestodes in cats, dogs and sheep. *Research in Veterinary Science*, 24 (1), 20–25. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)33092-3](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)33092-3)
12. Markovki, M. M., Trindade, E. S., Cabrera, G., Laschuk, A., Galanti, N., Zaha, A., Nader, H. B., & Ferreira, H. B. (2006). Praziquantel and albendazole damaging action on in vitro developing *Mesocostoides corti* (Platyhelminths: Cestoda). *Parasitology International*, 55 (1), 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2005.09.005>
13. Greenberg, R. M. (2005). Ca^{2+} signalling, voltage-gated Ca^{2+} channels and praziquantel in flatworm neuromuscular. *Parasitology*, 131, 97–108. <https://doi.org/10.1017/S0031182005008346>
14. Grandemange, E., Claerebout, E., Genchi, C., & Franc, M. (2007). Field evaluation of the efficacy and the safety of a combination of oxantel/pyrantel/praziquantel in the treatment of naturally acquired gastrointestinal nematode and/or cestode infestations in dogs in Europe. *Veterinary Parasitology*, 145 (1–2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.11.013>
15. Jenkins, D. J., & Romig, T. (2003). Milbemycin oxime in a new formulation combined with praziquantel, does not reduce the efficacy of praziquantel against *Echinococcus multilocularis* in cats. *Journal of Helminthology*, 77 (4), 367–370. <https://doi.org/10.1079/joh.2003.191>
16. Di Cesare, A., Braun, G., Giulio, E., Paoletti, B., Aquilino, V., Bartolini, R., La Torre, F., Meloni, S., Drake, J., Pandolfi, F., Avolio, S., & Traversa, D. (2014). Field clinical study evaluating the efficacy and safety of an oral formulation containing milbemycin oxime/praziquantel (Milbemax®, Novartis Animal Health) in the chemoprevention of the zoonotic canine infection by *Dirofilaria repens*. *Parasites & Vectors*, 7, 347. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-347>
17. Motta, B., Schnyder, M., Basano, F. S., Nägeli, F., Nägeli, C., Schiess, B., Mallia, E., Lia, R. P., Dantas-Torres, F., & Otranto, D. (2012). Therapeutic efficacy of milbemycin oxime/praziquantel oral formulation (Milbemax®) against *Thelazia callipaeda* in naturally infested dogs and cats. *Parasites & Vectors*, 5, 85. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-85>
18. Ferroglio, E., Rossi, L., Tomio, E., Schenker, R., & Bianciardi, P. (2008). Therapeutic and prophylactic efficacy of milbemycin oxime (interceptor) against *Thelazia callipaeda* in naturally exposed dogs. *Veterinary Parasitology*, 154 (3–4), 351–353. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.03.011>
19. Rinaldi, L., Pennacchio, S., Musella, V., Maurelli, M. P., La Torre, F., & Cringoli, G. (2015). Helminth control in kennels: is the combination of milbemycin oxime and praziquantel a right choice? *Parasites & Vectors*, 8, 30. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0647-2>
20. Cardenas, R. H., Núñez, C. R., & Contreras, L. M. (2017). Efficacy of two anthelmintic treatments, spinosad/milbemycin oxime and ivermectin/praziquantel in dogs with natural *Toxocara* spp. infection. *Veterinary Parasitology*, 247, 77–79. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.09.016>

ORCID

- | | | |
|----------------|---|---|
| D. Feshchenko |  | https://orcid.org/0000-0002-4811-2488 |
| Yu. Dovhiy |  | https://orcid.org/0000-0002-9927-0646 |
| A. Berezovskiy |  | https://orcid.org/0000-0002-5825-9504 |
| O. Zghozinska |  | https://orcid.org/0000-0003-4622-6307 |



2025 Feshchenko D. 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.

Forensic veterinary examination and assessment of reproductive damage and pregnancy termination in animals caused by sharp and blunt objects

I. Yatsenko^{1,2} | V. Kozachok²

Article info

Correspondence Author

I. Yatsenko

E-mail:

yatsenko-1971@ukr.net

¹State University of Biotechnology, Alchevsky Str., 44, Kharkiv, 61002, Ukraine

²National Scientific Center "Hon. Prof. M. S. Bokarius Forensic Science Institute" 8-a Zolochivska St., Kharkiv, Ukraine, 61177, Ukraine

Citation: Yatsenko, I., & Kozachok, V. (2025). Forensic veterinary examination and assessment of reproductive damage and pregnancy termination in animals caused by sharp and blunt objects. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 193–206. doi: 10.31210/spi2025.28.01.30

The article analyzes the issue of forensic veterinary examination and assessment of reproductive damage and pregnancy termination in animals caused by sharp and blunt objects. The issues of traumatic loss of reproductive capacity in animals, their traumatic abortion, traumatic amputation of genitals are discussed, as well as the determination of the severity of damage inflicted on the animal health and mutilation. Additionally, the algorithm for conducting forensic veterinary examinations in cases of genital injuries is outlined. It is argued that the objects of forensic veterinary examination and assessment of reproductive damage and pregnancy termination due to damage are vertebrate animals. The subjects of such research are forensic veterinary experts. The subject of forensic veterinary examination is a set of factual data and circumstances of criminal proceedings (cases) related to the determination by a forensic veterinary expert of the damage inflicted on the health and life of an animal in connection with reproductive damage and pregnancy termination due to injury, by means of a multidisciplinary study of objects as information carriers, using appropriate means (methods) for the resolution of diagnostic and situational tasks. It is proposed that in order to determine reproductive damage in an animal, it is necessary to establish a causal relationship between the injuries inflicted on the animal, determined by physical methods of forensic veterinary examination, and the fact of reproductive damage or pregnancy termination. It has been proven that pregnancy termination in a female can be the result of direct damage to the uterus with fetuses, other genital organs, as well as a consequence of the female's death due to fatal injury, not directly related to the injury of the genital organs. In the context of forensic veterinary examination, pregnancy termination in animals due to damage of any etiology, regardless of gestational age, is assessed based on the damage to the uterus (where the fetuses developed) or other genital organs. It is substantiated that the loss of reproductive organs as a result of damage is a mutilation of an animal if, when interacting with the external environment, it will subsequently cause a restriction of manifestations of vital activity on a par with other animals of the same species. However, it has been shown that the loss of an organ, if it is removed by surgical intervention for economic or aesthetic purposes, for example, castration of an animal, ovariectomy, hysterectomy, tail amputation, decortication, ear resection, etc., is not a subject of forensic veterinary examination.

Keywords: forensic veterinary traumatology, animals, injuries, genitals, traumatic abortion, loss of reproductive function, mutilation.

Судово-ветеринарна експертиза та оцінка втрати репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності внаслідок ушкодження гострими й тупими предметами

I. В. Яценко^{1,2} | В. В. Козачок¹

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

²Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» м. Харків, Україна

У статті проаналізовано питання судово-ветеринарної експертизи та оцінки втрати репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності внаслідок ушкодження гострими й тупими предметами. Схарактеризовано питання щодо травматичної втрати репродуктивної здатності тварин, їх травматичного переривання вагітності, травматичної ампутації статевих органів, аргументовано визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварин та каліцтва, деталізовано алгоритм проведення судово-ветеринарного дослідження з травмами статевих органів. Аргументовано, що об'єктами судово-ветеринарного дослідження та оцінювання втрати репродуктивної здатності і переривання вагітності внаслідок ушкодження є хребетні тварини. Суб'єктами таких досліджень є судово-ветеринарні експерти. Предметом судово-ветеринарного дослідження є сукупність фактичних даних та обставин кримінального провадження (справи), пов'язаних із визначенням судмедекспертом шкоди, заподіяної здоров'ю і життю тварини у зв'язку з втратою твариною репродуктивної здатності і переривання вагітності внаслідок ушкодження, шляхом проведення всебічного дослідження об'єктів, як носіїв інформації, із застосуванням відповідних засобів (методів) з метою розв'язання діагностичних та ситуаційних завдань. Стверджується, що для визначення втрати репродуктивної здатності тварини необхідна наявність причинно-наслідкового зв'язку між заподіяними тварині ушкодженнями, встановленими фізикальними методами судово-ветеринарного дослідження, і фактом втрати репродуктивної здатності чи переривання вагітності. Доведено, що переривання вагітності самки може бути в результаті безпосереднього ушкодження матки з плодами, інших статевих органів, а також як наслідок загибелі самки у зв'язку із смертельним ушкодженням, безпосередньо не пов'язаним із травмою статевих органів. Переривання вагітності тварин через ушкодження будь-якої етіології в судово-ветеринарній експертизі оцінюється незалежно від строків вагітності ушкодженням матки, в якій розвивалися плоди чи інших статевих органів. Обґрунтовано, що втрата репродуктивних органів в результаті ушкодження є каліцтвом тварини, якщо при її взаємодії із зовнішнім середовищем спричинить у подальшому обмеження проявів життєдіяльності на рівні з іншими тваринами цього ж виду. Проте показано, що втрата органа, якщо його видалено шляхом оперативного втручання з господарською або естетичною метою, наприклад, кастрація тварини, овариоектомія, гістеректомія, екзартикуляція хвоста, декорнуація, резекція вушних раковин тощо не є предметом судово-ветеринарної експертизи.

Ключові слова: судово-ветеринарна травматологія, тварини, травми, статеві органи, травматичне переривання вагітності, втрата відтворювальної функції, каліцтво.

Бібліографічний опис для цитування: Яценко І. В., Козачок В. В. Судово-ветеринарна експертиза та оцінка втрати репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності внаслідок ушкодження гострими й тупими предметами. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 193–206.

Вступ

Жорстоке поводження з тваринами є кримінально караним діянням в Україні, відповідно до ст. 299 Кримінального кодексу (*далі – КК України*) [1, 2]. Частиною 1 зазначеної статті КК передбачено підстави для кримінальної відповідальності за цей злочин: заподіяння тварині тілесних ушкоджень, її скалічення або загибель. Відтак, одним із негативних наслідків тілесних ушкоджень для здоров'я і життя тварин, може стати втрата репродуктивної здатності, травматичне перевивання вагітності [3] та каліцтво [4].

Зосередившись на дослідженнях, пов'язаних з патологією репродуктивних органів тварин травматичного та іншого характерів, констатуємо, що це питання було предметом наукових дискусій низки українських вчених ветеринарної медицини, з-поміж них: О. М. Чекан [5] надав науково-практичне обґрунтування корекції репродуктивної здатності за неплідності корів, зумовленої зеараленоном та деоксиніваленолом; А. Куліш та В. Бородиня [6] з'ясували причини переривання вагітності у сук; V. Koshevoy et al. [7] обґрунтували патогенетичне значення окисного стресу та антиоксидантного захисту у самців тварин як чинники втрати репродуктивної функції; А. Г. Сераджимова [8] обмірковувала проблему механічного травмування родових шляхів під час родів у корів.

Багато наукових публікацій з приводу оцінки каліцтва статевих органів у людей можна знайти на шпальтах наукових українських медичних і юридичних журналів. Відтак, каліцтво статевих органів в судовій медицині деталізував І. Митрофанов [9]; проблеми кримінально-правової оцінки каліцтва статевих органів як однієї з ознак тяжкого тілесного ушкодження з'ясував А. В. Шкаберін [10]; каліцтво статевих органів як наслідок умисного тяжкого тілесного ушкодження студіювали А. С. Політова, М. О. Акімов [11]; питання кримінальної відповідальності за калічення жіночих статевих органів розкрив А. О. Байда [12].

Крім того, наукові розвідки свідчать, що дослідження шкоди, заподіяної здоров'ю тварин, зокрема, й через втрату репродуктивної здатності й переривання вагітності внаслідок ушкодження гострими й тупими предметами, обмірковували включно з ученими харківської наукової судово-ветеринарної школи [13], іноземні вчені: N. Quan et al. [14], V. Puy et al. [15] (пошкодження яєчників у мишей низькими дозами загального опромінення тіла); C. L. Armstrong & A. N. Baird (аномалії мошонки і сім'яників у тварин) [16]; A. Sigdel et al. [17], B. D. Smith [18], P. A. Ferraz et al. [19], S. Matsuyama [20], L. C. Carneiro et al. [21] (неплідність корів через патологію ендометрію); S. Pailler et al. [22], R. Nagman [23] (вплив пірометри на репродуктивну здатність дрібних тварин); F. M. Dalanezi et al. [24], Y. Lavon et al. [25], N. Wang et al. [26] (вплив патогенів, що спричиняють мастит, на порушення репродуктивної функції корів); E. Skovorodin et al. [27] (вплив захворювань яйцеводів на репродуктивну

здатність корів); D. Hartmann et al. [28] (вплив цервіциту у корів та відтворення); R. Santacruz-Márquez et al. [29], M. Tidière et al. [30], A. M. Polonio et al. [31] (вікові зміни та їх вплив на репродуктивну функцію); K. A. Dimac-Stohl et al. [32] (вплив екологічних факторів на спонтанний аборт та пригнічення репродуктивної функції самок); M. V. Macchi et al. [33], L. Aymée et al. [34] (лептоспіроз як причина неплідності худоби); C. F. Oguejiofor et al. [35], P. Gisbert et al. [36], O. Sahin et al. [37] (вплив збудників інфекційних хвороб на репродуктивні розлади у худоби); K. Wang et al. [38], O. O. Uchewa et al. [39], M. Khushboo et al. [40] (вплив різних речовин на пошкодження сім'яників тварин); A. T. B. Guimarães [41] (вплив окремих екологічних чинників на репродуктивну здатність самців); F. A. V. D. Leal et al. [42], C. Lea et al. [43], B. W. Christensen et al. [44] (вплив запалення передміхурової залози на відтворювальну функцію тварин). Безумовно, наукові доробки українських та закордонних вчених сприяли розв'язанню деяких проблем, хоча окремі питання до нині не привернули належної уваги дослідників.

Украї важливо зазначити, що для встановлення фактичних даних та обставин правопорушення щодо здоров'я і життя тварин, у судочинстві застосовуються спеціальні ветеринарні знання, довершеною формою яких є *судово-ветеринарна експертиза* [45]. З огляду на це, маємо наголосити, що такий різновид тілесних ушкоджень тварин як втрата репродуктивної здатності внаслідок ушкодження або травматичне переривання вагітності має не лише загально-ветеринарне, а й судово-ветеринарне значення, оскільки впливає на репродуктивну функцію та здоров'я тварин загалом.

Особливе значення з точки зору судово-ветеринарної експертизи мають травми репродуктивних органів тварин, заподіяні на місці події правопорушення гострими предметами. Проте недостатньо досліджені з позицій судово-ветеринарної експертизи, а також не меншою проблемною є судово-ветеринарна оцінка зазначених травм. Тож, дослідження цього питання вперше у світовій практиці започатковане вченими Харківської наукової судово-ветеринарної школи: розроблена «Методика судово-ветеринарного дослідження тварин з метою встановлення їх каліцтва» (*далі – Методика*), яка нині внесена в державний Реєстр методик судово-ветеринарних досліджень Міністерства юстиції України [46], а також методичні рекомендації «Правила судово-ветеринарного визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини» (*далі – Правила*) [47].

Зважаючи на те, що питання судово-ветеринарної оцінки ушкоджень репродуктивних органів тварин гострими предметами (колючими, ріжучими, колюче-ріжучими, пиляючими, рубуючими) не були предметом системного дослідження науковців та судових експертів-практиків, підтверджує актуальність та перспективність цієї теми як з теоретичного, так і з практичного поглядів, отже, потребує вичерпної аргументації.

Мета дослідження

Мета роботи – охарактеризувати особливості ушкодження тварин, наслідком яких стала втрата їх репродуктивної здатності або травматичне переривання вагітності та обґрунтувати їх судово-ветеринарну оцінку.

Матеріали і методи

Об'єктами судово-ветеринарного дослідження були живі підекспертні тварини та підекспертні труп тварин (як самці, так і самки) у яких констатовано механічні ушкодження статевих органів.

Методологічна основа дослідження базується на використанні загально- та спеціально наукових методів. Із кола загальнонаукових методів використано: аналіз та синтез, індукція й дедукція, аналогія для визначення сутності – категорійного апарату; метод моделювання – для прогнозування та розроблення проблематики судово-ветеринарного визначення втрати репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності внаслідок ушкодження.

Із спеціально-наукових методів застосовані клінічний судово-ветеринарний (спрямований на постановлення прижиттєвого судово-ветеринарного діагнозу живої підекспертної тварини з ознаками травм, хвороб, каліцтва, а також визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини тощо) та патоморфологічний судово-ветеринарний метод (для постановки посмертного судово-ветеринарного діагнозу, визначення ступеня тяжкості тілесних, ушкоджень тварини, виявлення ознак насильницької смерті).

Емпіричну базу дослідження становить аналіз висновків експертів за результатами проведення судово-ветеринарної експертизи щодо жорстокого поводження з тваринами, проведених упродовж 2010–2024 років у Бюро судово-ветеринарних досліджень Харківської державної зооветеринарної академії (нині – *Державний біотехнологічний університет*) та Національному науковому центрі «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України.

Результати та їх обговорення

1. Загальні методичні положення

Більшість зареєстрованих травм статевих органів тварин заподіюються дією тупих та гострих предметів з обмеженою поверхнею, під час дорожньо-транспортних пригод за участі тварин, у разі вогнепальної травми, під час статевого акту, зубами інших тварин. У самців за локалізацією найчастіше реєструються ушкодження сім'яників та їх придатків (31 %), мошонки (синці, садна, рани, крововиливи в тканину сім'яників, розрив їх оболонок) (15 %) та/або статевого члена (синці, садна, крововиливи в кавернозні тіла) (36 %), а також поєднані ушкодження сім'яників, мошонки і статевого члена (18 %).

Тяжкі травми статевих органів в нашій судово-ветеринарній практиці реєструвались особливо в нинішніх воєнних умовах від вибухової або

осколкової травми (31 %), а також під час дорожньо-транспортної пригоди за участю тварин (19 %), боїв за участю тварин, а також напад одних тварин на інших (19), ударяння ногою людини (9 %), виробничі травми (22 %) тощо, отже, заподіюються гострими (42 %) або тупими (58 %) предметами. Проникаючі травми статевих органів самців зустрічаються значно рідше. Серед усіх органів розмноження, сім'яники з придатками, а також мошонка є найбільш вразливими. Травми сім'яників поділяють на забої або, якщо є розрив білкової оболонки – розриви; розчавлення, травматична ампутація. Ізольовані травми мошонки в судово-ветеринарній практиці зустрічались рідко і зазвичай вони утворюються внаслідок опіків, відривів або проникаючих ушкоджень.

Рани (різані, колоті, кусані) мошонки були від невеликих, поверхневих до обширних рваних. Крім того, ушкодження мошонки, сім'яників з їх придатками, статевого члена були характерні для транспортної, вогнепальної та вибухової травми. Вони ускладнювались гематомами, розривами оболонок і тканин сім'яників, травматичною ампутацією статевого члена.

Травми статевого члена мали різні механізми. Відтак, перелом статевого члена у вигляді розриву печеристих тіл, найчастіше відбувається, коли зазначений орган із зусиллям згинається під час статевого акту, тому така травма часто супроводжується ушкодженням сечостатевого каналу. Також вогнепальні поранення часто супроводжуються ушкодженням сечостатевого каналу.

Ускладненнями ушкоджень статевих органів є інфекції, включаючи некротичні інфекції, втрата тканин (дефект «тканина-мінус»), еректильна дисфункція, гіпогонадизм, обтураційне безпліддя та рубцювання уретри з наступним порушенням її прохідності. В судово-ветеринарній практиці ці явища оцінюють з плином часу, адже ступінь тяжкості шкоди здоров'ю тварини може суттєво змінитись, проти попередніх термінів, про що обов'язково судово-ветеринарний експерт має вказати у висновку експерта. Однією із обов'язкових умов врахування зазначених ускладнень, є їх причинно-наслідковий зв'язок із травмою. Це обґрунтовується тим, що з одного боку ушкодження можуть бути не суттєвими (синці мошонки, гематоми сім'яників тощо), адже завершення травматичної хвороби відбудеться у термін до 21 доби, з іншого боку – вплив забою та струсу сім'яників і їх придатків буде суттєвим.

Найбільш чутливими до ушкодження є сперматогенний епітелій сім'яників та фолікулярний епітелій яєчників. Порушення сперматогенезу й овогенезу прямо залежить від тривалості й ступеня вираженості розладу кровообігу, оскільки наслідком синців мошонки й гематом сім'яників може стати фіброзне переродження тканин цих органів, а у разі задіяння у цьому процесі сім'явиносних протоків – стійка (незворотна) аспермія.

Крім того, у більшості випадків, травмування зовнішніх статевих органів призводить до посттравматичного епідіміту та орхоепідіміту, наслідком якого є безпліддя тварини. Слід

особливо акцентувати увагу, що під час ушкодження зовнішніх статевих органів, особливо у самців, може виникати шокогенна реакція, зумовлена тим, що зазначені органи є специфічною рефлексогенною зоною. Наслідком такої травми за певних умов є зупинка серця та раптова смерть тварини, що в судово-ветеринарній експертизі оцінюється як тяжке тілесне ушкодження, небезпечне для життя в момент заподіяння. Під час судово-ветеринарного розтину трупів тварин реєструються патоморфологічні зміни, характерні для «гострої смерті».

Водночас конкретизуємо, якщо під час судово-ветеринарного розтину трупа тварини виявлені хоч будь-які ушкодження статевих органів (як зовнішніх, так і внутрішніх), для гістологічного дослідження необхідно відібрати, крім стандартно визначених зразків внутрішніх органів, ще й сім'яники з придатками, оточуючі їх тканини, ділянки статевого члена, якщо в ньому зареєстровані ушкодження.

Ушкодження статевих органів самок тварин може відбуватись в результаті злочинних діянь, пов'язаних із жорстоким поводженням. Внутрішні статеві органи самок тварин (яєчники, яйцепроводи, матка, піхва, присінок піхви) ушкоджуються значно рідше, зокрема це може бути під час вогнепальних або осколкових поранень, заподіяння ушкоджень гострими предметами з проникненням в черевну та/або тазову порожнину (*рис. 1*), а також у разі дефектного виконання оперативних втручань на них. Проте, ушкодження зовнішніх статевих органів самок реєструються під час як природного, так і штучного їх осіменіння, дефектного надання родової допомоги, а також під час насильницьких дій щодо тварини, спрямовані на задоволення статевої пристрасті людиною тощо.



Рис. 1. Різана рана матки суки з проникненням у її порожнину.

Із архіву Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса» (2024).

Об'єктами судово-ветеринарного дослідження та оцінювання втрати репродуктивної здатності й переривання вагітності внаслідок ушкодження є тварини незалежно від використання (домашні, дикі, сільсько-господарські, екзотичні, зоопаркові), належності тварини (безпритульні, комунальної, приватної, державної), умов мешкання (в природних умовах, у неволі), продуктивності (продуктивні та/або непродуктивні), місця утримання (безпритульні, агрофірм, домашні, дикі, зоопаркові), цілей використання

(у розважальних, видовищних, кінематографічних, спортивних та спеціальних заходах, в експериментальних цілях), віку (зрілі, молодняк, старі), статі (самки, самці).

Суб'єктами таких досліджень є судово-ветеринарні експерти. У разі відсутності такого експерта, ветеринарне дослідження тварини може провести лікар ветеринарної медицини, який має освітній рівень «спеціаліст» або «магістр» і є компетентним у сфері судово-ветеринарної діяльності. Проте тяжкість шкоди, заподіяної здоров'ю тварини, а також каліцтво і причино-наслідковий зв'язок між ушкодженням та ризиками здоров'я тварини визначає виключно судово-ветеринарний експерт.

Предметом судово-ветеринарного дослідження є сукупність фактичних даних та обставин кримінального провадження (справи), пов'язаних із визначенням судоветекспертом шкоди, заподіяної здоров'ю і життю тварини у зв'язку із втратою твариною репродуктивної здатності й переривання вагітності внаслідок ушкодження, шляхом проведення всебічного дослідження об'єктів, як носіїв інформації, із застосуванням відповідних засобів (методів) з метою розв'язання діагностичних та ситуаційних завдань.

Під час судово-ветеринарного дослідження тварини з ушкодженнями репродуктивних органів використовують такі методики та методичні рекомендації: «Методику судово-ветеринарного дослідження живої підекспертної тварини» [48], «Методику судово-ветеринарного дослідження тварин з метою встановлення їх каліцтва» [46], методичні рекомендації «Правила судово-ветеринарного визначення ступеня тяжкості шкоди, заподіяної здоров'ю тварини» [47], «Методику судово-ветеринарної експертизи трупів тварин» [49], «Методику судово-ветеринарної експертизи трупів тварин за їх різних станів та виду смерті» [50].

2. Травматична втрата репродуктивної здатності

Репродуктивною здатністю (фертильністю) тварин слід вважати стан фізичної можливості до парування, запліднення, виношування плоду, пологів, можливості настання наступної вагітності. На неї впливають вид, вік, порода тварин, маса тіла, стреси, деякі захворювання статевих органів, через вплив на гормональний фон, непрохідність яйцепроводів тощо. Проте у цій роботі увагу буде зацентровано на такому ветеринарному аспекті як травматична втрата репродуктивної здатності тварин. Відповідно до п. 1.14 «Правил» [47], з точки зору судово-ветеринарної експертизи під тілесними ушкодженнями (травмою) необхідно розуміти шкоду здоров'ю у вигляді тимчасового або стійкого його розладу, каліцтва або смерті тварини, що виникло від дії одного або кількох травмуючих чинників зовнішнього середовища (фізичних: механічних, барометричних, термічних, променевих; хімічних, біологічних) і проявляється порушенням анатомічної цілісності, структури та функції тканин, органів чи частин тіла тварини. Відтак, під *травматичною втратою репродуктивної здатності* тварини (самця і самки) необхідно розуміти втрату здатності до

парування, зачаття чи запліднення, виношування плоду, а також пологів та можливості настання наступної вагітності. Це може проявлятися втратою репродуктивних органів у зв'язку з травмою травми, перериванням вагітності внаслідок ушкодження, незалежно від строку останньої, і за відсутності патології. Для визначення втрати репродуктивної здатності тварини необхідна наявність причинно-наслідкового зв'язку між заподіяними тварині ушкодженнями, встановленими фізикальними методами судово-ветеринарного дослідження, і втратою репродуктивної здатності або перериванням вагітності.

Втрата будь-якого статевого органу, якщо його видалено шляхом оперативного втручання з господарською або естетичною метою, наприклад, кастрація тварини, овариоектомія, гістеректомія тощо не є предметом судово-ветеринарної експертизи. Це пояснюємо тим, що предметом судово-ветеринарної експертизи є ушкодження, заподіяні в процесі реалізації злочинного умислу щодо здоров'я і життя тварин, коли в діях суб'єкта злочину є ознаки насилля над твариною, до прикладу, жорстоке поводження, браконьєрство, екоцид, порушення правил утримання й експлуатації тварин тощо. На противагу цього, обґрунтоване і прямо не заборонене оперативне втручання з господарською або естетичною метою не містить злочинного умислу щодо посягання на здоров'я і життя тварин.

Також вище окреслені оперативні втручання хоч в тій чи іншій мірі змінюють екстер'єр тварини, до прикладу: кастрація тварин тощо, порушують анатомічну цілісність тканин, органів, частин тіла та їх функції, проте не є предметом судово-ветеринарної експертизи, адже виконуються з господарською або естетичною метою та не проявляються невластивими тварині фізичними вадами, незвичним, протиприродним, скаліченим, понівеченим, потворним, дуже негарним, огидним, жакливим, відразливим її видом, що узгоджується з вимогами п. 2.7 «Правил» [47].

3. Травматичне переривання вагітності

Переривання вагітності тварин через ушкодження будь-якої етіології в судово-ветеринарній експертизі оцінюється незалежно від строків вагітності, що узгоджується із п. 2.2.4. Правил [47]. Приведемо приклад із практики судово-ветеринарної експертизи. Відтак, сука за кличкою Бєрта була доставлена у клініку ветеринарної медицини з вогнепальним пораненням. Тварина не опиралась на кінцівки, спостерігався опістотонус. Під час повороту голови були виражені больові напади. Під час клінічного огляду в ділянці черевної порожнини з лівого боку помітні 2 ранових отвори розміром 3–4 мм, кілька ранових отворів зафіксовано в ділянці голови та шиї (рис. 2).

Рентгенологічними дослідженнями встановлено наявність сторонніх предметів в проекції 6-го поперекового хребця ліворуч, 5-го шийного хребця праворуч, 1-го шийного хребця ліворуч, один сторонній предмет всередині черепної порожнини і кілька – в лицевій частині черепа. Всі сторонні предмети однакового зовнішнього вигляду, рентгенщільні, їх діаметр – близько 4 мм. Спостерігається уламковий перелом 2 шийного хребця.

Тварина загинула. У тілі матки містяться 4 плода, строком вагітності – 30–35 діб (рис. 2б).

Під час судово-ветеринарного розтину виявлене проникаюче ушкодження в мозкову порожнину без ушкодження головного мозку, а також проникаюче ушкодження черевної стінки із ушкодженням матки – є тяжким тілесним ушкодженням, небезпечним для життя в момент заподіяння (рис. 2а). Решта виявлених тілесних ушкоджень (в ділянці шиї ліворуч, біля лівої вушної раковини, не проникаюче ушкодження в передлопатковій ділянці зліва (в проекції передвісного м'яза; в ділянці попереку) є ушкодженнями середньої тяжкості.

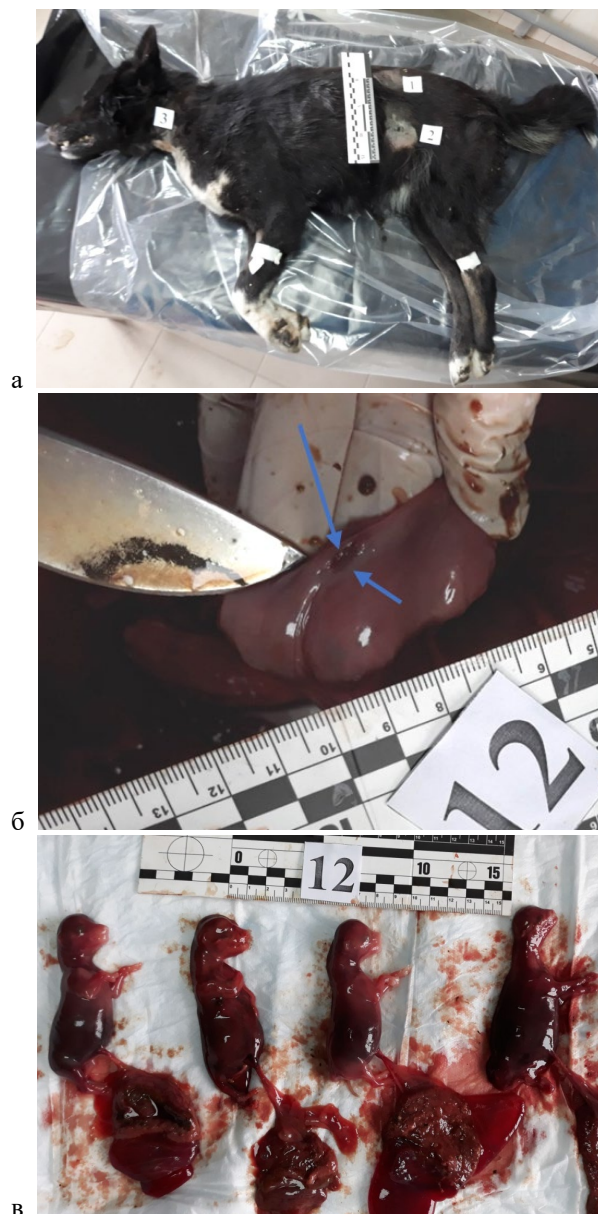


Рис. 2. Травматичне переривання вагітності у суки за кличкою Бєрта внаслідок ушкодження високошвидкісними кінетичними снарядами:

а – зовнішній вигляд трупа суки (цифрами показано ранові входні отвори на трупі); б – рановий отвір в матці трупа суки (вигляд з боку серозної оболонки, показано стрілками); в – чотири сформовані плоди, що вилучені із матки (строк вагітності тварини близько 30–35 діб).

Із архіву Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса» (2023).

Механізмом спричинення тілесних ушкоджень, виявлених в трупі собаки за кличкою Берта, є *забій і пробиття*, що морфологічно проявляється наявністю вхідних отворів діаметром 0,3–0,4 мм. Ушкодження могли бути спричинені високошвидкісним кінетичним снарядом.

Усі ушкодження, виявлені у трупі собаки за кличкою Берта, є прижиттєвими. Виникнути самостійно під час життя тварини вони не могли, а є наслідком дій екзогенного (зовнішнього) походження.

Від дії нанесених травм у суки за кличкою Берта розвинувся тяжкий травматично-больовий шок. Ушкодження носили надзвичайно болісний характер від моменту ушкодження до настання смерті, спричинили тяжкий, гострий, тривалий фізичний біль в посттравматичному періоді, а також заподіяли значні страждання тварини перед смертю.

Судово-ветеринарний діагноз: проникаючі вогнепальні рани в ділянці голови і черевної стінки; не проникаюче ушкодження в передлопатковій ділянці зліва (в передвісному м'язі); не проникаючі вогнепальні рани шиї, попереку; наявність у раневих каналах частинок дробового заряду; вогнепальне ушкодження тіла матки із проникненням у порожнину органа (*рис. 2б*); плямисті крововиливи в обох легенях.

Отже, вище наведений приклад із практики судово-ветеринарної експертизи щодо вогнепального ушкодження суки за кличкою Берта свідчить, що травматичне переривання вагітності у цієї тварини має прямий необхідний причинно-наслідковий зв'язок, оскільки власне переривання вагітності відбулося не лише через загибель суки внаслідок її вогнепального ушкодження, а й у зв'язку з проникаючим ушкодженням матки, в якій розвивалися плоди.

Інший випадок із практики судово-ветеринарної експертизи свідчить, що травматичне переривання вагітності косулі відбулося через смерть тварини виключно від вогнепального ушкодження (*рис. 3а*), наслідком якого був розрив спинного мозку і його оболонок на рівні 7-го шийного сегмента, а також розрив правого та лівого вагосимпатичних стовбурів в результаті чого виник параліч тіла з порушенням всіх життєво-важливих функцій організму тварини; гостра крововтрата, яка виникла через травматичний розрив правої та лівої яремних вен, правої та лівої загальних сонних артерій, а також геморагічний, ішемічний та гіповолемічний, травматично-больовий шок тяжкого ступеня. При цьому статеві органи не були ушкоджені. На момент смерті косуля, труп якої було досліджено, знаходилась у *стані вагітності*. У матці виявлено два плоди віком приблизно 3 місяці (*рис. 3б*).

Проілюструємо ще кілька прикладів травматичного переривання вагітності у дикої свині (*рис. 4*) та зайчички (*рис. 5*), у яких під час судово-ветеринарного розтину трупа виявлено смертельне вогнепальне ушкодження, проте статеві органи, зокрема й матка з плодами, ушкоджені не були.

Отже, травматичним перериванням вагітності, є і такі ушкодження, заподіяні тварині, які призводять до смерті самки, проте прямо не ушкоджують статевих

органів. З точки зору судово-ветеринарної експертизи вони оцінюються як шкода, заподіяна тварині тяжкого ступеня. Травматичне переривання вагітності необхідно диференціювати від патологічної вагітності, яка супроводжується порушенням фізіологічних процесів в організмі вагітної самки та в організмі плода, яка також може закінчитись перериванням вагітності внаслідок абортів, мацерації плодів тощо.



Рис. 3. Травматичне переривання вагітності у козулі звичайної внаслідок вогнепального ушкодження: а – вхідний рановий отвір в проєкції 7-го шийного хребця в задній третині шиї, ліворуч (показано стрілкою); б – два сформованих плоди, що вилучені із матки трупа козулі (строк вагітності тварини близько 90 діб).

Із архіву Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса» (2024).

4. Травматична втрата статевих органів

Стійкою, тобто постійною і повною втратою будь-якого статевого органа є повне фізичне його відокремлення від тіла тварини, а також, якщо в організмі тварини настав такий стан, коли протягом усього її життя у посттравматичному періоді існує повна незворотна втрата функцій, притаманних втраченому органу, котра повністю вже ніколи не відновиться (афункція). Проте, частковою втратою будь-якого статевого органа є такий стан, коли відбулось не повне його відокремлення від тіла тварини, а також, якщо настав посттравматичний парез цього органа, в результаті чого він не може в достатній мірі виконувати свої специфічні функції (*функціональна втрата*) для забезпечення природної життєдіяльності тварини. Це узгоджується із п. 2.6 «Правил» [47].



Рис. 4. Вміст матки дикої свині, смерть якої настала від вогнепального ушкодження:
а – загальний вигляд труп дикої свині з вхідним рановим отвором; б – загальний вигляд матки свині із плодами;
в – плоди поросят.

Із архіву Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса» (2024).



Рис. 5. Вміст матки зайчихи, смерть якої настала від вогнепального ушкодження:
а – загальний вигляд зайчихи із вхідним вогнепальним отвором; б – матки зайчихи; в – плоди зайченят.

Із архіву Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса» (2024).

Перш ніж схарактеризувати травматичну ампутацію статевих органів у тварин, надамо дефініцію «ампу́тація». Відтак, ампутація (*amputo* – відрізати, лат.) – повне відтинання периферичної частини будь-

якого органа (статевого члена, мошонки тощо) або частини тіла (кінцівки, хвоста). Ампутація статевих органів внаслідок ушкодження призводить до стійкої втрати органа або ділянки тіла. Тож окремо

схарактеризуємо такий різновид втрати репродуктивної здатності самців як *травматична ампутація статевого члена та/або мошонки*. Відтак, *стійкою (повною) втратою* статевого члена є повне механічне його відокремлення від тіла тварини на рівні кореня (фізична втрата) або, якщо статевий член морфологічно цілісний, проте настав такий стан, коли в посттравматичному періоді тварини існує повна незворотна втрата його функцій, котра повністю вже ніколи не відновиться (функціональна втрата).

Водночас, *частковою втратою* статевого члена є його не повне механічне відділення від тіла тварини на будь-якому рівні (голівки, тіла), а також, якщо настав посттравматичний парез цього органа, в результаті чого він не може в достатній мірі виконувати свої специфічні функції для забезпечення репродуктивної здатності (гіпофункція).

Травматична ампутація статевого члена та розлади здоров'я та/або каліцтво самця обов'язково мають перебувати у прямому причинно-наслідковому зв'язку. Проте, імпотенція самців або неплідність у самок, зумовлена віковими змінами їх організму, не є каліцтвом з точки зору судово-ветеринарної експертизи.

Травматичною ампутацією мошонки слід вважати повне або часткове механічне її

відокремлення від тіла тварини на будь-якому рівні. Вважаємо недоцільним виокремлювати повну і часткову ампутацію мошонки, оскільки її втрата на будь-якому рівні (основи, тіла, верхівки) призводить до втрати нею функції, як органа для розміщення сім'яників та їх придатків.

Проілюструємо судово-ветеринарну оцінку тілесних ушкоджень пса, що спричинили втрату репродуктивної здатності тварини, прикладом із власної судово-ветеринарної практики. Відтак, об'єктом судово-ветеринарного дослідження був пес віком 4 роки, якому жінка умисно заподіяла тілесне ушкодження у вигляді травматичної ампутації статевого члена за допомогою кухонного ножа (відомо із постанови слідчого). Підекспертний пес належить до класу ссавців, типу хордових, є *хребетною твариною*. Така теза, сформульована у висновку експерта, надасть суб'єкту розслідування можливість кваліфікувати злочинні діяння особи за ознаками статті 299 КК України (жорстоке поводження з тваринами).

Визначаючи тяжкість ушкодження та ознаки каліцтва у підекспертної тварини, пов'язаної із ушкодженням статевих органів, судово-ветеринарному експертові доцільно дотримуватись алгоритму, який подано на **рис. 6**.

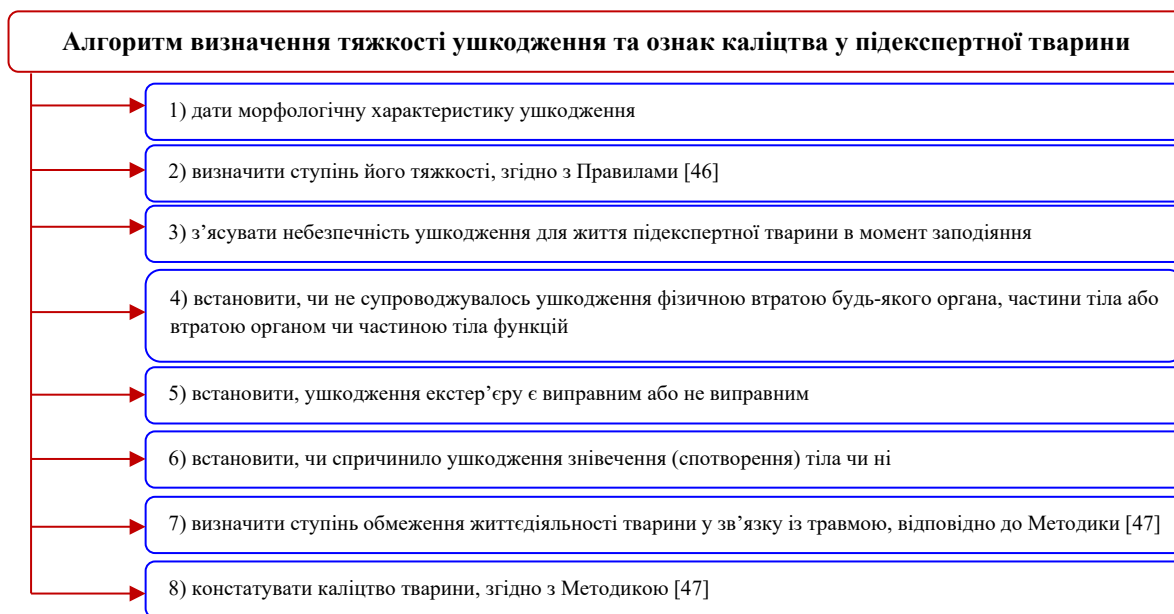


Рис. 6. Блок схема: «Алгоритм визначаючи тяжкості ушкодження та ознак каліцтва у підекспертної тварини»

Відтак, у підекспертного пса встановлено такі ушкодження (судово-ветеринарний діагноз): травматична ампутація статевого члена та гематома крайньої плоті статевого члена (**рис. 7**). Характером ушкодження є різана рана, що знаходиться у пахвинній ділянці. Її форма півмісяцева; за зведених країв – лінійна; довжина переважає над шириною та глибиною; краї: рівні, гладенькі, слабо синюшні; кінці рани з насічкою; рана зяє.

Механізмом утворення рани в ділянці статевого члена є дія предмета з гострим лезом у вигляді тиску на тіло тварини в точці початку руху травмуючого знаряддя, прогинання тканин тіла під його дією, протягування леза по тілу, розсікання тканин, поступове зменшення тиску ріжучого предмета на тіло в момент припинення його руху. Відтак, остання

утворилась в результаті травматичної ампутації статевого члена від дії механічного знаряддя травми, яким міг бути кухонний ніж.

Характером ушкодження крайньої плоті статевого члена є гематома – заповнена кров'ю порожнина крайньої плоті, що утворилася внаслідок внутрішньої кровотечі. Механізмом її утворення є дія тупого травмуючого предмета з обмеженою поверхнею.

Судово-ветеринарним експертом констатовано, що ушкодження, заподіяні підекспертному псу, могли виникнути у час і за обставин, зазначених у постанові слідчого. Беручи до уваги характер та локалізацію травм, останні виникнути самостійно без стороннього втручання не могли.

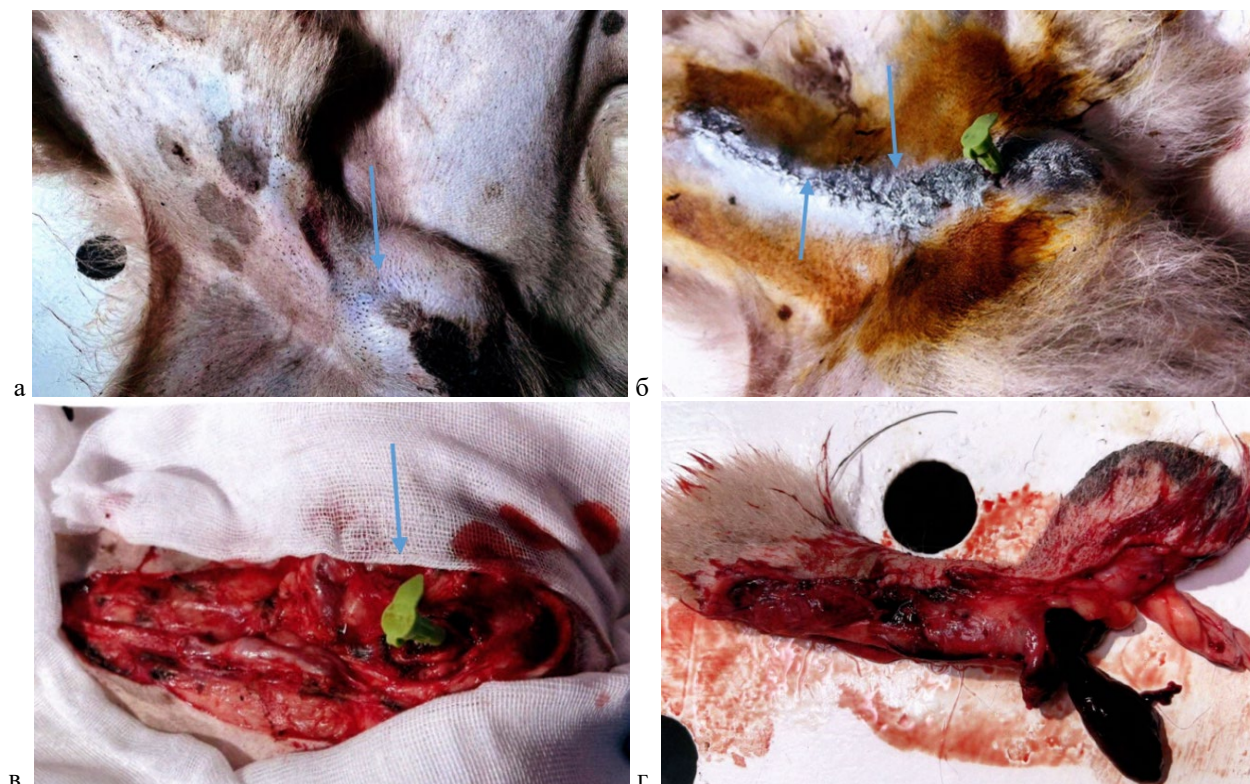


Рис. 7. Травматична ампутація статевого члена у підекспертного пса:

а – гематома крайньої плоти статевого члена пса; б – вигляд ділянки статевого члена після хірургічної операції; в – вигляд ділянки статевого члена пса під час хірургічної операції. У сечостатевий канал вставлена уретростома; г – залишки ампутованого статевого члена пса.

Із архіву Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса» (2023).

5. Ступінь тяжкості тілесних ушкоджень

Тяжкість ушкоджень, зокрема й статевих органів, відповідно до «Правил» [46], вимірюється ступенями. Тож застосовують три ступеня: тяжкі тілесні ушкодження (небезпечні для життя тварини в момент заподіяння; втрата органа або ділянки тіла; не виправне знівечення екстер'єру тварини; травматичне переривання вагітності); середньої тяжкості (відсутні критерії і ознаки тяжких тілесних ушкоджень; стійка тривала втрата здатності до виконання корисної роботи строком понад 21 добу) й легкі (із незначними скороминущими наслідками, тривалістю не більш як 6 діб; із короточасним розладом здоров'я тварини та/або втратою загальної здатності до виконання корисної роботи тривалістю понад 6 діб, але не більше як 21 добу).

Проілюструємо судово-ветеринарну оцінку ступеня тяжкості тілесних ушкоджень у пса, якому його власниця ампутувала статевий член за допомогою кухонного ножа, що у свою чергу, спричинило втрату репродуктивної здатності, прикладом із власної судово-ветеринарної практики. Відтак, слід констатувати, що ушкодження, у вигляді травматичної ампутації статевого члена, є шкодою, заподіяною здоров'ю тварини тяжкого ступеня за критерієм небезпеки для життя пса в момент заподіяння у зв'язку із можливою значною крововтратою, загрозливою для життя тварини, відповідно до п. 2.5.33 Правил [46], проте гематома крайньої плоти статевого члена не становить небезпеки для життя пса у посттравматичному періоді.

Тяжке тілесне ушкодження у пса кваліфікується за критерієм стійкої й повної втрати органа (статевого члена, а також втрата здатності до парування), відповідно до п. 2.6.2 Правил [46].

Ушкодження, у вигляді гематоми препуцію, є шкодою, заподіяною здоров'ю тварини легкого ступеня із скороминущими наслідками, тривалістю не більше як 6 діб, яке не призвело до короточасного розладу здоров'я та короточасної втрати здатності до виконання твариною корисної роботи, відповідно до п.п. 4.1а та 4.2а Правил [46].

Надаючи експертну оцінку ушкодженню екстер'єра підекспертного пса слід зазначити, що відповідно до п. 2.7.1 Правил [46] таким ушкодженням є «порушення анатомічної цілісності тканин, органів, частин тіла та порушення їх функцій, що виникає внаслідок дії зовнішніх ушкоджуючих чинників». Залежно від його виправності воно може бути виправним і невиправним, а також таким, що знівечує (спотворює) чи не знівечує (не спотворює) екстер'єр. Також згідно із п. 2.7.2 Правил [46] виправністю ушкодження є значне зменшення вираженості патологічних змін (рубця, деформації, збільшення обсягу рухливості частин тіла тварини тощо), з часом чи під дією нехірургічних засобів. Коли ж для усунення патологічних змін необхідне оперативне втручання, то ушкодження екстер'єру вважається невиправним.

Експертне оцінювання ушкодження екстер'єру, що призвело до каліцтва тварини, повинне проводитись за наслідками, котрі сформувалися з часом і

мають остаточний (сталий) вигляд посттравматичних ушкоджень тіла без хірургічного втручання, проте не раніше ніж через 60–90 діб від терміну травмування, оскільки протягом певного періоду можливі інволютивні зміни таких рубців, відновлення функції органів або ділянок тіла. Проте, у випадку явного, безумовного й безсумнівного знівечення екстер'єру тварини (як, наприклад, травматична ампутація статевого члена) судово-ветеринарний експерт може остаточно кваліфікувати каліцтво одразу після травмування, не очікуючи повного загоєння травми.

У зв'язку із вище зазначеним, травматична ампутація статевого члена є невинним ушкодженням екстер'єру підекспертного пса, відповідно до п.п. 2.7.1 та 2.7.5 Правил [46], проте гематома крайньої плоти статевого члена не є ушкодженням екстер'єру тварини.

Вирішуючи питання про знівечення (спотворення) екстер'єру підекспертної тварини через травматичну ампутацію статевого члена, судово-ветеринарний експерт констатував, що відповідно до п. 2.7.3 Правил [46], експертне оцінювання знівечення екстер'єру тварини здійснюють, виходячи із загальноприйнятих уявлень про зовнішній вигляд тварини, який виражений у пропорціях, гармонійності й особливостях форми тіла, властивих породи, статі, віку й типу конституції тварини. Проте вік, стать, порода, здатність до виконання корисної роботи підекспертної тварини під час вирішення цього питання до уваги не беруться.

Варто наголосити, що в аналізованій експертній ситуації знівеченням екстер'єру тварини є невластиві їй фізичні вади, котрі проявляються незвичним, протиприродним, скаліченим, понівеченим, спотвореним, жакливим, відразливим виглядом тварини. Виходячи з цього, наголошено, що травматична ампутація статевого члена у пса не призвела до спотворення, жакливого, відразливого вигляду тварини, оскільки зона ушкодження знаходиться в пахвинній ділянці та прикрита крайньою плоттю статевого члена, отже, є не помітною. Таким чином, травматична ампутація статевого члена та гематома його крайньої плоти в сукупності не призвели до знівечення (спотворення) екстер'єру підекспертної тварини.

Визначаючи тяжкість тілесних ушкоджень та каліцтво тварини, судово-ветеринарний експерт має об'єктивно схарактеризувати, які наслідки зазначеного ушкодження відобразились на ступені обмеженості життєдіяльності тварини. Для цього можна додатково залучати лікарів ветеринарної медицини, котрі спеціалізуються у сфері ветеринарної хірургії, репродуктології, експертів з оцінки порід тварин, а також інших фахівців.

Судово-експертна тактика визначення каліцтва тварин, наслідком якої стала втрата репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності показано на **рисунку 8**.

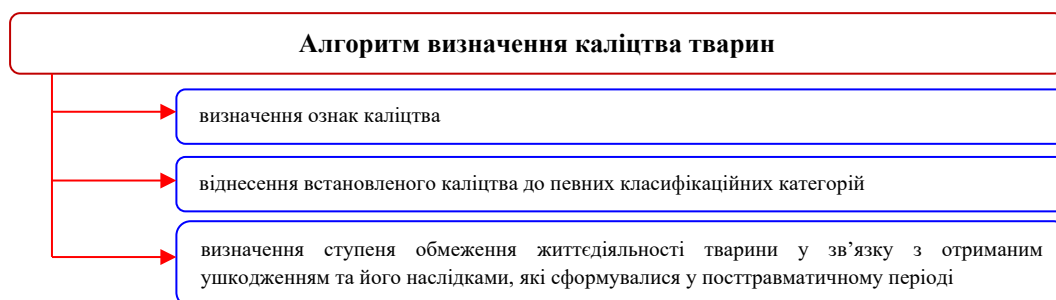


Рис. 8. Блок-схема «Алгоритм визначення каліцтва тварин, наслідком якої стала втрата репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності»

6. Каліцтво тварини внаслідок травматичної ампутації статевих органів

Вирішуючи питання про каліцтво тварин внаслідок травматичної ампутації статевих органів, судовий експерт має констатувати, що каліцтвом є «стійкі розлади здоров'я тварини внаслідок тілесного ушкодження чи його наслідків, вроджених вад розвитку, захворювань, нещасного випадку, що призвело до повної або часткової втрати будь-якого органа чи ділянки тіла тварини, або до повної чи часткової втрати лише функцій органа чи ділянок тіла тварини, що при взаємодії тварини із зовнішнім середовищем може призвести до стійкої втрати або значного обмеження можливості забезпечувати фізіологічні прояви життєдіяльності на рівні з іншими тваринами цього ж виду (харчування, розмноження, орієнтація та переміщення в просторі, координація рухів, ведення природного способу життя, контакту з іншими тваринами, самозахисту, здатності до

виконання корисної роботи тощо), а також спотворює зовнішній вигляд тварини через знівечення частин тіла в результаті деформації, а також їх фізичної відсутності» (п/п 2 п. 2.6.1 «Правил» [46] та п. 8.1.1 Методики [47]).

Виходячи із значення дефініції «каліцтво», тілесне ушкодження, наслідком якого стала травматична ампутація статевого члена є *стійким каліцтвом пса*, адже зазначене ушкодження призвело до стійкої, повної втрати органа (статевого члена), отже, при взаємодії тварини із зовнішнім середовищем спричинить у подальшому виражену втрату можливості забезпечувати твариною фізіологічні прояви життєдіяльності на рівні з іншими тваринами цього ж виду, зокрема до втрати репродуктивної здатності, тобто повної неможливості парування, відповідно до Правил [46] та Методики [47], проте гематома крайньої плоти статевого члена не призвела до каліцтва пса. Окрім того, слід зазначити, що

виявлені ушкодження у підекспертного пса сумісні з життям.

Судово-експертним дослідженнями встановлено, що між спричиненими псу тілесними ушкодженнями за встановлених обставин і розладом його здоров'я існує прямий необхідний причинно-наслідковий зв'язок.

Крім того, не є каліцтвом, з точки зору судово-ветеринарної експертизи, якщо орган видалений шляхом оперативного втручання з господарською або естетичною метою [47].

Встановлено, що слідами на тілі підекспертного пса, які свідчать про заподіяння йому болю, є рана, яка утворилась в результаті травматичної ампутації статевого члена та гематома крайньої плоти. Під час спричинення тілесних ушкоджень підекспертному псу, тварина відчувала гострий тривалий фізичний біль, проявляла страждання і мучення від спричинених травм (тілесних ушкоджень). Встановлено, що зазначені ушкодження, тварина отримати самостійно, без стороннього втручання, не могла.

7. Алгоритм призначення та проведення судово-ветеринарного дослідження

Приведений автором цього повідомлення – приклад із експертної практики, націлює на теоретичні узагальнення та розробку алгоритму призначення та проведення судово-ветеринарної експертизи, а також взаємодії суб'єкта розслідування злочину жорстоке поводження з тваринами із судовим експертом. У зв'язку з цим, наголошуємо, що для оперативного з'ясування фактичних даних і обставин правопорушення, вчиненого проти здоров'я і життя тварин (загибель, травмування тощо) необхідно дотримуватись такого алгоритму дій, який включає наступне:

- виклик поліції на місце події за номером «102» та повідомлення оператора про необхідність прибуття слідчо-оперативної групи;

- складання письмової заяви про кримінальне правопорушення;

- залучення поліцією фахівця ветеринарної медицини для огляду місця події (ОМП) та складання протоколу такого огляду. Якщо відомо, хто міг вчинити кримінальне правопорушення – необхідно надати цю інформацію слідчо-оперативній групі;

- надання працівникам поліції письмових та усних пояснень, доказів злочину – фото, відео тощо. Якщо тварині надавалась ветеринарна допомога, бажано надати витяг з амбулаторного журналу клініки ветеринарної медицини, результати техніко-інструментальних та лабораторних діагностичних досліджень тварини тощо;

- занесення органом досудового розслідування (зазвичай це слідчий відділ поліції) даних про подію правопорушення до ЄРДР не пізніше 24 год. після подання заяви про злочин і відкриття кримінального провадження;

- призначення слідчим управлінням поліції слідчого за кримінальним провадженням (з цього моменту починається досудове розслідування, під час якого слідчий зобов'язаний провести всі необхідні слідчі дії, які можуть допомогти встановити склад, обставини злочину та підозрюваного);

- винесення слідчим постанови про призначення судово-ветеринарної експертизи. Тварину має вилучити слідчий для проведення судово-ветеринарної експертизи або передати під відповідальне зберігання власнику тварини або особі, яка опікується твариною;

- скерування матеріалів кримінального провадження і об'єктів дослідження до спеціалізованої експертної установи для проведення судово-ветеринарної експертизи.

У спеціалізованій експертній установі судово-ветеринарна експертиза проводиться за постановою прокурора, слідчого чи дізнавача; ухвалою слідчого судді чи суду; заявою замовника судової експертизи. Украй важливо зазначити, що проведення судово-ветеринарної експертизи відбувається поетапно (рис. 9).

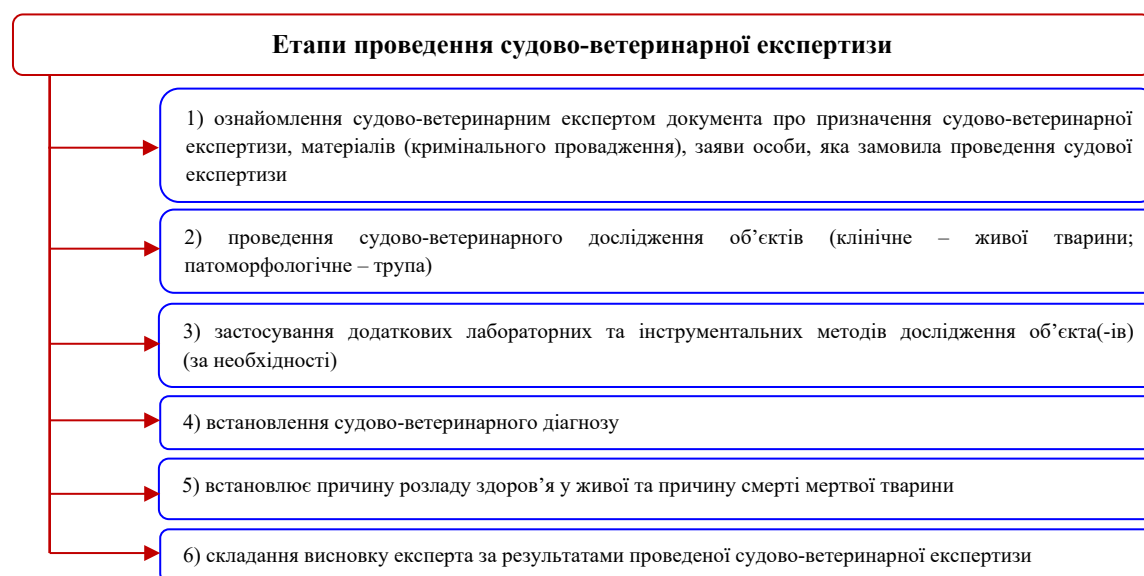


Рис. 9. Блок-схема «Етапи проведення судово-ветеринарної експертизи у разі втрати репродуктивної здатності тварин і переривання вагітності внаслідок ушкодження»

Якщо об'єкт дослідження не надано судово-ветеринарному експерту в строк, встановлений законодавством, складається документ «Повідомлення про неможливість надання висновку експерта».

8. Питання для вирішення судово-ветеринарною експертизою

Виходячи із змісту експертних завдань та аналізу експертної практики, можна сформулювати такий орієнтовний перелік питань, які можуть бути вирішені судовим експертом під час судово-ветеринарного дослідження живої тварини, зокрема й за ушкоджень, наслідком яких стала втрата репродуктивної здатності тварини або травматичне переривання вагітності, з-поміж них такі:

1) До якого виду і класу належить тварина, яку досліджено?

2) Яким з ветеринарної точки зору є характер травматичного переривання вагітності чи втрати репродуктивної здатності тварини та яка їх локалізація?

3) Який механізм утворення?

4) Яка черговість заподіяння ушкоджень, виявлених у тварини?

5) Чи можна за характером ушкодження встановити, яким знаряддям травми вони спричинені?

6) Яка давність виникнення травматичного переривання вагітності або втрати репродуктивної здатності тварини?

7) Якого ступеня тяжкості кожне з ушкоджень, виявлених у тварини?

8) До яких наслідків для здоров'я тварини призвело кожне із спричинених ушкоджень, і якими є наслідки в їх сукупності?

9) Чи є обмеження можливості забезпечувати фізіологічні прояви життєдіяльності підекспертної тварини на рівні з іншими тваринами цього ж виду у зв'язку із травматичним перериванням вагітності або втратою репродуктивної здатності твариною?

10) Чи призвели до каліцтва тварини спричинені їй ушкодження за встановлених обставин як кожне окремо, так і в сукупності?

11) Чи існує причинно-наслідковий зв'язок між спричиненими тварині тілесними ушкодженнями за встановлених обставин і розладом її здоров'я у вигляді травматичного переривання вагітності або втратою репродуктивної здатності?

12) Чи могла тварина отримати тілесні ушкодження та каліцтво самостійно, без стороннього втручання?

13) Чи спричинили виявлені у підекспертної тварини тілесні ушкодження фізичний біль і страждання?

Результати проведення судово-ветеринарного дослідження підекспертної тварини викладаються у висновку експерта. Заключні висновки повинні бути детальним і науково обґрунтованим результатом аналізу фізикальних даних, встановлених під час проведення судово-ветеринарної експертизи.

Висновки

Схарактеризовані особливості ушкодження тварин, наслідком яких стала втрата репродуктивної

здатності або травматичне переривання вагітності, а також обґрунтована їх судово-ветеринарна оцінка, що позитивно вплине на ефективність призначення, проведення й результативність судово-ветеринарної експертизи; створить можливість надання обґрунтованого й об'єктивного висновку експерта як доказу у суді; реалізується судовими експертами України під час проведення судово-ветеринарної експертизи; розширить пізнавальні можливості органів досудового розслідування та суду.

Етапи проведення судово-ветеринарної експертизи включають основні шість позицій, зокрема, ознайомлення судово-ветеринарного експерта з процесуальним документом про призначення судової експертизи; проведення судово-ветеринарного дослідження специфічних об'єктів (живих тварин або трупів), проведення додаткових техніко-інструментальних і лабораторних досліджень; встановлення судово-ветеринарного діагнозу; встановлення причини розладу здоров'я живої тварини або причини смерті тварини; складання висновку експерта за результатами проведеної судово-ветеринарної експертизи.

Якщо під час судово-ветеринарного розтину трупа тварини виявлені хоч будь-які ушкодження статевих органів (як зовнішніх, так і внутрішніх), для гістологічного дослідження необхідно відібрати, крім стандартно визначених зразків внутрішніх органів, ще й сім'яники з придатками, оточуючі їх тканини, ділянки статевого члена, якщо в них виявлені ушкодження.

Травматичним перериванням вагітності, є і такі ушкодження, заподіяні тварині, які призводять до смерті самки, проте прямо не уражають статевих органів. З точки зору судово-ветеринарної експертизи вони оцінюються як шкода, заподіяна тварині тяжкого ступеня за критерієм небезпеки для життя в момент заподіяння.

Травматичне переривання вагітності необхідно диференціювати від патологічної вагітності, яка супроводжується порушенням фізіологічних процесів в організмі вагітної самки та в організмі плода, які також можуть закінчитись перериванням вагітності в результаті абортів, мацерації плода тощо.

Втрата будь-якого репродуктивного органа, якщо його видалено шляхом оперативного втручання з господарською або естетичною метою, до прикладу, кастрація тварини, оваріоектомія, гістеректомія тощо не є предметом судово-ветеринарної експертизи.

Запропонований авторами цієї публікації орієнтовний перелік питань, які можуть бути вирішені судовим експертом під час судово-ветеринарного дослідження тварини, зокрема й за ушкоджень, наслідком яких стала втрата репродуктивної тварини або травматичне переривання вагітності, може бути внесений до п. 9.2. «Науково-методичних рекомендацій з питань підготовки та проведення судових експертиз та експертних досліджень».

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження мають зосередитись на встановленні судово-ветеринарних критеріїв оцінювання різної етіології ушкоджень, заподіяних гострими предметами тваринам.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Criminal Code of Ukraine: Law of Ukraine dated 05.04.2021 No. 23-41-III. (2021). *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada* (BVR), 2001, 25–26, 131. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text>
2. Maistro, D. (2021). liability for the criminal offense of «animal cruelty» (article 299 of the criminal code of ukraine): consideration of judicial practice. *Scientific Works of Kyiv Aviation Institute. Series Law Journal "Air and Space Law"*, 3 (60), 175–182. <https://doi.org/10.18372/2307-9061.60.15972>
3. Yatsenko, I. V. (2023). Theoretical and epistemological construction of the phenomenon of the severity of harm caused to the health of an animal in forensic veterinary examination. *Forum of Law*, 75 (2), 65–88. doi: 10.5281/zenodo.7699531.
4. Yatsenko, I. V., Parylovskiy O. I. (2022). Animal mutilation as a subject of forensic veterinary examination. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral.*, 102–103, 71–86. <https://bbsl37000/abbsl.2022.102.13>
5. Chekan, O. M. (2024). Scientific and practical justification of the correction of reproductive capacity in case of infertility of cows caused by zearalenone and deoxynivalenol. *Extended abstract of doctor's thesis*. Lviv.
6. Kulish, A., & Borodynia, V. (2021). Causes of abortion in bitches. *Conference «Modern Methods of Diagnostic, Treatment and Prevention in Veterinary Medicine»*, 91–92. Retrieved from: <https://nvlvet.com.ua/index.php/conference/article/view/4511>
7. Koshevoy, V., Naumenko, S., Skliarov, P., Fedorenko, S., & Kostyshyn, L. (2021). Male infertility: Pathogenetic significance of oxidative stress and antioxidant defence (Review). *Scientific Horizons*, 24 (6), 107–116. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.107-116](https://doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.107-116)
8. Seradzhimova, A., Kraevskii, A., Chekan, A., & Ponomarenko, V. (2019). Prevention of trauma of the birth canal during the delivery of cows. *Scientific Horizons*, 75 (2), 67–72. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-75-2-67-72>
9. Myrofanov, I. (2024). Poniattia «Kalitstvo statevykh orhaniv» v sudovii medytsyni. *Suchasni napriamky rozvytku sudovoi ekspertyzy ta kryminalistyky: zbirnyk Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. (pp. 330–335). Odesa: Vydavnytstvo «Yurydyka». Retrieved from: <http://catalog.liha-pres.eu/index.php/liha-pres/catalog/download/320/9363/21134-1?inline=1> [in Ukrainian]
10. Shkaberin, A. V. (2020). Problems of criminal evaluation of genital injury as one of the features of serious bodily harm. *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Juridical Sciences*, 4, 212. <https://doi.org/10.32838/1606-3716/2020.4/34>
11. Politova, A., & Akimov, M. (2020). Genitals mutilation as a consequence of intentional grievous bodily injury. *Law Journal of Donbass*, 70 (1), 151–160. <https://doi.org/10.32366/2523-4269-2020-70-1-151-160>
12. Bayda, A. O. (2016). To the issue of criminalization of female genital mutilation. *Herald of the Association of Criminal Law of Ukraine*, 2 (7), 202–210. Retrieved from: <http://vakp.nlu.edu.ua/article/view/167875>
13. Yatsenko, I. V. (2024). Sudovo-veterynarna ekspertyza ta otsinka tiazhkosti ushkodzhennia, sprychynenoho vtratoi reproduktyvnoi zdatnosti tvaryny abo travmatychnym pereryvanniam vahitnosti. *Reproduktyvna patolohiia tvaryn: suchasni metody diahnozyky, likuvannia ta profilaktyky: zbirnyk materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoï 85-richchiu vid dnia narodzhennia doktora biologichnykh nauk, profesora Koshevhoho V. P. (1939-2016)*. (pp. 144–150). Kharkiv, Derzhavnyi biotekhnolohichnyi universytet [in Ukrainian]
14. Quan, N., Harris, L. R., Halder, R., Trinidad, C. V., Johnson, B. W., Horton, S., Kimler, B. F., Pritchard, M. T., & Duncan, F. E. (2019). Differential sensitivity of inbred mouse strains to ovarian damage in response to low-dose total body irradiation. *Biology of Reproduction*, 102 (1), 133–144. <https://doi.org/10.1093/biolre/iox164>
15. Puy, V., Barroca, V., Messiaen, S., Ménard, V., Torres, C., Devanand, C., Moison, D., Lewandowski, D., Guerin, M.-J., Martini, E., Frydman, N., & Livera, G. (2021). Mouse model of radiation-induced premature ovarian insufficiency reveals compromised oocyte quality: implications for fertility preservation. *Reproductive BioMedicine Online*, 43 (5), 799–809. <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2021.06.027>
16. Armstrong, C. L., & Baird, A. N. (2024). Abnormalities of the Scrotum and Testes. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 40 (1), 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2023.09.003>
17. Sigdel, A., Bisinotto, R. S., & Peñagaricano, F. (2022). Genetic analysis of fetal loss in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 105 (11), 9012–9020. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22000>
18. Smith, B. D., Poliakowski, B., Polanco, O., Singleton, S., de Melo, G. D., Muntari, M., Oliveira Filho, R. V., & Pohler, K. G. (2022). Decisive points for pregnancy losses in beef cattle. *Reproduction, Fertility and Development*, 35 (2), 70–83. <https://doi.org/10.1071/rd22206>
19. Ferraz, P. A., Poit, D. A. S., Ferreira Pinto, L. M., Guerra, A. C., Laurindo Neto, A., do Prado, F. L., Azrak, A. J., Çakmakçı, C., Baruselli, P. S., & Pugliesi, G. (2024). Accuracy of early pregnancy diagnosis and determining pregnancy loss using different biomarkers and machine learning applications in dairy cattle. *Theriogenology*, 224, 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.05.006>
20. Matsuyama, S., Nakamura, S., Minabe, S., Sakatani, M., Takenouchi, N., Sasaki, T., Inoue, Y., Iwata, H., & Kimura, K. (2023). Deterioration of mitochondrial biogenesis and degradation in the endometrium is a cause of subfertility in cows. *Molecular Reproduction and Development*, 90 (3), 141–152. <https://doi.org/10.1002/mrd.23670>
21. Carneiro, L. C., Cronin, J. G., & Sheldon, I. M. (2016). Mechanisms linking bacterial infections of the bovine endometrium to disease and infertility. *Reproductive Biology*, 16 (1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2015.12.002>
22. Paillet, S., Slater, M. R., Lesnikowski, S. M., Gayle, J. M., Duvieusart, C. B. C. A., Ledesma, E. J., Lee, M. L., Stevens, J. D., & DeClementi, C. (2022). Findings and prognostic indicators of outcomes for bitches with pyometra treated surgically in a nonspecialized setting. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260 (S2), S49–S56. <https://doi.org/10.2460/javma.20.12.0713>
23. Hagman, R. (2023). Pyometra in small animals 3.0. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 53 (5), 1223–1254. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2023.04.009>
24. Dalanezi, F. M., Joaquim, S. F., Guimarães, F. F., Guerra, S. T., Lopes, B. C., Schmidt, E. M. S., Cerri, R. L. A., & Langoni, H. (2020). Influence of pathogens causing clinical mastitis on reproductive variables of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103 (4), 3648–3655. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16841>
25. Lavon, Y., Leitner, G., Kressel, Y., Ezra, E., & Wolfenson, D. (2019). Comparing effects of bovine *Streptococcus* and *Escherichia coli* mastitis on impaired reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 102 (11), 10587–10598. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16673>
26. Wang, N., Zhou, C., Basang, W., Zhu, Y., Wang, X., Li, C., Chen, L., & Zhou, X. (2021). Mechanisms by which mastitis affects reproduction in dairy cow: A review. *Reproduction in Domestic Animals*, 56 (9), 1165–1175. <https://doi.org/10.1111/rda.13953>
27. Skovorodin, E., Bogolyuk, S., & Yurina, A. (2022). Clinical, laboratory, and morphological diagnosis of diseases in the oviducts and paraovarian structures of cows. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 86 (3), 194–202.
28. Hartmann, D., Rohkohl, J., Merbach, S., Heilkenbrinker, T., Klindworth, H. P., Schoon, H. A., & Hoedemaker, M. (2016). Prevalence of cervicitis in dairy cows and its effect on reproduction. *Theriogenology*, 85 (2), 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.09.029>
29. Santacruz-Márquez, R., Safar, A. M., Laws, M. J., Fletcher, E. J., Meling, D. D., Nowak, R. A., Raetzman, L. T., & Flaws, J. A. (2024). Dietary exposure to di(2-ethylhexyl) phthalate for 6 months alters markers of female reproductive aging in mice. *Biology of Reproduction*, 112 (1), 191–202. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioae164>
30. Tidière, M., Müller, P., Sliwa, A., Siberchicot, A., & Douay, G. (2021). Sex-specific actuarial and reproductive senescence in zoo-housed tiger (*Panthera tigris*): The importance of sub-species for conservation. *Zoo Biology*, 40 (4), 320–329. <https://doi.org/10.1002/zoo.21610>

31. Polonio, A. M., Chico-Sordo, L., Córdova-Oriz, I., Medrano, M., García-Velasco, J. A., & Varela, E. (2020). Impact of ovarian aging in reproduction: From telomeres and mice models to ovarian rejuvenation. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 93 (4), 561–569.
32. Dimac-Stohl, K. A., Davies, C. S., Grebe, N. M., Stonehill, A. C., Greene, L. K., Mitchell, J., Clutton-Brock, T., & Drea, C. M. (2018). Incidence and biomarkers of pregnancy, spontaneous abortion, and neonatal loss during an environmental stressor: Implications for female reproductive suppression in the cooperatively breeding meerkat. *Physiology & Behavior*, 193, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.11.011>
33. Macchi, M. V., Suanes, A., Salaberry, X., Dearnas, B. E., Rivas, E., Piaggio, J., & Gil, A. D. (2024). Leptospirosis as a cause of infertility in Uruguayan beef cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 228, 106227. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2024.106227>
34. Aymée, L., Gregg, W. R. R., Loureiro, A. P., Di Azevedo, M. I. N., Pedrosa, J. de S., Melo, J. dos S. L. de, Carvalho-Costa, F. A., de Souza, G. N., & Lilenbaum, W. (2021). Bovine genital leptospirosis and reproductive disorders of live subfertile cows under field conditions. *Veterinary Microbiology*, 261, 109213. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2021.109213>
35. Oguejiofor, C. F., Thomas, C., Cheng, Z., & Wathes, D. C. (2019). Mechanisms linking bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infection with infertility in cattle. *Animal Health Research Reviews*, 20 (1), 72–85. <https://doi.org/10.1017/s1466252319000057>
36. Gisbert, P., Garcia-Ispuerto, I., Quintela, L. A., & Guatteo, R. (2024). Coxiella burnetii and reproductive disorders in cattle: A systematic review. *Animals*, 14 (9), 1313. <https://doi.org/10.3390/ani14091313>
37. Sahin, O., Yaeger, M., Wu, Z., & Zhang, Q. (2017). Campylobacter-associated diseases in animals. *Annual Review of Animal Biosciences*, 5 (1), 21–42. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022826>
38. Wang, K., Hu, H., Cui, W., Zhang, X., Tang, Q., Liu, N., Lan, X., & Pan, C. (2021). Palliative effects of metformin on testicular damage induced by triptolide in male rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 222, 112536. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112536>
39. Uchewa, O. O., Chukwuemeli, C. E., Ovierson, A. I., & Ibegbu, A. O. (2023). Alleviating effects of clove essential oil dissolved in dimethyl sulfoxide (DMSO) against cadmium-induced testicular and epididymal damages in male wistar rats. *Archives of Razi Institute*, 1728–1737. <https://doi.org/10.32592/ari.2023.78.6.1728>
40. Khushboo, M., Murthy, M. K., Devi, M. S., Sanjeev, S., Ibrahim, K. S., Kumar, N. S., Roy, V. K., & Gurusubramanian, G. (2017). Testicular toxicity and sperm quality following copper exposure in Wistar albino rats: ameliorative potentials of L-carnitine. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (2), 1837–1862. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0624-8>
41. Guimarães, A. T. B., de Oliveira Ferreira, R., de Souza, J. M., da Costa Estrela, D., Talvani, A., Souza, D. M. S., Rocha, T. L., & Malafaia, G. (2019). Evaluating the reproductive toxicology of tannery effluent in male SWISS mice. *Science of The Total Environment*, 648, 1440–1452. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.253>
42. Leal, F. A. V. D., Gonçalves, G. D., Soncini, J. G. M., Staurengo-Ferrari, L., Fattori, V., Verri Jr, W. A., Scarano, W. R., & Fernandes, G. S. A. (2022). Exposure to aluminium chloride during the peripubertal period induces prostate damage in male rats. *Acta Histochemica*, 124 (1), 151843. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2022.151843>
43. Lea, C., Walker, D., Blazquez, C., Zaghloul, O., Tappin, S., & Kelly, D. (2022). Prostatitis and prostatic abscessation in dogs: retrospective study of 82 cases. *Australian Veterinary Journal*, 100 (6), 223–229. <https://doi.org/10.1111/avj.13150>
44. Christensen, B. W. (2018). Canine prostate disease. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 48 (4), 701–719. <https://doi.org/10.1016/j.cvs.2018.02.012>
45. Fedyk, Yu., & Besaha, I. (2023). Evidentiary value of the conclusion of a veterinary expert in a judicial proceeding. *Uzhhorod National University Herald. Series: Law*, 2 (77), 258–263. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.77.2.44>
46. Yatsenko, I. V. (2021). *Methodology of forensic veterinary examination of animals for the purpose of establishing their mutilation*. Kharkiv: NSC "ISE named after Honored Prof. M. S. Bokarius».
47. Yatsenko, I. V., & Parylovsky, O. I. (2022). *Rules for forensic veterinary determination of the severity of damage caused to the health of an animal (methodological recommendations)*. Kharkiv: NSC "ISE named after Honored Prof. M. S. Bokarius».
48. Yatsenko, I. V., & Parylovsky, O. I. (2023). *Methodology of forensic veterinary examination of a living animal under examination*. Kharkiv: NSC "ISE named after Honored Prof. M. S. Bokarius».
49. Yatsenko, I. V., & Kazantsev, R. G. (2022). *Methodology of forensic veterinary examination of animal corpses*. Kharkiv: NSC "ISE named after Honored Prof. M. S. Bokarius».
50. Yatsenko, I. V., & Kazantsev, R. G. (2022). *Methodology of forensic veterinary examination of animal corpses in their various states and type of death*. Kharkiv: NSC "ISE named after Honored Prof. M. S. Bokarius».

ORCID

I. Yatsenko  <https://orcid.org/0000-0001-8903-2129>
V. Kozachok  <https://orcid.org/0009-0009-5116-0630>



2025 Yatsenko I. and Kozachok 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.

Environmental pollution with eimeria oocysts in poultry farmers of the Poltava region

V. Hodyna✉

Article info

Correspondence Author

V. Hodyna

E-mail:

viktor.hodyna@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine**Citation:** Hodyna, V. (2025). Environmental pollution with eimeria oocysts in poultry farmers of the Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 207–211. doi: 10.31210/spi2025.28.01.31

Eimeriosis is a protozoan infection that is widespread in poultry farming, especially in floor-based housing systems in small homestead farms. Eimeriosis leads to high mortality in young birds, which causes significant losses to poultry farming. Under favorable conditions, eimeria oocysts can accumulate in large quantities in a poultry house in a short time, contaminating environmental objects such as equipment, feed, soil, litter, etc. All this leads to infection of poultry through objects contaminated with oocysts, which are a constant potential threat of disease spread. The aim of the research was to determine the degree of contamination of poultry facilities with eimeria oocysts in private farms in the Poltava region. In the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Expertise of Poltava State Agrarian University, the level of contamination with oocysts of soil and poultry houses in farms that are unfavorable for chicken eimeriosis was determined. The conducted studies showed that the extensive and intensive index of contamination with eimeria oocysts was higher when studying poultry houses – 75.56 % and 561.88 individuals/kg compared to the indicators obtained when studying soil from walking areas – 45.19 % and 473.75 individuals/kg, respectively. The greatest soil contamination, regardless of the sampling location, was detected on its surface and the contamination rates were in the central part of the site – 50 % and 490 individuals/kg, at the edges of the walking area within a radius of 1 m – 60 % and 947.22 individuals/kg, near the feeders within a radius of 1 m – 66.67 % and 1012.5 individuals/kg. At the same time, the poultry house objects had significant indicators of extensive and intensive contamination index with eimeria oocysts and amounted to 70 % and 638.1 individuals/kg in the central part of the room, 80 % and 406.25 individuals/kg in the area of its corners, and 76.67 % and 641.3 individuals/kg near the feeders within a radius of 0.5 m, respectively. The results obtained allow us to understand the mechanisms of transmission and subsequent infection of birds with *Eimeria* spp. oocysts and, in the future, to increase the effectiveness of measures to combat and prevent the invasion.

Keywords: parasitology, chickens, eimeriosis, oocysts, contamination, environmental objects.

Забрудненість навколишнього середовища ооцистами еймерій у птахівничих господарствах Полтавської області

В. П. Година

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Еймеріоз – це протозойна інвазія, що значно поширена у птахівництві, особливо при підлоговій технології утримання в невеликих присадибних господарствах. Еймеріоз призводить до високої летальності молодняку, що завдає значних збитків птахівництву. Ооцисти еймерій за сприятливих умов протягом короткого часу можуть у величезних кількостях накопичуватися в пташнику, контамінуючи об'єкти довкілля такі як інвентар, корм, ґрунт, підстилка, тощо. Все це призводить до зараження поголів'я птиці через забруднені ооцистами об'єкти, які є постійною потенційною загрозою розповсюдження захворювання. Метою досліджень було встановити ступінь забруднення ооцистами еймерій об'єктів птахівництва у приватних господарствах Полтавської області. В умовах лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету визначали рівень контамінації ооцистами ґрунту та пташників у господарствах, неблагополучних щодо еймеріозу курей. Проведеними дослідженнями встановлено, що екстенсивний та інтенсивний індекс контамінації ооцистами еймерій виявився вищим при дослідженні об'єктів пташника – 75,56 % та 561,88 екз/кг порівняно з показниками, отриманими при дослідженні ґрунту з вигульних майданчиків – 45,19 % та 473,75 екз/кг відповідно. Найбільше забруднення ґрунту незалежно від місця відбору виявляли на його поверхні і показники контамінації становили в центральній частині майданчика – 50 % та 490 екз/кг, по краях вигульного майданчика в радіусі 1 м – 60 % та 947,22 екз/кг, біля годівниць в радіусі 1 м – 66,67 % та 1012,5 екз/кг. Водночас, об'єкти пташника мали значні показники екстенсивного та інтенсивного індексу контамінації ооцистами еймерій і становили в центральній частині приміщення – 70 % та 638,1 екз/кг, в ділянці його кутів – 80 % та 406,25 екз/кг, біля годівниць в радіусі 0,5 м – 76,67 % та 641,3 екз/кг відповідно. Отримані результати дозволяють розуміти механізми передачі та подальшого зараження птиці ооцистами *Eimeria* spp. та, в подальшому, підвищувати ефективність проведення заходів боротьби та профілактики інвазії.

Ключові слова: паразитологія, кури, еймеріоз, ооцисти, контамінація, об'єкти довкілля.

Бібліографічний опис для цитування: Година В. П. Забрудненість навколишнього середовища ооцистами еймерій у птахівничих господарствах Полтавської області. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 207–211.

Вступ

Птахівництво є одним із перспективних галузей сільського господарства, яке забезпечує ринок цінною та поживною харчовою продукцією і, таким чином, є основною рушійною силою розвитку сільськогосподарського сектора. Вирощування курей залишається актуальним завдяки постачанню дієтичного м'яса та яєць [1–3]. Разом з тим, кури є хазяями багатьох заразних хвороб, які знижують їх продуктивність та погіршують добробут птахів, внаслідок чого в деяких випадках відбувається висока смертність. Серед багатьох захворювань, якими хворіють кури в усьому світі, еймеріоз є однією з небезпечних захворювань, пов'язаною з високим рівнем смертності в птахівництві. Еймеріоз курей – це протозойна інвазія, яка супроводжується погіршенням росту, розвитку птахів і пригніченням їх імунної системи, що призводить до високої смертності, яка, за оцінками дослідників, має колосальні економічні збитки в птахівництві. Хвороба спричинена найпростішими паразитами роду *Eimeria*, які налічують понад 1000 видів [4–7].

За еймеріозу курей ооцити збудника виділяються з послідом у довкілля, де проводять значну частину свого існування та дозрівання в навколишньому середовищі. Під час біологічного розщеплення посліду і впливу дощу та комах паразити можуть змішуватися з ґрунтом. Із ґрунту стійкі до навколишнього середовища стадії паразита (ооцити) можуть потрапити до хазяїв, які аліментарно заковтують ґрунт, п'ють воду з джерел, що контактують із ґрунтом, або поїдають рослинність, що росте в ґрунті [8–11].

Відомо, що ооцити *Eimeria* spp. досить стійкі до навколишнього середовища, швидко розмножуються при сприятливих температурних умовах, наявності вологості і кисню. Крім того, збільшення застосування профілактичних препаратів у кормах для птиці (антикоксидних засобів) викликає все більше занепокоєння щодо розвитку стійкості паразитів та наявності залишків ліків у продуктах птахівництва [12–14].

В науковій літературі є незначна кількість повідомлень про рівень забруднення об'єктів довкілля ооцитами еймерій. Зокрема, було проведено дослідження зразків, зібраних з підстилки, рук і черевиків працівників, ґрунту навколо пташників, інвентаря та корму. Результати показали, що ґрунт навколо пташників, черевки працівників, інвентар, підстилка, корм та руки працівників були забруднені ооцитами еймерій з наступними показниками – 65 %, 51,7 %, 45 %, 38,3 %, 17 % і 8,3 % випадків [15].

Також, дослідниками було випробувано три рівні забруднення підстилки *Eimeria acervulina* (низький, проміжний і високий) з метою встановлення залежності поширення еймеріозу та впливу інвазії на продуктивність бройлерів від ступеня забрудненості довкілля. Ними виявлено, що пік виділення ооцитів протягом циклу вирощування бройлерів залежав від

початкового рівня забруднення підстилки. Кількість ооцитів у посліді досягав піку на 15, 22 та 33 добу для високого, середнього та низького рівнів забруднення відповідно. Середня маса тіла птахів наприкінці циклу вирощування і середньодобовий приріст живої маси були значно вищими при середньому рівні забруднення порівняно з низьким і високим рівнями забруднення. Середня маса тіла на 36 добу вирощування становила 1681 г, 1712 г і 1674 г для низького, середнього та високого рівнів забруднення відповідно. Середньодобовий приріст становив 45,7 г, 46,5 г та 45,5 г для низького, середнього та високого рівнів забруднення відповідно [16].

Іншими дослідниками проводили згодовування сіна, яке було зібрано з пасовища, де молодняк великої рогатої худоби випасався і, в подальшому, відбувся спалах еймеріозу, викликаного *Eimeria alabamensis*. Сіно згодували телятам віком 2–4 місяці. В усіх телятах, яким згодували заражене сіно, розвинулась еймеріозна інвазія, де збудником був *E. alabamensis*, що вказує на значну контамінацію сіна ооцитами еймерій [17].

Автори зазначають, що через високу стійкість ооцитів відносно екологічних факторів та відсутність проміжних хазяїв у циклі розвитку еймерій, необхідна пильна увага до принципів біохімії, якості підстилки та нагляду за гігієною підстилки, що є дуже важливим для зменшення випадків еймеріозу [18].

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити ступінь забруднення ооцитами еймерій об'єктів птахівництва у приватних господарствах Полтавської області.

Матеріали і методи

Дослідження виконували упродовж 2024–2025 рр. в умовах одноосібних селянських господарствах Полтавської області та лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету.

Вивчення рівня контамінації об'єктів птахівництва ооцитами еймерій проводили шляхом дослідження проб ґрунту з вигульних майданчиків та зіскобів з пташників у господарствах, неблагополучних щодо еймеріозу курей. Зразки ґрунту відбирали безпосередньо з поверхні та з глибини 2,5 і 5 см. Відбір проб проводили, формуючи середню пробу. Підготовку зразків здійснювали за загальноприйнятою методикою [19]. Дослідження на забрудненість ооцитами еймерій проводили за способом В. В. Мельничука та І. Д. Юсківа (2019) [20]. Основними показниками контамінації були екстенсивний індекс (ЕІК, %) та інтенсивний індекс (ІІК екз. ооцит/кг). Всього було досліджено 390 проб.

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили визначенням середнього арифметичного (М) та стандартного відхилення (SD).

Результати та їх обговорення

Встановлено, що за еймеріозу курей середні показники екстенсивного та інтенсивного індексу контамінації ооцистами еймерій при дослідженні ґрунту з вигульних майданчиків становили відповідно 45,19 % та $473,75 \pm 345,82$ екз/кг. Найбільше

забруднення ґрунту незалежно від місця відбору виявляли на його поверхні і показники контамінації становили в центральній частині майданчика – 50 % та $490,00 \pm 255,79$ екз/кг, по краях вигульного майданчика в радіусі 1 м – 60 % та $947,22 \pm 547,31$ екз/кг, біля годівниць в радіусі 1 м – 66,67 % та $1012,50 \pm 688,80$ екз/кг (*рис. 1* та *рис. 2*).

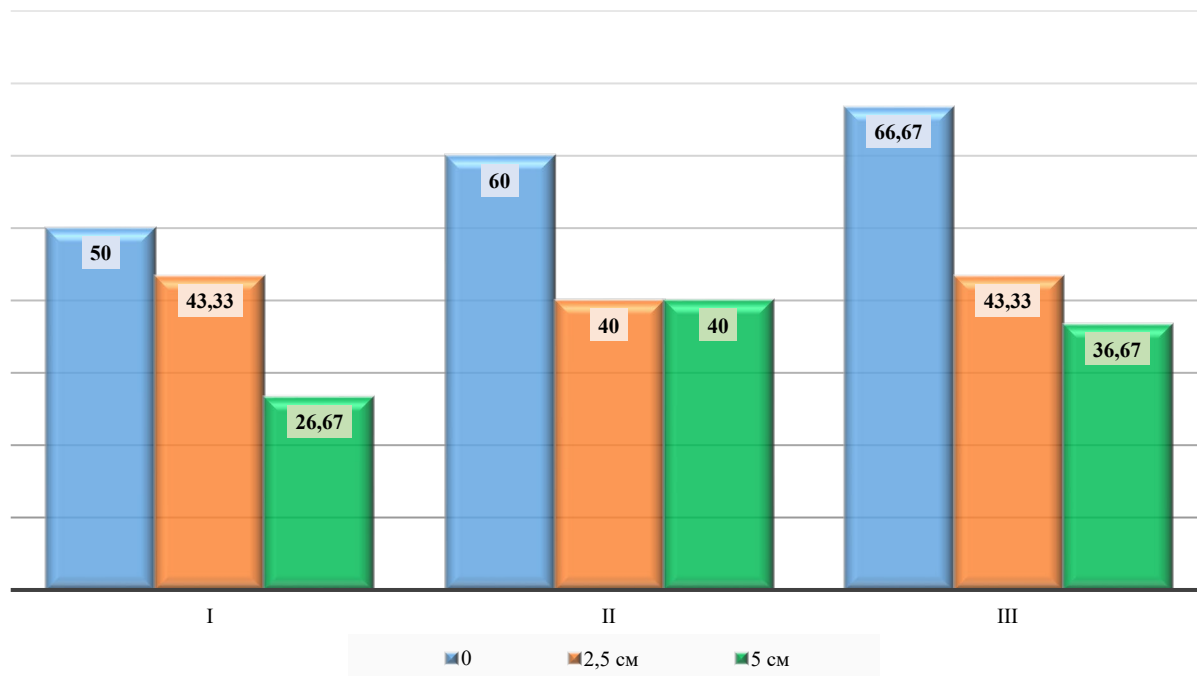


Рис. 1. Показники екстенсивного індексу контамінації (ЕІК, %) ґрунту ооцистами еймерій, відібраного з вигульних майданчиків: I – центральна частина; II – краї в радіусі 1 м; III – біля годівниць в радіусі 1 м; 0, 2,5 см, 5 см – глибина відбору проб

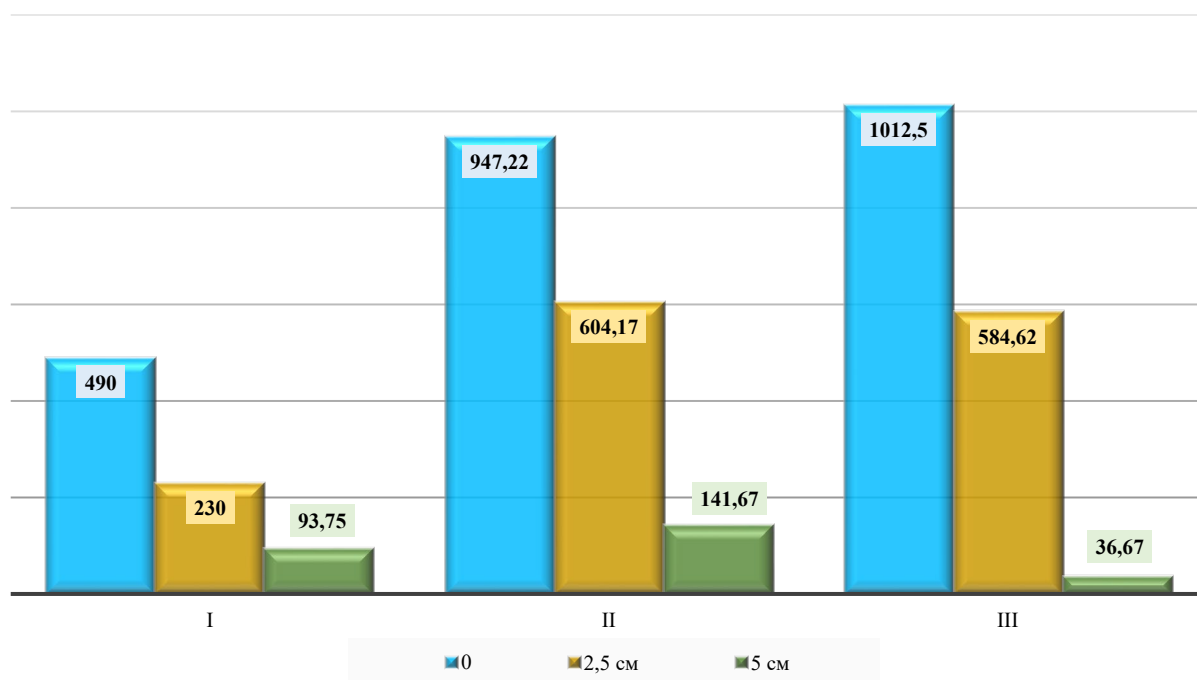


Рис. 2. Показники інтенсивного індексу контамінації (ІІК, екз/кг) ґрунту ооцистами еймерій, відібраного з вигульних майданчиків: I – центральна частина; II – краї в радіусі 1 м; III – біля годівниць в радіусі 1 м; 0, 2,5 см, 5 см – глибина відбору проб

Із збільшенням глибини відбору ґрунту на вигуль-них майданчиках для курей показники контамінації ооцистами знижувалися. Зокрема, рівень контамінації ґрунту, відібраного з глибини 2,5 см становив: в центральній частині майданчика – 43,33 % та $230,77 \pm 145,11$ екз/кг, по краях вигуль-ного майданчика в радіусі 1 м – 40 % та $604,17 \pm 278,35$ екз/кг, біля годівниць в радіусі 1 м – 43,33 % та $584,62 \pm 347,24$ екз/кг. Рівень контамінації ґрунту, відібраного з глибини 5 см, виявився ще нижчим і становив: в центральній частині майданчика – 26,67 % та $93,75 \pm 41,73$ екз/кг, по краях вигуль-ного майданчика в радіусі 1 м – 40 % та

$141,67 \pm 101,88$ екз/кг, біля годівниць в радіусі 1 м – 36,67 % та $159,09 \pm 80,6$ екз/кг.

Водночас, середні показники екстенсивного та інтенсивного індексу контамінації ооцистами еймерій при дослідженні об'єктів птахівничих приміщень становили відповідно 75,56 % та $561,88 \pm 134,79$ екз/кг. Зокрема, більшість зразків, відібраних з пташника, мали значні показники екстенсивного та інтенсивного індексу контамінації ооцистами еймерій і становили в центральній частині приміщення – 70 % та $638,10 \pm 372,80$ екз/кг, в ділянці його кутів – 80 % та $406,25 \pm 248,17$ екз/кг, біля годівниць в радіусі 0,5 м – 76,67 % та $641,30 \pm 445,34$ екз/кг відповідно (рис. 3).

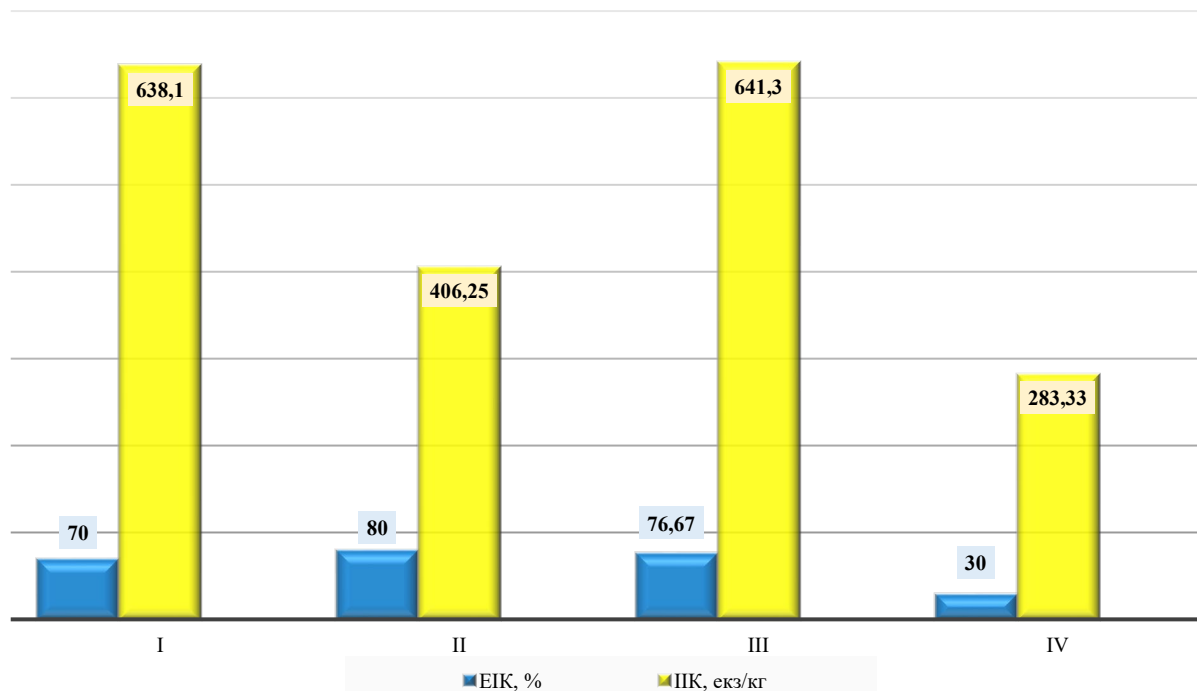


Рис. 3. Показники рівня контамінації об'єктів птахівничих приміщень ооцистами еймерій: I – центральна частина; II – кути; III – біля годівниць в радіусі 0,5 м; IV – стіни / двері на висоті до 50 см

Найменший рівень забруднення пташників реєстрували при дослідженні зіскобів зі стін або дверей на висоті до 50 см – 30 % та $283,33 \pm 158,11$ екз/кг.

Наукова література свідчить про значне поширення еймеріозу серед курей у більшості країн світу, де одним із факторів, який впливає на розповсюдження цього захворювання є тривале зберігання ооцист у зовнішньому середовищі, їх висока стійкість до несприятливих факторів довкілля [8–11]. Тому, нами були проведені дослідження щодо визначення рівня забруднення ооцистами еймерій об'єктів птахівництва у приватних господарствах Полтавської області.

Проведеними дослідженнями встановлено, що екстенсивний та інтенсивний індекс контамінації ооцистами еймерій виявився вищим при дослідженні об'єктів пташника – 75,56 % та $561,88 \pm 134,79$ екз/кг порівняно з показниками, отриманими при дослідженні ґрунту з вигуль-них майданчиків – 45,19 % та $473,75 \pm 345,82$ екз/кг відповідно. Найбільше забруднення ґрунту незалежно від місця

відбору виявляли на його поверхні і показники контамінації становили в центральній частині майданчика – 50 % та $490,00 \pm 255,79$ екз/кг, по краях вигуль-ного майданчика в радіусі 1 м – 60 % та $947,22 \pm 547,31$ екз/кг, біля годівниць в радіусі 1 м – 66,67 % та $1012,50 \pm 688,80$ екз/кг. Водночас, об'єкти пташника мали значні показники екстенсивного та інтенсивного індексу контамінації ооцистами еймерій і становили в центральній частині приміщення – 70 % та $638,10 \pm 372,80$ екз/кг, в ділянці його кутів – 80 % та $406,25 \pm 248,17$ екз/кг, біля годівниць в радіусі 0,5 м – 76,67 % та $641,30 \pm 445,34$ екз/кг відповідно. Про значну забрудненість об'єктів птахівництва, а саме ґрунту навколо пташників, черевиків працівників, інвентаря та підстилки свідчать науковці, які визначили, що рівень контамінації становив відповідно 65 %, 51,7 %, 45 % та 38,3 % [15].

Отримані результати дозволяють розуміти механізми передачі та подальшого зараження птиці ооцистами *Eimeria* spp. та, в подальшому, підвищувати ефективність проведення заходів боротьби та профілактики інвазії.

Висновки

Встановлено, що за еймеріозу курей показники екстенсивного та інтенсивного індексу контамінації ооцистами виявилися вищими при дослідженні об'єктів птичника (75,56 % та 561,88 екз/кг відповідно), ніж при дослідженні ґрунту з вигульних майданчиків (45,19 % та 473,75 екз/кг відповідно). Найбільш забрудненим на території вигульних майданчиків виявився ґрунт, відібраний з поверхні їх центральної частини (50 % та $490,00 \pm 255,79$ екз/кг), по краях в радіусі 1 м (60 % та 947,22 екз/кг), біля годівниць в радіусі 1 м (66,67 % та 1012,50 екз/кг). Водночас, найбільш забрудненими в птичівничих приміщеннях виявилися місця центральної їх частини (70 % та 638,10 екз/кг), в ділянці кутів (80 % та 406,25 екз/кг), біля годівниць в радіусі 0,5 м (76,67 % та 641,30 екз/кг).

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bowman, D. D. (2020). History of *Toxocara* and the associated larva migrans. *Toxocara and Toxocarasis*, 17–38. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.037>
1. Scanes, C. G. (2007). The Global importance of poultry. *Poultry Science*, 86 (6), 1057–1058. <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1057>
2. Li, N., Ren, Z., Li, D., & Zeng, L. (2020). Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: towards the goal of precision livestock farming. *Animal*, 14 (3), 617–625. <https://doi.org/10.1017/s1751731119002155>
3. Kpomasse, C. C., Oke, O. E., Houndonougbo, F. M., & Tona, K. (2021). Broiler production challenges in the tropics: A review. *Veterinary Medicine and Science*, 7 (3), 831–842. <https://doi.org/10.1002/vms3.435>
4. Blake, D. P., & Tomley, F. M. (2014). Securing poultry production from the ever-present eimeria challenge. *Trends in Parasitology*, 30 (1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.10.003>
5. Blake, D. P. (2015). Eimeria genomics: Where are we now and where are we going? *Veterinary Parasitology*, 212 (1–2), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.05.007>
6. Jenkins, M. C., Parker, C., & Ritter, D. (2017). Eimeria oocyst concentrations and species composition in litter from commercial broiler farms during anticoccidial drug or live eimeria oocyst vaccine control programs. *Avian Diseases*, 61 (2), 214–220. <https://doi.org/10.1637/11578-010317-reg.1>
7. Freitas, L. F. V. B. de, Sakomura, N. K., Reis, M. de P., Mariani, A. B., Lambert, W., Andretta, I., & Létourneau-Montminy, M.-P. (2023). Coccidiosis infection and growth performance of broilers in experimental trials: insights from a meta-analysis including modulating factors. *Poultry Science*, 102 (11), 103021. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103021>
8. Lassen, B., & Lepik, T. (2014). Isolation of Eimeria oocysts from soil samples: a simple method described in detail. *Journal of Agricultural Science*, 2 (XXV), 77–81.
9. Long, P. L., & Rowell, J. G. (1975). Sampling broiler house litter for coccidial oocysts. *British Poultry Science*, 16 (6), 583–592. <https://doi.org/10.1080/00071667508416233>
10. Williams, R. B. (1995). Epidemiological studies of coccidiosis in the domesticated fowl (*Gallus gallus*). II: Physical condition and survival of Eimeria acervulina oocysts in poultry-house litter. *Applied parasitology*, 36, 90–96.
11. Debbou-louknane, 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>
12. Brito, L. da S., Pereira, E. N., da Silva, A. A., Bentivoglio Costa Silva, V., & Freitas, F. L. da C. (2014). Experimental infection with sporulated oocysts of Eimeria maxima (Apicomplexa: Eimeriidae) in broiler. *Journal of Veterinary Medicine*, 2014, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2014/283029>
13. Lovato, M. (2018). Coccidiosis. In: M. Lovato & H. F. Dos Santos, *Doenças das Aves*. (pp. 141–149). São Paulo: Kindle Direct Publishing.
14. Ojmelukwe, A. E., Emedhem, D. E., Agu, G. O., Nduka, F. O., & Abah, A. E. (2018). Populations of Eimeria tenella express resistance to commonly used anticoccidial drugs in southern Nigeria. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6 (2), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.06.003>
15. Kiani, R., Rasadi, M., & Mohammadia, M. N. (2007). Sources and routes of introduction of eimeria oocysts into broiler chick's houses. *International Journal of Poultry Science*, 6 (12), 925–927. <https://doi.org/10.3923/ijps.2007.925.927>
16. Graat, E. A. M., Ploeger, H. W., Henken, A. M., De Vries Reilingh, G., Noordhuizen, J. P. T. M., & Van Beek, P. N. G. M. (1996). Effects of initial litter contamination level with Eimeria acervulina on population dynamics and production characteristics in broilers. *Veterinary Parasitology*, 65 (3–4), 223–232. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(96\)00952-1](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(96)00952-1)
17. Svensson, C. (1997). The survival and transmission of oocysts of Eimeria alabamensis in hay. *Veterinary Parasitology*, 69 (3–4), 211–218. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(96\)01032-1](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(96)01032-1)
18. Opitz, H. M. (1996). Disinfection of poultry houses requires Swedish domestic fowl. *Avian Pathology*, 127, 613–617.
19. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow.
20. Melnychuk, V. V., & Yuskiv, I. D. (2019). Patent na korysnu model No 135972. *Ukraina*. Sposib vyjavlennia yaiets nematod u probakh ґрунту. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1371877/> [in Ukrainian]

ORCID

V. Hodyna 

<https://orcid.org/0009-0004-9280-992X>



2025 Hodyna 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 effects of using mint on weight and biochemical blood tests in albino rabbit (*Oryctolagus cuniculus*)

R. S. Al-Kulabi | W. F. Obead

Article info

Correspondence Author

W. F. Obead

E-mail:

wala.oabead@uokerbala.edu.iq

College of Veterinary

Medicine, University

of Karbala,

56001, Karbala, Iraq

Citation: Al-Kulabi, R. S., & Obead, W. F. (2025). The effects of using mint on weight and biochemical blood tests in albino rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 212–215. doi: 10.31210/spi2025.28.01.32

Medicinal plants are used in place of manufactured medications. We can learn about medicinal plants' biological activities from traditional medicine. Nowadays, the majority of nutraceuticals have gained popularity. Because herbal remedies had few or no negative effects, people began to trust them more than synthetic ones. In addition to being a useful medicinal plant for curing illnesses, mint may be utilized to make raw ingredients for the pharmaceutical sector. One of the main causes of metabolic syndrome, a global public health concern, is obesity. The current study's investigation focused on the anti-obesity properties of a *Mentha spicata* leaf extract, an herb used for centuries as a dietary supplement and traditional phytomedicine. Ten rabbits weighing between 2900 and 3350 g we divided the ten albino rabbits into two groups. for this experiment. The treatment group consisted of five, while the control group had five. For sixty days, the treatment group (TG) is fed only mint (40 mg/kg), while the control group (CG) is fed regular food. 24 hours following the end of therapy. Blood samples were taken, centrifuged (at 3000 g for 30 minutes), and serum was extracted for spectrophotometer measurements of HDL, LDL, triglycerides, and cholesterol using a commercial kit package. We conducted our analysis using standard commercial kits. According to the results, the weights of the white adipose tissue and body were considerably lower in the *Mentha*-supplemented group than in the CG group. Measurements of HDL, LDL, triglycerides, and cholesterol were made using blood samples in (CG) are 57.03 ± 1.2 ; 74.63 ± 1.5 ; 260.13 ± 1.56 ; 211.71 ± 1.04 respectively while in (TG) 56.53 ± 1.42 ; 49.03 ± 1.5 ; 188.02 ± 0.76 ; 129.14 ± 1.02 . These findings imply that *Mentha* might aid in lowering diet-induced obesity and its associated issues and reducing overall cholesterol, LDL, and triglyceride levels in the treatment group's serum. This is a crucial scientific study to assess the plant's characteristics and determine how it can help prevent weight gain and eliminate fats that lead to numerous dangerous illnesses that cannot be ignored.

Keywords: Obesity, metabolic disorder, *Mentha*.

Вплив екстракту з листя м'яти на вагу та біохімічні показники сироватки крові кролів (*Oryctolagus cuniculus*)

Р. С. Аль-Кулабі | В. Ф. Обеад

Коледж ветеринарної
медицини, Університет
Кербела,
провінція Кербела, Ірак

Загальновідомо, що здавна лікарські рослини використовувалися замість готових ліків. Про біологічну активність лікарських рослин відомо з багатьох літературних джерел, у тому числі й з тих, що відносяться до гуманної медицини. На сьогодні великої уваги та популярності набувають нутрицевтики, що пов'язано з тим, що складові таких біологічних добавок містять рослини або їх компоненти. Відповідно до досліджень, останні чинять мінімальний негативний вплив на організм або взагалі його не проявляють. Серед популярних рослин, які повсякчас використовуються людиною, є м'ята – рослина, яка століттями використовувалася як дієтична добавка у традиційній фітотерапії. Вважається, що м'ята є надзвичайно корисною лікарською рослиною та може бути використана для виготовлення сировини для фармацевтичної промисловості, для лікування і профілактики ряду станів, у тому числі й патологій. На сьогодні, однією з головних причин метаболічного синдрому, що викликає занепокоєння у сфері охорони здоров'я, є ожиріння. Тому, поточне дослідження було зосереджено на властивостях екстракту листя *Mentha spicata* проти ожиріння. Дослідження проводилися на кролях (вагою від 2900 до 3350 г), які були розділені на дві групи по 5 голів у кожній. Протягом шістдесяти днів тваринам дослідної групи до раціону додавали м'яту (40 мг/кг). Контрольній групі для харчування використовували традиційний корм. Упродовж 24 годин після закінчення досліду проведено дослідження щодо встановлення показників ваги кролів дослідних та контрольних груп, а також окремих показників сироватки крові (тригліцериди, холестерин, ліпопротеїди високої щільності, ліпопротеїди низької щільності). Відповідно до результатів досліджень встановлено, що вага тіла кролів, які отримували екстракт з листя м'яти була значно нижчою ($P < 0,05$) порівняно з кролями зі звичайним раціоном. Також, у дослідній групі кролів виявилися значно нижчими ($P < 0,05$) показники тригліцеридів ($188,02 \pm 0,76$ мг/дл проти $260,13 \pm 1,56$ мг/дл), холестерину ($129,14 \pm 1,02$ проти $211,71 \pm 1,04$ мг/дл) та концентрація ліпопротеїдів низької щільності ($49,03 \pm 1,5$ проти $49,03 \pm 1,5$ мг/дл). Таким чином, отримані результати розширюють існуючі відомості щодо цілющих властивостей м'яти й дозволяють стверджувати про можливість її використання для боротьби з ожирінням, яке призводить до численних небезпечних захворювань.

Ключові слова: ожиріння, порушення обміну речовин, м'ята.

Бібліографічний опис для цитування: Аль-Кулабі Р. С., Обеад В. Ф. Вплив екстракту з листя м'яти на вагу та біохімічні показники сироватки крові кролів (*Oryctolagus cuniculus*). *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 212–215.

Introduction

Obesity results from an accumulation of abnormal or excess body fat. The gap between caloric intake and expenditure is obese for the average person. Eating many calories but not exercising causes weight gain and energy imbalance it is common knowledge that when energy intake exceeds EE, body weight increases. The extra energy is then stored as TGs in adipose tissue, which eventually results in overweight or obesity [1–7]. Health conditions are the cause of obesity. Genes, gender, family history, sleep deprivation, medications, tobacco use, unhealthy eating habits, age, pregnancy, and emotional factors. Problems Associated with Obesity Diseases of the nervous system, lungs, gut microbiota, diabetes, heart disease, inflammation, fertility, and cancer; gastrointestinal, musculoskeletal, psychological, immunological, and kidney disease [8–11].

More than half a billion adults worldwide are overweight, according to the World Health Organization [12]. Hepatic steatosis and dyslipidemia are two conditions for which obesity is a significant risk factor [13]. Drug abuse and adverse effects are common with approved medications used to treat obesity [14]. Although a number of anti-obesity medications are useful for reducing body weight, many of them have safety concerns [15].

Natural products made from plants have been utilized as medicines for a long time and have shown promise as a source of future medications. In Asia, the plant species *Mentha canadensis* (MA), which belongs to the Lamiaceae family, is frequently referred to as an East Asian wild mint [16]. The Laminaceae family includes the creeping rhizome *Mentha spicata*. For many years, people have utilized *Mentha spicata* as a strewing herb [1, 17]. Mint has been utilized for everything since ancient times. In conventional medicine, for fever, headaches, digestive issues, and colic, spearmint has been utilized. Menthol, which can be found in cough syrups and drops, is currently one of the most widely used medicinal applications of spearmint extracts. According to recent research, extracts from mint may be used. as an antiemetic to treat GIT, hirsutism, and cancer [18].

Several hypotheses have been proposed to explain *Mentha spicata* ability to reduce weight, including reducing adipocytes, increasing lipolysis, inhibiting pancreatic lipase activity, and limiting nutrition absorption [18, 19].

Despite the fact that many anti-obesity drugs are effective in helping people lose weight, many of them have safety issues [20, 21]. Brazilians frequently use *Mentha piperita*, a plant in the same genus as *Mentha*, for medicinal purposes. In addition, Peppermint has biological activities, for example, antioxidant qualities. According to reports, certain mint genera negatively impact the production of oxidative stress [22]. Certain blood biochemical indicators in mice under immobility stress improved when peppermint oil was added to their diet [22–24]. Its application has demonstrated that animals given juice made from

its leaves have better lipid profiles and less body weight gain [25]. However, no research has examined the anti-obesity properties of mint or clarified the mechanism behind them. Thus, in diet-induced obese (DIO) rabbits, the current study aim to investigation focused on the anti-obesity properties of a *Mentha spicata* leaf extract. Sought to assess and elucidate the molecular process via which mint extracts have anti-metabolic syndrome benefits.

The aim of the study

Aim to investigation focused on the anti-obesity properties of a *Mentha spicata* leaf extract. sought to assess and elucidate the molecular process via which mint extracts have anti-metabolic syndrome benefits

Materials and methods

Animals

For In this study, ten rabbits weighing between 2900 and 3350 g each were housed in a climate-controlled room with air conditioning at a steady $27\pm 2^{\circ}\text{C}$. After the animals had adapted for 30 days, they were divided into two groups of five rabbits each.

Preparation of Herbal Extract

A typical diet was administered to the control group. The treatment group received 40 mg/kg of fresh mint leaves in the form of an aqueous extract. Extracts were produced daily and made available whenever needed for 60 days. After 60 days, cervical dislocation was used to kill the animals.

Analysis of biochemical

24 hours following the end of therapy. Blood samples were taken, centrifuged (at 3000 g for 30 minutes), and serum was extracted for spectrophotometer measurements of HDL, LDL, triglycerides, and cholesterol using a commercial kit package. We conducted our analysis using standard commercial kits.

Analytical statistics

Statistical analysis was conducted using Statistical Software for Social Sciences, a statistical program for Windows. The data is displayed using an average (SEM). With the use of unpaired student's T test analysis, the statistical significance was examined. A probability value less than ($P<0.05$) were used for statistical significance.

Results and discussion

The potential of *Mentha spicata* L. leaf extract to reduce obesity in male albino rabbits was investigated. Following 60 days of therapy with *Mentha spicata* leaf extract, body weights and biochemical markers were used to assess obesity. The body weight variations for each animal group over both on the first day and when the experiment is finished, the weight of the body was determined and summarized in (Table 1 and Fig. 1).

Table 1

Mint extract effect on Body weight in male albino rabbits, Mean, g

Control groups		Treatment groups	
before	after	before	after
3100	3500	3119	1300
3179	3650	3000	1267
3060	3400	3320	1600
3220	3700	3042	1179
2983	3297	2969	1070

Note: Weights of the experimental groups' bodies, the initial and final versions differ statistically significant ($P<0.05$).

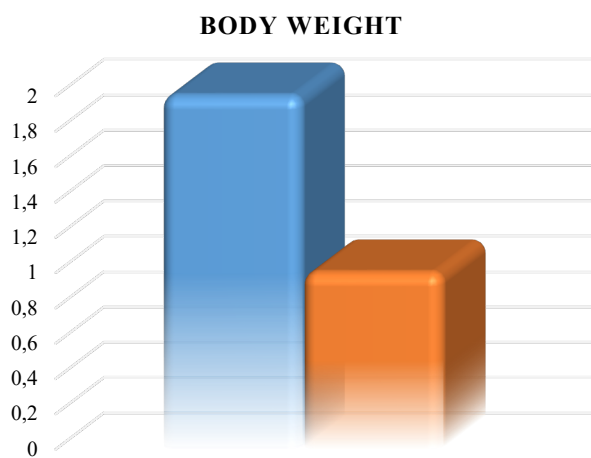


Figure 1. After administering 40 mg/kg of watery mint extract, the body weight of the initial treatment group (blue) and the final treatment group 60 days later (red) demonstrates statistical significance ($P<0.05$).

In comparison to the treatment group, the normal control group rabbits' body weight was considerably lower after oral supplementation with *Mentha* (40 mg/kg). The impact of the mint extract is also on the albino rabbit's blood parameters are displayed in (*Table 2*).

Table 2

Rabbit blood parameters ($\mu\text{g/dl}$) affected by mint extract, $M\pm SE$

Groups	Triglycerides	Cholesterol	HDL	LDL
Control	260.13 $\pm$ 1.56	211.71 $\pm$ 1.04	57.03 $\pm$ 1.2	74.63 $\pm$ 1.5
Treatment	188.02 $\pm$ 0.76*	129.14 $\pm$ 1.02*	56.53 $\pm$ 1.42	49.03 $\pm$ 1.5*

Note: * – significant differences exist in the values ($P<0.05$).

Plasma serum was used to measure the total cholesterol level, TG, HDL and LDL. In comparison to treatment rabbits, control rabbits had significantly higher amounts of total cholesterol, TGs, HDL and LDL; the impact of the mint extract is also on the albino rabbit's blood parameters.

According to the findings, there were no discernible effects of the mint extract on serum HDL. While the rabbit in the treatment group had significantly lower serum levels of LDL, triglycerides, and cholesterol than the rabbit in the control group ($P<0.05$). These changes were reversed by oral mint delivery in a dose-dependent manner.

Nonetheless, this study's results are in line with those of other investigations. In the standard control group, rats gained significantly more body weight than rats in the obese control group. But, when compared to the obesity control group, oral mint supplementation dramatically decreased body weight, however, a low dose of mint had less of an impact [1]. As, a result of consuming less food and energy, *Mentha* dietary supplements caused a notable decrease in body weight and weight gain [20]. However, it contradicts that study, which found that rats given extracts of peppermint at 300 and 600 mg/kg put on more weight than the other groups did [22]. Mint extract had no discernible effect on the HDL serum content in this investigation but reduced cholesterol, triglycerides, and LDL levels in the blood. Also, Mesbahzadeh, note that rats' HDL serum levels were not significantly impacted by the peppermint supplements; however, when the mint extract was given to Wistar rats housed at high temperatures, the serum levels of LDL, triglycerides, and cholesterol dropped [22].

Conclusions

This is a crucial scientific study to assess the plant's characteristics and determine how it can help prevent weight gain and eliminate fats that lead to numerous dangerous illnesses that cannot be ignored.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Kumari, D. V., & Rani, Dr. M. S. (2023). Anti-obesity activity of leaves of methanolic extract of *mentha spicata* in high fat diet-induced wister rats. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 78 (2). <https://doi.org/10.47583/ijpsrr.2023.v78i02.024>
- Hill, J. O., Wyatt, H. R., & Peters, J. C. (2012). Energy balance and obesity. *Circulation*, 126 (1), 126–132. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.111.087213>
- Ono-Moore, K. D., Rutkowsky, J. M., Pearson, N. A., Williams, D. K., Grobe, J. L., Tolentino, T., Lloyd, K. C. K., & Adams, S. H. (2020). Coupling of energy intake and energy expenditure across a temperature spectrum: impact of diet-induced obesity in mice. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 319 (3), E472–E484. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00041.2020>
- Wakil, S. J., & Abu-Elheiga, L. A. (2009). Fatty acid metabolism: target for metabolic syndrome. *Journal of Lipid Research*, 50, S138–S143. <https://doi.org/10.1194/jlr.r800079-jlr200>
- Haththotuwa, R. N., Wijeyaratne, C. N., & Senarath, U. (2020). Worldwide epidemic of obesity. *Obesity and Obstetrics*, 3–8. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817921-5.00001-1>
- Gesta, S., Tseng, Y.-H., & Kahn, C. R. (2007). Developmental origin of fat: Tracking obesity to its source. *Cell*, 131 (2), 242–256. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.10.004>

7. Choi, M.-S., Kim, Y.-J., Kwon, E.-Y., Ryoo, J. Y., Kim, S. R., & Jung, U. J. (2015). High-fat diet decreases energy expenditure and expression of genes controlling lipid metabolism, mitochondrial function and skeletal system development in the adipose tissue, along with increased expression of extracellular matrix remodelling- and inflammation-related genes. *British Journal of Nutrition*, 113 (6), 867–877. <https://doi.org/10.1017/s0007114515000100>
8. Kinlen, D., Cody, D., & O'Shea, D. (2017). Complications of obesity. *QJM: An International Journal of Medicine*, 111 (7), 437–443. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcx152>
9. Otero, M., Lago, R., Lago, F., Casanueva, F. F., Dieguez, C., Gómez-Reino, J. J., & Gualillo, O. (2004). Leptin, from fat to inflammation: old questions and new insights. *FEBS Letters*, 579 (2), 295–301. Portico. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2004.11.024>
10. Monteiro, R., & Azevedo, I. (2010). Chronic inflammation in obesity and the metabolic syndrome. *Mediators of Inflammation*, 2010, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2010/289645>
11. Piya, M. K., McTernan, P. G., & Kumar, S. (2012). Adipokine inflammation and insulin resistance: the role of glucose, lipids and endotoxin. *Journal of Endocrinology*, 216 (1), T1–T15. <https://doi.org/10.1530/joe-12-0498>
12. Bhurosy, T., & Jeewon, R. (2014). Overweight and obesity epidemic in developing countries: A problem with diet, physical activity, or socioeconomic status? *The Scientific World Journal*, 2014, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2014/964236>
13. Jung, U., & Choi, M.-S. (2014). Obesity and its metabolic complications: The role of adipokines and the relationship between obesity, inflammation, insulin resistance, dyslipidemia and nonalcoholic fatty liver disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 15 (4), 6184–6223. <https://doi.org/10.3390/ijms15046184>
14. Fabbrini, E., Sullivan, S., & Klein, S. (2010). Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: Biochemical, metabolic, and clinical implications. *Hepatology*, 51 (2), 679–689. <https://doi.org/10.1002/hep.23280>
15. Hasani-Ranjbar, S., Nayeibi, N., Larijani, B., & Abdollahi, M. (2009). A systematic review of the efficacy and safety of herbal medicines used in the treatment of obesity. *World Journal of Gastroenterology*, 15 (25), 3073. <https://doi.org/10.3748/wjg.15.3073>
16. Tucker, A. O., & Chambers, H. L. (2002). *Mentha canadensis* L. (Lamiaceae): a relict amphidiploid from the Lower Tertiary. *Taxon*, 51 (4), 703–718. <https://doi.org/10.2307/3647334>
17. El Menyiy, N., Mrabti, H. N., El Omari, N., Bakili, A. E., Bakrim, S., Mekkaoui, M., Balahbib, A., Amiri-Ardekani, E., Ullah, R., Alqahtani, A. S., Shahat, A. A., & Bouyahya, A. (2022). Medicinal uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of mentha spicata. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 1–32. <https://doi.org/10.1155/2022/7990508>
18. Mahendran, G., Verma, S. K., & Rahman, L.-U. (2021). The traditional uses, phytochemistry and pharmacology of spearmint (*Mentha spicata* L.): A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 278, 114266. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114266>
19. Jamous, R. M., Abu-Zaitoun, S. Y., Akkawi, R. J., & Ali-Shtayeh, M. S. (2018). Antiobesity and antioxidant potentials of selected palestinian medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018 (1). <https://doi.org/10.1155/2018/8426752>
20. Han, Y., Choi, J.-Y., & Kwon, E.-Y. (2023). *Mentha canadensis* attenuates adiposity and hepatic steatosis in high-fat diet-induced obese mice. *Nutrition Research and Practice*, 17 (5), 870. <https://doi.org/10.4162/nrp.2023.17.5.870>
21. Hasani-Ranjbar, S., Nayeibi, N., Larijani, B., & Abdollahi, M. (2009). A systematic review of the efficacy and safety of herbal medicines used in the treatment of obesity. *World Journal of Gastroenterology*, 15 (25), 3073. <https://doi.org/10.3748/wjg.15.3073>
22. Mesbahzadeh, B., Akbari, M., Kor, N. M., & Zadeh, J. B. (2015). The effects of different levels of peppermint alcoholic extract on body-weight gain and blood biochemical parameters of adult male Wistar rats. *Electronic Physician*, 7 (6), 1376–1380. <https://doi.org/10.14661/1376>
23. Marjani, A., Rahmati, R., Mansourian, A., & Veghary, G. (2012). Effect of peppermint oil on serum lipid peroxidation and hepatic enzymes after immobility stress in mice. *The Open Biochemistry Journal*, 6 (1), 51–55. <https://doi.org/10.2174/1874091x01206010051>
24. Akbari, M., & Torki, M. (2013). Effects of dietary chromium picolinate and peppermint essential oil on growth performance and blood biochemical parameters of broiler chicks reared under heat stress conditions. *International Journal of Biometeorology*, 58 (6), 1383–1391. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0740-1>
25. Barbalho, S. M., Spada, A. P. M., Oliveira, E. P. de, Paiva-Filho, M. E., Martuchi, K. A., Leite, N. C., Deus, R. M., Sasaki, V., Braganti, L. S., & Oshiiwa, M. (2009). Mentha piperita effects on wistar rats plasma lipids. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52 (5), 1137–1143. <https://doi.org/10.1590/s1516-89132009000500011>

ORCID

R. S. Al-Kulabi 

W. F. Obead 

<https://orcid.org/0009-0009-8372-6715>

<https://orcid.org/0000-0001-6934-3667>



© 2025 Al-Kulabi R. S. and Obead W. F. 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 *Cystoisospora canis* on hematological indicators of infested dogs with different indicators of invasion intensity

R. Suvorov  | V. Yevstafieva

Article info

Correspondence Author

R. Suvorov

E-mail:

romeovinnic88@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

Skovorody Str., 1/3,

Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Suvorov, R., & Yevstafieva, V. (2025). Influence of *Cystoisospora canis* on hematological indicators of infested dogs with different indicators of invasion intensity. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 216–221. doi: 10.31210/spi2025.28.01.33

Cystoisospora canis are protozoan unicellular parasites that infect dogs. The reproductive stages, such as merogony and gametogony, occur in the gastrointestinal tract of animals, which causes characteristic clinical signs and changes in hematological parameters of infected dogs. The severity of such changes depends on many factors, one of which is the intensity of the invasion. The aim of the research was to determine the impact of the pathogen *C. canis* on the hematological indicators of infested dogs, taking into account the intensity of the invasion. The research was conducted in the conditions of the private veterinary clinic "Dovira" (Kharkiv) and the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary and Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University (Poltava). Three groups of animals were formed, one of which was a control group (clinically healthy dogs) and two experimental groups (infested with cystoisosporae at different invasion intensities – up to 500 oocysts/g and more than 500 oocysts/g). The content of hemoglobin, the number of erythrocytes, leukocytes, platelets and hematocrit were determined in the blood of dogs. During the experiment, it was found that the degree of negative impact of the cystoisosporosis pathogen on hematological parameters depended on the invasion intensity. At the intensity of cystoisosporosis invasion up to 500 oocysts/g in the blood of experimental dogs, the hemoglobin content, the number of erythrocytes, platelets and hematocrit index were slightly reduced. However, no significant deviations from similar indicators in clinically healthy animals were detected. At the same time, the number of leukocytes in the blood of experimental dogs significantly increased by 27.2 % compared to clinically healthy animals. With cystoisosporosis invasion intensity indicators of more than 500 oocysts/g in the blood of experimental dogs, a decrease in hemoglobin content by 20.4 %, in the number of erythrocytes by 30.4 %, in the hematocrit index by 28.7 %, and an increase in the number of leukocytes by 43.5 % were found compared to clinically healthy animals. The results of the conducted studies allow us to take into account changes in the blood of dogs depending on the intensity of cystoisosporosis invasion when prescribing complex treatment and increasing its effectiveness.

Keywords: parasitology, cystoisosporosis, dogs, blood, hematological parameters.

Вплив *Cystoisospora canis* на гематологічні показники інвазованих собак за різних показників інтенсивності інвазії

Р. С. Суворов | В. О. Євстаф'єва

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Cystoisospora canis є найпростішими одноклітинними паразитами, які заражають собак. Стадії розмноження, такі як мерогонія та гаметогонія, відбуваються в шлунково-кишковому тракті тварин, що обумовлює наявність характерних клінічних ознак та зміни в гематологічних показниках заражених собак. Тяжкість таких змін залежить від багатьох факторів, одним з яких є показники інтенсивності інвазії. Метою досліджень було встановити вплив збудника *C. canis* на гематологічні показники інвазованих собак з урахуванням показників інтенсивності інвазії. Дослідження проводили в умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків) та лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету (м. Полтава). Було сформовано три групи тварин, з яких одна – контрольна (клінічно здорові собаки) та дві дослідні (інвазовані цистоізо스포рами за різної інтенсивності інвазії – до 500 ооцист/г та більше 500 ооцист/г). В крові собак визначали вміст гемоглобіну, кількість еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів та показник гематокриту. У ході експерименту було виявлено, що ступінь негативного впливу збудника цистоізоспорозу на гематологічні показники залежав від показників інтенсивності інвазії. За показників інтенсивності цистоізоспорозної інвазії до 500 ооцист/г в крові дослідних собак незначно знижувалися вміст гемоглобіну, кількість еритроцитів, тромбоцитів та показник гематокриту. Однак, достовірних відхилень від аналогічних показників у клінічно здорових тварин не виявлено. Одночасно в крові дослідних собак достовірно підвищувалася кількість лейкоцитів на 27,2 % порівняно з клінічно здоровими тваринами. За показників інтенсивності цистоізоспорозної інвазії більше 500 ооцист/г в крові дослідних собак встановлено зниження вмісту гемоглобіну на 20,4 %, кількості еритроцитів на 30,4 %, показника гематокриту на 28,7 % та збільшення кількості лейкоцитів на 43,5 % порівняно з клінічно здоровими тваринами. Отримані результати проведених досліджень дозволяють враховувати зміни в крові собак залежно від показників інтенсивності цистоізоспорозної інвазії при призначенні комплексного лікування і підвищення його ефективності.

Ключові слова: паразитологія, цистоізоспороз, собаки, кров, гематологічні показники.

Бібліографічний опис для цитування: Суворов Р. С., Євстаф'єва В. О. Вплив *Cystoisospora canis* на гематологічні показники інвазованих собак за різних показників інтенсивності інвазії. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 216–221.

Вступ

Шлунково-кишкові паразити – це організми, які живуть у шлунково-кишковому тракту хазяїна та живляться за його рахунок. Одним з таких паразитів є збудник цистоізоспорозу [1–5]. Відомо, що зараження шлунково-кишковими паразитами клінічно у собак проявляється анемією, виснаженням, затримкою у рості та розвитку, летальністю і ступінь тяжкості прояву залежить, в певній мірі, від виду збудника і ступеня інтенсивності інвазії [6–8].

Гематологічні та біохімічні показники сироватки крові є маркерами чутливості тварин до тяжкості зараження паразитами, ступеня патологічного стану печінки, шлунково-кишкового тракту, нирок та інших органів. Також, основною причиною пошкодження тканин, кровотеч, запальних та дистрофічних процесів в організмі тварини є міграція личинок паразитів, а також паразитування дорослих форм гельмінтів, що супроводжується змінами у показниках крові тварин [9–12].

Зокрема, за анкілостомозу в крові хворих собак автори встановлювали зниження кількості еритроцитів, рівня альбуміну, еозинофілію, зміни розмірів еритроцитів, гіпоальбумінемію [13–15]. Інші дослідники у собак, інвазованих анкілостомами, спостерігали анемію, лейкоцитоз, нейтрофілію, лімфоцитоз, моноцитоз, еозинофілію, гіпопротейнемію, гіпоальбумінемію, гіпоглобулінемію та гіпоглікемію [16].

За токсокарозу в собак виявили анемію, лейкоцитоз і значну еозинофілію ($p < 0,05$). В сироватці крові хворих собак виявляли значне зниження ($p < 0,05$) рівня загального білку і глюкози, тоді як, підвищення ($p < 0,01$) було виявлено з боку активності ферментів (SGOT і SGPT) [17]. Інші науковці встановили, що гематологічні показники у собак за токсокарозою інвазії характеризувалися значним зниженням кількості еритроцитів, Hb і PCV [18, 19]. Також, інвазія супроводжується значним збільшенням кількості лейкоцитів та еозинофілів у заражених собак, що вказувало на лейкоцитоз. На думку авторів, підвищення кількості лейкоцитів може бути пов'язане з вивільненням гістаміну та гістаміноподібних речовин із тканин, пошкоджених нематодами. Збільшення кількості еозинофілів автори пояснюють міграцією личинок і механізмом захисту від кишкових паразитів [20–22].

Також, за токсокарозу в сироватці крові собак виявлено значне ($p < 0,05$) зниження вмісту загального білка, особливо рівня альбуміну, в дослідній групі порівняно з контрольною групою (клінічно здоровими тваринами). Гіпопротейнемія пояснюється збільшенням витоку сироватки через пошкоджену кишку та перешкоджанням ефективності всмоктування ураженої нематодами кишки. Активність ферментів АЛТ і АСТ були значно підвищені в сироватці крові інвазованих токсокарами собак, що

пов'язане з пошкодженням печінки мігруючими личинками та наступним виходом вищезазначених ферментів у кров [23, 24].

Отже, актуальним є встановлення гематологічних змін у собак за паразитування збудника протозоозу виду *Cystoisospora canis*, що розширить вже існуючі дані щодо окремих ланок патогенезу за даної інвазії.

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити вплив збудника *C. canis* на гематологічні показники інвазованих собак з урахуванням показників інтенсивності інвазії.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2024–2025 рр. на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету та умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків).

Було сформовано три групи собак віком від 6 міс. до 1 року, з яких одна – контрольна (клінічно здорові собаки) та дві дослідні (інвазовані цистоізоспорами за різної інтенсивності інвазії – до 500 ооцист/г та більше 500 ооцист/г), по 8 голів у кожній.

Визначення гематологічних показників проводили за загальноприйнятими методами [25]. Кількість еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів, вміст гемоглобіну, величину гематокриту визначали за допомогою автоматичного аналізатора «BC-30s» (Виробник Mindray, Китай).

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

При проведенні досліджень було виявлено, що ступінь негативного впливу збудника цистоізоспорозу на гематологічні показники залежав від показників інтенсивності інвазії. За показників інтенсивності цистоізоспорозою інвазії до 500 ооцист/г в крові дослідних собак незначно знижувалися вміст гемоглобіну на 4,5 % ($131,1 \pm 2,7$ г/л) (**рис. 1**), кількість еритроцитів на 8,7 % ($6,3 \pm 0,6$ Т/л) (**рис. 2**), тромбоцитів на 2,6 % ($309,5 \pm 49,9$ Г/л) (**рис. 3**) та показник гематокриту на 6,4 % ($43,1 \pm 4,5$ %) (**рис. 4**). Однак, достовірних відхилень від аналогічних показників у клінічно здорових тварин не виявлено. Одночасно в крові дослідних собак достовірно підвищувалася кількість лейкоцитів на 27,2 % ($11,7 \pm 1,7$ Г/л, $p < 0,05$) порівняно з показниками кількості лейкоцитів в крові клінічно здорових тварин (**рис. 5**).

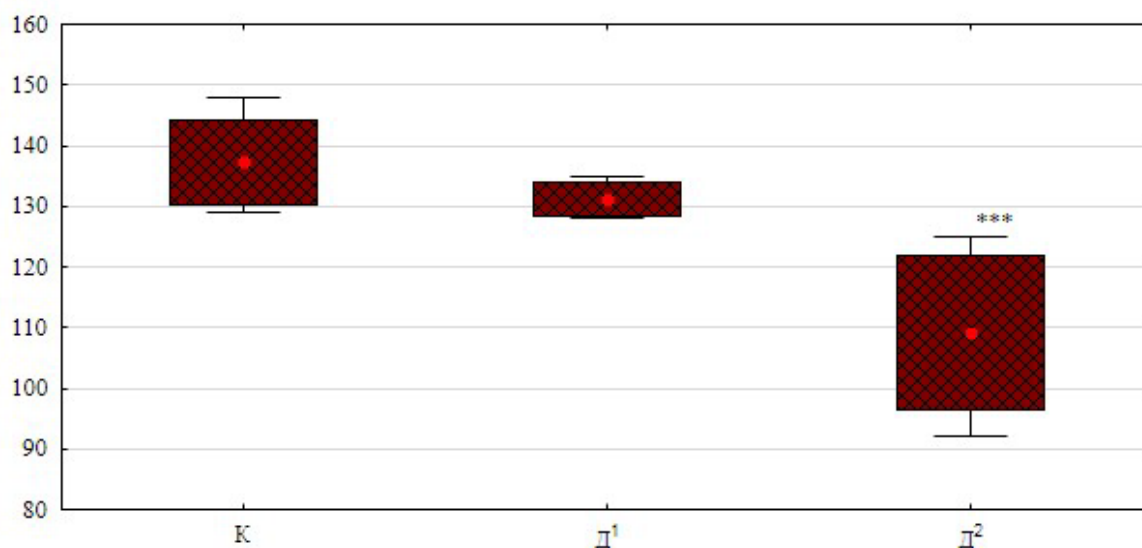


Рис. 1. Показники вмісту гемоглобіну (г/л) в крові собак: К – клінічно здорові; Д¹ – інвазовані *C. canis* при ІІ до 500 ооцист/г; Д² – інвазовані *C. canis* при ІІ більше 500 ооцист/г; *** – $p < 0,001$ – відносно показників у клінічно здорових тварин

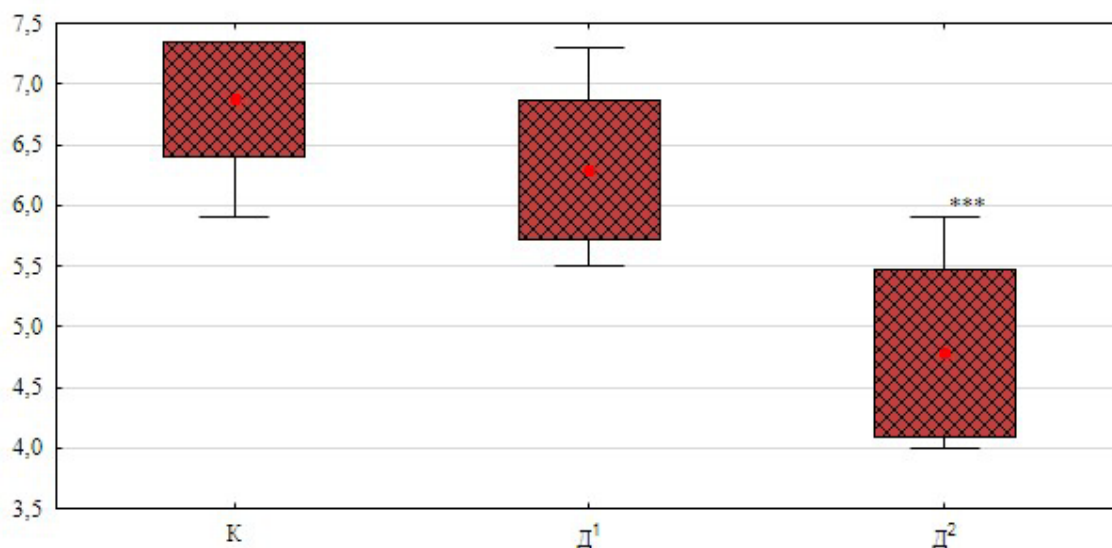


Рис. 2. Показники кількості еритроцитів (Т/л) в крові собак: К – клінічно здорові; Д¹ – інвазовані *C. Canis* при ІІ до 500 ооцист/г; Д² – інвазовані *C. canis* при ІІ більше 500 ооцист/г; *** – $p < 0,001$ – відносно показників у клінічно здорових тварин

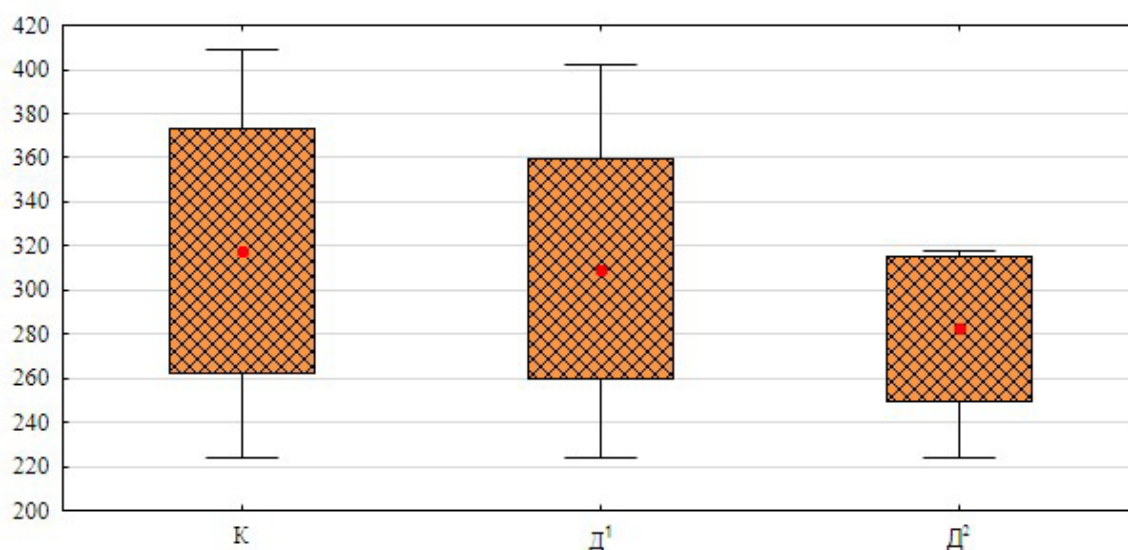


Рис. 3. Показники кількості тромбоцитів (Г/л) в крові собак: К – клінічно здорові; Д¹ – інвазовані *C. canis* при ІІ до 500 ооцист/г; Д² – інвазовані *C. canis* при ІІ більше 500 ооцист/г

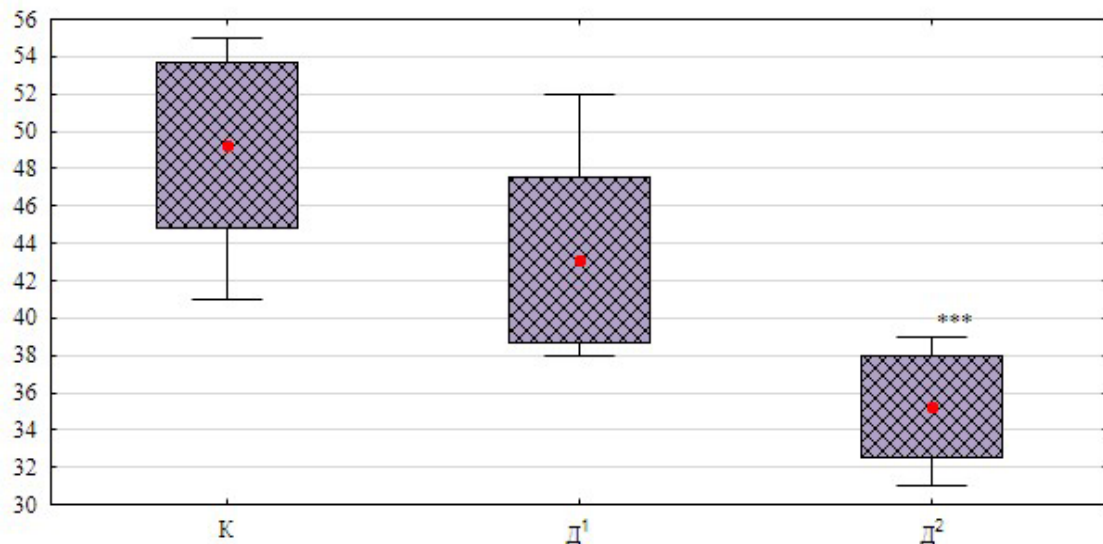


Рис. 4. Показники гематокриту (%) в крові собак: К – клінічно здорові; Д¹ – інвазовані *C. canis* при П до 500 ооцист/г; Д² – інвазовані *C. canis* при П більше 500 ооцист/г; *** – $p < 0,001$ – відносно показників у клінічно здорових тварин

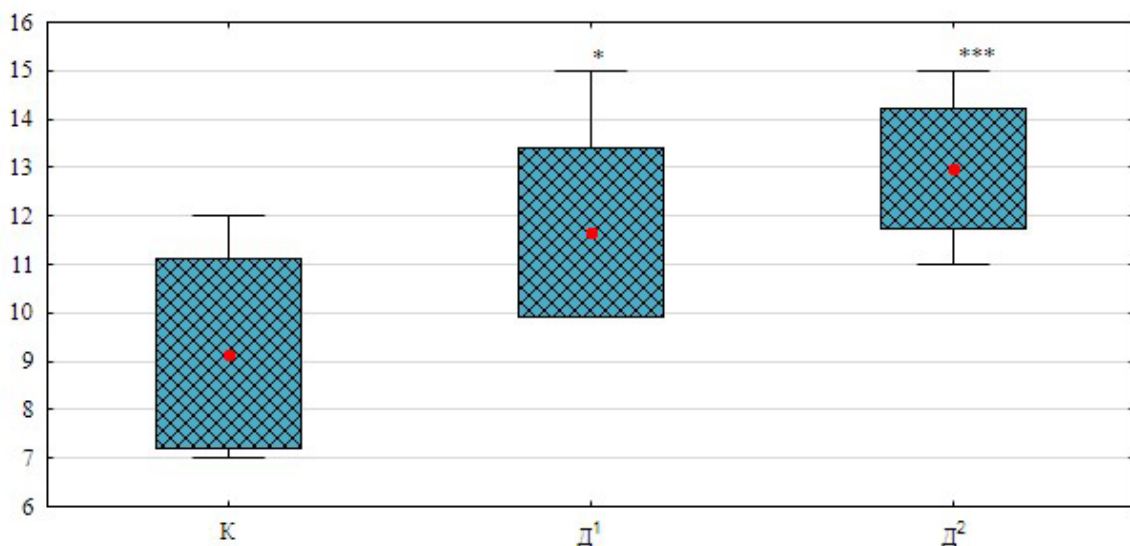


Рис. 5. Показники кількості лейкоцитів (Г/л) в крові собак: К – клінічно здорові; Д¹ – інвазовані *C. canis* при П до 500 ооцист/г; Д² – інвазовані *C. canis* при П більше 500 ооцист/г; * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$ – відносно показників у клінічно здорових тварин

За показників інтенсивності цистоізоспоровної інвазії більше 500 ооцист/г в крові дослідних собак встановлено зниження вмісту гемоглобіну на 20,4 % ($109,3 \pm 12,7$ г/л, $p < 0,001$) (рис. 1), кількості еритроцитів на 30,4 % ($4,8 \pm 0,7$ Т/л, $p < 0,001$) (рис. 2), показника гематокриту на 28,7 % ($35,3 \pm 2,8$ %, $p < 0,001$) (рис. 4) та збільшення кількості лейкоцитів на 43,5 % ($13,2 \pm 0,9$ Г/л, $p < 0,001$) (рис. 5) порівняно з клінічно здоровими тваринами. Кількість тромбоцитів в крові дослідних собак незначно знижувалася порівняно з показниками у клінічно здорових собак на 11,1 % ($282,6 \pm 32,9$ Г/л), але без достовірних відхилень (рис. 3).

Відомо, що паразито-хазяїнні відносини супроводжуються різними змінами з боку господаря, в тому числі й з боку гематологічних та біохімічних показників сироватки крові [9–12]. Тому, нами було проведено визначення впливу збудника *Cystoisospora*

canis на гематологічні показники собак з урахуванням показників інтенсивності інвазії.

У ході експерименту було виявлено, що ступінь негативного впливу збудника цистоізоспорозу на гематологічні показники залежав від показників інтенсивності інвазії. За показників інтенсивності цистоізоспоровної інвазії до 500 ооцист/г в крові дослідних собак незначно знижувалися вміст гемоглобіну, кількість еритроцитів, тромбоцитів та показник гематокриту. Однак, достовірних відхилень від аналогічних показників у клінічно здорових тварин не виявлено. Одночасно в крові дослідних собак достовірно підвищувалася кількість лейкоцитів на 27,2 % порівняно з клінічно здоровими тваринами. За показників інтенсивності цистоізоспоровної інвазії більше 500 ооцист/г в крові дослідних собак встановлено зниження вмісту гемоглобіну на 20,4 %,

кількості еритроцитів на 30,4 %, показника гематокриту на 28,7 % та збільшення кількості лейкоцитів на 43,5 % порівняно з клінічно здоровими тваринами.

Схожі зміни було зареєстровано дослідниками в крові собак за токсокарозу, які супроводжувалися анемією і лейкоцитозом, що на думку авторів пов'язане з вивільненням гістаміну та гістаміноподібних речовин із тканин, пошкоджених паразитами, розвитком запальних явищ в місці їх локалізації, токсичним впливом збудників на організм господаря [18, 19, 20–22].

Отримані результати проведених досліджень дозволяють враховувати зміни в крові собак залежно від показників інтенсивності цистоізоспороозної інвазії при призначенні комплексного лікування і підвищення його ефективності.

Висновки

Виявлено, що збудник цистоізоспороозу негативно впливає на окремі гематологічні показники інвазованих собак. Із збільшенням показників інтенсивності цистоізоспороозної інвазії ступінь змін зростає. За показників інтенсивності інвазії до 500 ооцист/г в крові собак виявлено лейкоцитоз (на 27,2 %, $p < 0,05$). За показників інтенсивності інвазії більше 500 ооцист/г в крові собак встановлено ознаки анемії за рахунок зниження кількості еритроцитів (на 30,4 %, $p < 0,001$), вмісту гемоглобіну (на 20,4 %, $p < 0,001$), показника гематокриту (на 28,7 %, $p < 0,001$), а також виявлено виражений лейкоцитоз (на 43,5 %, $p < 0,001$).

Конфлікт інтересів

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

References

1. Houk, A. E., O'Connor, T., Pena, H. F. J., Gennari, S. M., Zajac, A. M., & Lindsay, D. S. (2013). Experimentally induced clinical *Cystoisospora canis* coccidiosis in dogs with prior natural patent *Cystoisospora ohioensis* – like or *C. canis* infections. *Journal of Parasitology*, 99 (5), 892–895. <https://doi.org/10.1645/13-197.1>
2. Mitchell, S. M., Zajac, A. M., Charles, S., Duncan, R. B., & Lindsay, D. S. (2007). *Cystoisospora canis* Nemeséri, 1959 (syn. *Isospora canis*), infections in dogs: clinical signs, pathogenesis, and reproducible clinical disease in beagle dogs fed oocysts. *Journal of Parasitology*, 93 (2), 345–352. <https://doi.org/10.1645/ge-1024r.1>
3. Dubey, J. P., & Lindsay, D. S. (2019). Coccidiosis in dogs – 100 years of progress. *Veterinary Parasitology*, 266, 34–55. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.12.004>
4. Abbas, I., Baghdadi, H. B., Rizk, M. A., El-Alfy, E.-S., Elmishmishy, B., & Gwida, M. (2023). Gastrointestinal parasites of dogs in Egypt: An update on the prevalence in dakahlia governorate and a meta-analysis for the published data from the country. *Animals*, 13(3), 496. <https://doi.org/10.3390/ani13030496>
5. Scaramozzino, P., Carvelli, A., Iacoponi, F., & De Liberato, C. (2018). Endoparasites in household and shelter dogs from Central Italy. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6 (1), 45–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.04.003>
6. Raza, A., Rand, J., Qamar, A. G., Jabbar, A., & Kopp, S. (2018). Gastrointestinal parasites in shelter dogs: Occurrence, pathology, treatment and risk to shelter workers. *Animals*, 8 (7), 108. <https://doi.org/10.3390/ani8070108>
7. Miller, A. D. (2020). Pathology of larvae and adults in dogs and cats. *Toxocara and Toxocarosis*, 537–544. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.024>
8. Traversa, D. (2012). Pet roundworms and hookworms: A continuing need for global worming. *Parasites & Vectors*, 5 (1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-91>
9. Yesuf, M., Erara, M., Kenubih, A., Belay, A., & Ahmedin, N. (2020). Hemato-biochemical profiles of sheep infected with fasciolosis in comparison with health controls. *Journal of World's Poultry Research*, 10 (2), 71–75. <https://doi.org/10.36380/scil.2020.ojaf10>
10. Al-Bayati, A., Jihad, L., & Al-Attar, S. (2023). The effects of gastrointestinal parasites on haemato-biochemical parameters of sheep in Kirkuk province, Iraq. *Journal of Applied Veterinary Sciences*, 8 (4), 62–62. <https://doi.org/10.21608/javs.2023.220148.1253>
11. Ahmed, A., Dar, M. A., Bhat, A. A., Jena, B., Mishra, G., & Tiwari, R. P. (2015). Study on haemato-biochemical profile in goats suffering from gastrointestinal parasitism in Jaipur district of Rajasthan. *Livestock Science*, 6, 52–55.
12. Shashank, J., Ayodhya, S., Nagaraj, P., & Krishnaiah, N. (2019). Study on haemato-biochemical profile in goats suffering from gastrointestinal nematodiasis. *Pharma Innovation*, 8 (8), 293–296.
13. Santos, B. dos, Silva, N. M. M. da, Mora, S. E. V., Justo, A. A., Schmidt, E. M. dos S., & Takahira, R. K. (2024). Clinical and laboratory findings of hookworms (*Ancylostoma* spp.) in naturally infected adult dogs. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 46, e007724. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm007724>
14. Constantinoiu, C. C., Goulet, M. S., Constantinoiu, E. C., & Scott, J. L. (2015). Mucosal tolerance of the hookworm *Ancylostoma caninum* in the gut of naturally infected wild dogs. *Parasite Immunology*, 37 (10), 510–520. <https://doi.org/10.1111/pim.12218>
15. Schmidt, E. M. S., Tvarijonavičiute, A., Martinez-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>
16. Har, T., Mondal, A., Lodh, C., Chakrabarti, A., Mukherjee, P. K., Batul, N. K., Panda, M. K., Goswami, J., & Mondal, S. (2012). Effect of Bael® on parasitic load and hematobiochemical profile of hookworm infested dogs with enteritis. *Animal Science Reporter*, 6 (4), 156–160.
17. Kumar, M., Sharma, B., Kumar, A., Lal, H. P., Kumar, V., & Tripathi, M. K. (2014). Prevalence and haemato-biochemical studies of *Toxocara canis* infestation in dogs and risk perception of zoonoses by Dog Owners in Mathura, India. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (10), 653–663. <https://doi.org/10.3923/ajava.2014.653.663>
18. Qadir, S., Dixit, A. K., Dixit, P., & Sharma, R. L. (2010). Intestinal helminths induce haematological changes in dogs from Jabalpur, India. *Journal of Helminthology*, 85 (4), 401–403. <https://doi.org/10.1017/s0022149x10000726>
19. Abdelkareem, M., Abdel-Raheem, A.-R. A., & Mohamed, A. E. A. (2022). Hemato-Biochemical changes in dogs infected with toxocara canis in Hurghada and Luxor governorate. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*, 5 (1), 56–67. <https://doi.org/10.21608/svu.2022.90894.1143>
20. Chattha, M. A., Aslam, A., Rehman, Z. U., Khan, J. A., & Avasi, M. (2009). Prevalence of *Toxocara canis* infection in dogs and its effects on various blood parameters in Lahore (Pakistan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 19 (2), 71–73.
21. Ogunkoya, A. B., Useh, N. M., & Esievo, K. A. N. (2006). The haemogram of dogs with gastrointestinal parasites in Zaria, Nigeria. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5 (9), 782–785.
22. Kirkova, Z., & Dinev, I. (2005). Morphological changes in the intestine of dogs, experimentally infected with *Trichuris vulpis*. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 8 (4), 239–243.

23. Hayden, D. W., & Van Kruiningen, H. J. (1975). Experimentally induced canine Toxocariasis: Laboratory examinations and pathologic changes, with emphasis on the gastrointestinal tract. *American Journal of Veterinary Research*, 36 (11), 1605–1614. <https://doi.org/10.2460/ajvr.1975.36.11.1605>
24. Nwoha, R. I. O., Anene, B. M., & Eze, I. O. (2012). Serum biochemical and liver enzymes changes in dogs with single and conjunct experimental infections of *Trypanosoma brucei brucei* and *Ancylostoma caninum*. *International Journal of Tropical Medicine*, 7 (4), 138–142. <https://doi.org/10.3923/ijtm.2012.138.142>
25. Vlizlo, V. V. (Red.). (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnystvi ta veterynarii medytsyni*: Dovidnyk. Lviv: Spolom [in Ukrainian]

ORCID

R. Suvorov  <https://orcid.org/0009-0002-9391-9341>
 V. Yevstafieva  <https://orcid.org/0000-0003-4809-2584>



2025 Suvorov R. 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.

Features of spleen morphology in fish

T. Kot✉ | V. Kovalchuk

Article info

Correspondence Author

T. Kot

E-mail:

tkotvet@ukr.netPolissia National University,
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine**Citation:** Kot, T., & Kovalchuk, V. (2025). Features of spleen morphology in fish. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 222–227. doi: 10.31210/spi2025.28.01.34

The spleen refers to the peripheral organs of hematopoiesis and immune protection of fish. It performs depository, hematopoietic, immune and filtration functions. One of the most pressing problems of ichthyomorphology, veterinary and fish farming practice is the study of the structure of the spleen at the macro- and microscopic level. However, modern studies on the morphology of the spleen of fish are mainly devoted to the features of pathological changes in infectious and invasive diseases, with the influence of unfavorable factors of the natural environment, conditions of maintenance, and anthropogenic load. The purpose of the work is to conduct a scientific review to study the morphology of the spleen of fish in normal condition. Electronic search for publications has been conducted in the web of Science, Scopus, PubMed, and Google Scholar databases, mainly over the past 20 years. The principles of objectivity and a comprehensive attitude to the study of the chosen problem are used. The authors of the review article reviewed modern scientific literature and summarized current knowledge on the peculiarities of spleen morphology in fish. The anatomical structure of the fish spleen is presented with an emphasis on its topography, shape, color, weight and size. According to the description of the microscopic structure of the fish spleen, the main structural components of its stroma and parenchyma are characterized. The microscopic structure of the capsule and trabeculae of the spleen stroma is presented, which, according to modern morphological studies, together with the reticular framework of the red pulp, lymphoid nodes and vaginal membranes of the vessels, belong to the musculoskeletal apparatus of the spleen. Microscopic structure of structural components of the white pulp of the spleen (lymphoid nodules, periarterial lymphoid vaginas, perielipsoid lymphoid vaginas or ellipsoids) with analysis of their morphometric parameters is described. Features of the bloodstream (arterioles, capillaries, venous sinuses or sinusoids) are presented by describing the structure of the red pulp of the spleen. Information about the microscopic structure and specifics of the placement of melanoma-macrophage centers in the parenchyma of the fish spleen is detailed. In general, the presented anatomical features of the fish spleen are relevant for the comparative anatomy of fish of different classes. Data on the microscopic structure of structural components of white and red fish spleen pulp are of practical importance for assessing the morphofunctional state of fish, which is important for scientific justification of fish growth technologies and mastering the mechanisms of development of spleen diseases. Morphometric parameters of the spleen can serve as a theoretical basis for developing a normal spleen test system to detect morphometric changes due to environmental factors.

Keywords: fish body, spleen, anatomical and microscopic structure, red and white pulp, morphometric parameters.

Особливості морфології селезінки риб

Т. Ф. Кот | В. В. Ковальчук

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Селезінка належить до периферичних органів кровотворення та імунного захисту риб. Вона виконує депонувальну, кровотворну, імунну та фільтраційну функції. Однією з актуальних проблем іхтіоморфології, ветеринарної та рибогосподарської практики є вивчення будови селезінки на макро- і мікроскопічному рівні. Проте сучасні дослідження з морфології селезінки риб присвячені, переважно, особливостям патологічних змін за інфекційних та інвазивних захворювань, за впливу несприятливих факторів природного середовища, умов утримання, антропогенного навантаження. Мета роботи – провести науковий огляд з вивчення морфології селезінки риб в нормі. Електронний пошук публікацій проведено в базах даних Web of Science, Scopus, PubMed та Google Scholar, переважно, за останні 20 років. Використано принципи об'єктивності та комплексного ставлення до вивчення обраної проблеми. Авторами оглядової статті розглянуто сучасну наукову літературу та узагальнено поточні знання з особливостей морфології селезінки риб. Анатомічну будову селезінки риб представлено з акцентом на її топографію, форму, колір, масу і розміри. За опису мікроскопічної будови селезінки риб охарактеризовано основні структурні компоненти її строми та паренхіми. Подано мікроскопічну будову капсули і трабекул строми селезінки, які за сучасними морфологічними дослідженнями разом з ретикулярним каркасом червоної пульпи, лімфоїдних вузликів та піхвових оболонок судин відносять до опорно-скоротливого апарату селезінки. Описано мікроскопічну будову структурних компонентів білої пульпи селезінки (лімфоїдних вузликів, періартеріальних лімфоїдних піхв, періеліпсоїдних лімфоїдних піхв або еліпсоїдів) з аналізом їх морфометричних показників. Особливості кровоносного русла (артеріол, капілярів, венозних синусів або синусоїдів) представлено за опису будови червоної пульпи селезінки. Деталізовано відомості про мікроскопічну будову та специфіку розміщення мелано-макрофагальних центрів у паренхімі селезінки риб. Загалом представлені анатомічні особливості селезінки риб актуальні для порівняльної анатомії риб різних класів. Дані з мікроскопічної будови структурних компонентів білої та червоної пульпи селезінки риб мають практичне значення для оцінки морфофункціонального стану риб, що важливо для наукового обґрунтування технологій вирощування риб і опанування механізмів розвитку захворювань селезінки. Морфометричні показники селезінки можуть слугувати теоретичним підґрунтям для розробки тест-системи селезінки в нормі для виявлення морфометричних змін за дії факторів навколишнього середовища.

Ключові слова: організм риб, селезінка, анатомічна і мікроскопічна будова, червона і біла пульпа, морфометричні показники.

Бібліографічний опис для цитування: Кот Т. Ф., Ковальчук В. В. Особливості морфології селезінки риб. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 222–227.

Риби (Pisces) – найбільш численний клас хребетних тварин, який включає близько 30 тис. прісноводних та морських видів. Висока морфологічна і екологічна різноманітність риб обумовлена варіабельністю форм, розмірів та забарвлення їх тіла, будови внутрішніх органів, способів життя [3, 21, 32, 41].

Риби, як унікальний продукт за поживними речовинами, біологічною цінністю, рентабельністю виробництва та попитом на споживчому ринку, є важливою складовою раціону людини [22]. У період стрімкого розвитку рибної промисловості та забруднення навколишнього середовища для оцінки еколого-токсикологічної ситуації і визначення впливу різних несприятливих факторів на гідробіоти водного середовища необхідно проведення морфологічного дослідження риб, зокрема їх органів, які зазнають первинного негативного впливу [1, 31].

Селезінка належить до периферичних органів кровотворення та імунного захисту хребетних [14]. Паренхіма селезінки представлена білою і червоною пульпою, які у риб виконують різні функції – депонування крові; гемопоєз, переважно еритропоєтичний; ініціювання імунних реакцій на антигени, що передаються кров'ю; фільтрація крові від сторонніх речовин і пошкоджених або завершивших свій життєвий цикл еритроцитів [39]. Вивчення морфології селезінки риб є актуальною проблемою їхтіології, порівняльної морфології, ветеринарної та рибогосподарської практики. Проте сучасні дослідження з морфології селезінки риб присвячені, в основному, вивченню особливостей патоморфологічних змін селезінки за інфекційних та інвазивних захворювань, а також за впливу несприятливих факторів природного середовища, умов утримання, антропогенного навантаження [4, 19].

Для проведення аналізу морфології селезінки риб здійснено електронний пошук наукових публікацій у базах даних Web of Science, Scopus, PubMed та Google Scholar. За пошуку використано такі ключові терміни: «організм риб», «селезінка», «анатомічна і мікроскопічна будова», «морфометричні показники». Пошукова стратегія включала різні комбінації цих термінів. Для забезпечення актуальності аналізу враховувало лише наукові роботи, опубліковані українською та англійською мовами упродовж останніх 20 років. Дослідження базувалося на принципах об'єктивності та комплексного підходу до вивчення морфологічних особливостей селезінки риб.

Топографія селезінки. Селезінка у риб більшості видів розміщується на вигині шлунка або біля кишкового [7, 15, 16], зокрема у геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*), гіпостомуса (*Hypostomus francisci*) і риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) – вентрально плавального міхура [38], у риби даніо (*Danio rerio*), молоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) і нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) – біля печінки [29, 39, 46].

Форма і колір селезінки. У риб різних видів форма і колір селезінки різняться. Zapata (2024) зазначає, що селезінка акул (*Selachimorpha*) подовжена, тоді як у скатів (*Batomorphi*) округлої форми [47]. Є дані, що у бурого протоптера (*Protopterus annectens*) селезінка паличкоподібної форми [16, 17], нільської

теляпії (*Oreochromis niloticus*) – язикоподібної [46], сома європейського (*Silurus Glanis*) – трикутно-видовженої або трапецієподібно-видовженої [7], геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*) – веретенподібної, гіпостомуса (*Hypostomus francisci*) – подовженої і риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) – трикутної форми [38]. Щодо кольору селезінки, у риб більшості видів вона темно-червона або червоно-коричнева [7, 25, 34, 38].

Маса і розміри селезінки. Морфометричними дослідженнями встановлено, що абсолютна маса селезінки сома європейського (*Silurus Glanis*) дорівнює 1,71 г, товщина – 0,61 см, довжина – 2,22 см і ширина – 1,71 см [6]. У нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) абсолютна маса селезінки варіює від 0,07 до 0,25 г [46]. Щодо відносної маси селезінки, у чорноморських риб багатьох видів цей показник знаходиться у межах від 0,072 (морський йорж) до 0,712 % (морський кіт). У коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) відносна маса селезінки становить 0,22 %, у звичайної плітки (*Rutilus rutilus*) – 0,30 %, окуня річного (*Perca fluviatilis*) – 1,13 %, звичайної щуки (*Esox lucius*) – 0,13 %, миня річкового (*Lota lota*) – 0,10 %, харіуса європейського (*Thymallus thymallus*) – 0,18 %, нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) – 0,84–0,89 % [7].

Мікроскопічна будова селезінки. Селезінка риб побудована за типом паренхіматозного органу, утворена стромою і паренхімою. Строма представлена капсулою і трабекулами, які побудовані з щільної волокнистої сполучної тканини. В останній містяться гладкі м'язові клітини, колагенові та еластичні волокна. У зв'язку з цим, окремі вчені [7, 16, 38] строму селезінки риб називають м'язово-скоротливим апаратом. У сома європейського (*Silurus glanis*) відносна площа опорно-скоротливого апарату селезінки дорівнює 7,04 %, а співвідношення опорно-скоротливого апарату до паренхіми селезінки – 1 : 13,2 [7].

Згідно із сучасними морфологічними дослідженнями, до опорно-скоротливого апарату, який включає капсулу і трабекули, відносять і ретикулярний каркас червоної пульпи, лімфатичних вузликів та півхвові оболонки судин. Тому сполучнотканинну основу селезінки відносять до багаторівневої функціональної імунопротективної системи [7]. Строма виконує опорну, фіксуючу та амортизаційну функції. У сполучнотканинній стромі галузяться кровоносні судини, які забезпечують обмін речовин, доставку судинним руслом поживних речовин та транспорт продуктів метаболізму [7, 18].

Капсула селезінки. Капсула вкриває ззовні селезінку риб. Місцями вона зрослена з очеревиною [6, 34, 38]. У нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) капсула селезінки завтовшки 2,6 мкм, складається з одного шару плоских мезотеліальних клітин і сполучної тканини [46]. Є дані про нерівномірне потовщення капсули у різних ділянках селезінки сома європейського (*Silurus glanis*), зокрема найбільша її товщина реєструється у ділянці воріт селезінки – 21,85 мкм [7]. Reebook et al. (2011) виявлено відмінності товщини капсули селезінки охридської форелі (*Ohrid trout*) упродовж статевих циклів. У нерестових і після-нерестових риб її товщина більша на 29,7 мкм,

порівняно з таким показником у риб на стадії вітелогенезу (10,9 мкм) [34]. За даними Mahabady et al. (2012), капсула селезінки у лівантійського усаца (*Barbus pectoralis*) складається з одного шару плоских і кубоподібних епітеліоцитів і невеликої кількості секреторних клітин.

Трабекули селезінки. У геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*), гіпостомуса (*Hypostomus francisci*) і риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) капсула селезінки представлена простим кубічним епітелієм і тонкою сполучною тканиною, з якої виникають трабекули, які поширюються в паренхіму органа [38]. Окремі дослідники [8, 34] не реєстрували трабекули у селезінці охридської форелі (*Ohrid trout*) і риб нотобранхіусів (*Nothobranchius*).

Трабекули диференціюються на судинні, сполучні і радіальні. Радіальні трабекули відходять від внутрішньої поверхні капсули радіально вглиб органу. Судинні трабекули містять у собі артерії, вени, нерви і входять у паренхіму в ділянці воріт селезінки. Сполучні трабекули не містять судин і відходять латерально від судинних. При цьому більшість трабекул мають видовжену форму [7].

У нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) колагенові волокна становлять 7,7–14,3 % усієї площі селезінки, більшість з яких поширюється в селезінкових трабекулах, а деякі з них оточують селезінкову артерію та вену. Навпаки, ретикулярні волокна становлять 11,4–18,8 % усієї площі, яка поширюється по всій селезінці. Приблизно 5,7–9,9 % ретикулярних волокон, оточують всередині та зовні ендотеліоцити еліпсоїдних капілярів [46].

У сома європейського (*Silurus glanis*) довжина сполучних трабекул коливається від 37,5 до 162,5 мкм, ширина – від 17,5 мкм до 90 мкм. Діаметр сполучних трабекул селезінки становить 28,75 мкм. Найбільшого розвитку досягають судинні трабекули. Їх довжина та ширина коливаються в значних межах: довжина – від 32,5 до 1275 мкм; ширина – від 15 до 367,5 мкм. Радіальні трабекули не розвинені [7].

Паренхіма селезінки. Паренхіму селезінки називають пульпою. У риб вона знаходиться між складовим сполучнотканинної стромою селезінки й утворена ретикулярною тканиною. Пульпу селезінки поділяють на білу та червону [7, 16, 34, 38]. Більшість авторів [7, 46] стверджують, що для хрящових риб (*Chondrichthyes*) характерна чітка диференціація паренхіми селезінки на білу і червону пульпу. Селезінка кісткових риб (*Osteichthyes*) представлена червоною пульпою, в якій містяться окремі лімфоїдні скупчення або червона і біла пульпи змішані без маргінальних ділянок.

За даними Yang et al. (2021), при фарбуванні селезінки нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) гематоксилином та еозином на фоні відсутності чіткої межі між червоною і білою пульпою органу виділяється три шари: зовнішній – світло-блакитного кольору, середній шар – темно-синього кольору і внутрішній шар – світло-блакитного кольору. Зовнішня зона представлена такими структурами, як капсула, трабекули, мікровенули, незначна кількість еритроцитів та лімфоцитів, поодинокі меланомакрофагальні центри. Середня зона представлена

червоною пульпою з великою кількістю еритроцитів, лімфоїдними вузликами з центральним еліпсоїдним капіляром, скупченнями лімфоцитів і поодинокими лімфоцитами, меланомакрофагальними центрами, які розміщені хаотично. У внутрішній зоні виділяються судини (селезінкова артерія і вена, артеріоли, венули), злиті центри меланомакрофагів навколо судин і лімфоцити розкидані по зоні [46].

Морфометричні дослідження показали, що у сома європейського (*Silurus glanis*) відносна площа білої пульпи становить 22,14 %, червоної пульпи – 70,82 %. Співвідношення білої пульпи до червоної дорівнює 1:3,2. У нельми (*Stenodus leucichthys nelma*) червона і біла пульпи чітко відмежовані, їхні площі однакові [7]. В охридської форелі (*Ohrid trout*) біла пульпа займає близько 35–40 % об'єму паренхіми, що вдвічі менше червоної пульпи. За нересту реєструється збільшення білої пульпи та зменшення червоної пульпи, що свідчить про зв'язок між рівнем статевих стероїдів і вмістом пульпи в селезінці [34].

Біла пульпа. Основу білої пульпи селезінки формує лімфоїдна тканина (ретикулярна тканина з лімфоїдними клітинами). В ній відбуваються процеси контролю перебігу крові, клітинна та субклітинна диференціація, кооперативні взаємодії Т- і В-лімфоцитів з макрофагами [18]. У скатів (*Batomorphi*) і променеперих риб (*Palaeopterygii*) показники відносної площі білої пульпи майже однакові і дорівнюють відповідно 31 і 29 % [7].

Структурна організація білої пульпи селезінки пластиножаберних риб (*Elasmobranchii*) є предметом дискусії. Rumfelt et al. (2002) стверджують, що біла пульпа селезінки акули-няньки (*Ginglymostoma cirratum*) поділяється на В- і Т-клітинні зони [37]. Проте за результатами досліджень Castro et al. (2013), вона містить тільки В-лімфоцити [2].

У складі білої пульпи селезінки риб виділяють такі структурні компоненти, як лімфоїдні вузлики, периартеріальні лімфоїдні піхви (муфти) і періеліпсоїдні лімфоїдні піхви [7, 36, 38, 47]. Також серед елементів ретикулярної тканини білої пульпи селезінки хаотично розміщуються клітини крові, зокрема у скатів (*Batomorphi*) це гранулоцити – 65,0 %, еритроцити – 34,3 % і тромбоцити – 0,7 % [7]. У малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) у складі білої пульпи селезінки виділяють скупчення лейкоцитів, які представлені, в основному, лімфоїдними клітинами (Т-лімфоцитами) і макрофагами [39]. Ці клітини важливі для адаптивної імунної системи [10, 20, 30].

Лімфоїдні вузлики. Лімфоїдні вузлики розміщуються в різних ділянках білої пульпи селезінки риб [7, 25]. Вони є щільними скупченнями Т- і В-лімфоцитів, ефекторних клітин лімфоцитів, макрофагів, імунобластів, що оточені оболонкою (капсулою). Розміри лімфоїдних вузликів змінюються від дози антигену і терміну їх персистування в організмі [7].

Лімфоїдні вузлики у селезінці бурого протоптера (*Protopterus annectens*) оточені капсулою і містять зовнішню та внутрішню зони. Перша утворена гранулоцитами, зрілими плазматичними клітинами і меланомакрофагальними центрами. Внутрішня зона

представляє собою сітку з трабекул і судинних синусів, що містять лімфоїдні клітини, кластери плазматичних клітин і невелику кількість макрофагів [17].

У сома європейського (*Silurus Glanis*) цитопопуляція лімфоїдних вузликів сформована комплексом клітин лімфоїдної тканини: лімфоцитами (малі, середні, великі), лімфобластами, макрофагами, дендритними клітинами, плазматичними клітинами. У незначній кількості також реєструються базофіли і нейтрофіли. Серед лімфоїдних вузликів розрізняють округлі та овальні лімфоїдні вузлики без центру розмноження, малі лімфоїдні вузлики діаметром 27,5–40 мкм, великі лімфоїдні вузлики діаметром 100–130 мкм і дрібні вузлики з тонким темним обідком завтовшки 6,667 мкм. Кількість лімфоїдних вузликів на одиницю площі (0,021 мм²) становить 109,4 штук [7].

У ссавців лімфоїдні вузлики селезінки мають перартеріальну зону, світлий центр, мантийну і маргінальну зони [12, 11]. Причому остання є найбільш динамічною ділянкою лімфоїдних вузликів. В ній відбувається обробка антигенів під дією потужних маргінальних макрофагів. Проте за даними Sales et al. (2017), лімфоїдні вузлики у риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) не мають чіткої структурної організації [38]. Matz & Dooley (2023) відмічають про відсутність маргінальної (крайової зони) на периферії лімфоїдних вузликів селезінки у кісткових риб [28].

Періартеріальні лімфоїдні піхви – це циліндричні компактні скупчення клітин лімфоїдного ряду (лімфоцити, лімфобласти, ретикулярні клітини, макрофаги та інтердигітальні дендритні клітини) навколо пульпарних (центральных) артерій [7]. У сома європейського (*Silurus Glanis*) періартеріальні лімфоїдні піхви слабо розвинені. Вони мають різну довжину та ширину, сформовані 2–3 рядами, щільно розташованих клітин, навколо артерій. Їх діаметр становить 27,27 мкм [7].

Періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (еліпсоїди). На думку Fänge & Nilsson (1985), васкуляризація селезінки акул (*Selachii*) визначає особливості її гістологічної організації та імунологічної ефективності. Центральна артерія за виходу з лімфоїдного вузлика проникає в червону пульпу і розгалужується на китичкові артеріоли, які продовжуються як еліпсоїдні артеріоли. Навколо останніх є періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (біла пульпа), які у спеціальній літературі ще називають еліпсоїдами. Еліпсоїдні артеріоли втрачають всі свої характерні ознаки (м'язові і еластичні) і розгалужуються на капіляри, які можуть з'єднуватися з венозними синусами (закритий кровообіг) або відкриватися у ретикулярну тканину (відкритий кровообіг).

Періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (еліпсоїди) є унікальною структурою, селезінки у якості бар'єру для фільтрації та фагоцитозу [42]. Будова періеліпсоїдних лімфоїдних піхів (еліпсоїдів) селезінки вивчена у риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) [38], темного вусатого сома (*Pelteobagrus vachelli*) [45], геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*), райдужної форелі (*Carassius auratus*) [47], риби барбус (*Barbus pectoralis*) [25], риби-зебри (*Danio rerio*) [29].

Періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (еліпсоїди) розміщені по всій паренхімі селезінки навколо еліпсоїдних артеріол [38]. Вони містять колагенові та

ретикулярні волокна, ліпідні відкладення, ретикулярні клітини та макрофаги [39, 47]. На думку Menke et al. (2011) і Dyková et al. (2022), еліпсоїди у селезінці риб фільтрують плазму крові й уловлюють бактеріальні клітини [8, 29]. Udriou & Sgura (2017) не виявлено періеліпсоїдних лімфоїдних піхів у селезінці вугреподібних риб (*Anguilliformes*) [43].

Червона пульпа. Червона пульпа селезінки виконує ряд функцій, зокрема руйнування старих і ушкоджених еритроцитів і тромбоцитів, депонування крові, фагоцитоз чужорідних частинок, диференціація лімфоцитів у ефекторні клітини, перетворення моноцитів у макрофаги, продукція фактора Вілленбранда ендотеліальними клітинами [7].

Червона пульпа селезінки представлена ретикулярною тканиною з численними клітинами крові, які зумовлюють червоне забарвлення пульпи, макрофагами та судинами [7, 25, 39].

Для риб характерна родинна і рядова відмінності показників відносної площі червоної пульпи. У сома європейського (*Silurus glanis*) червона пульпа займає близько 70 % об'єму селезінки, а у вобли (*Rutilus caspicus*) – більше 80 % [7]. Більшу частину паренхіми селезінки займає червона пульпа і у лівантійського усача (*Barbus pectoralis*), райдужної форелі (*Salmo gairdneri*), малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) [25, 39].

Кровоносні судини червоної пульпи селезінки риб представлені артеріолами, капілярами, венозними синусами (синусоидами), порожнини яких заповнені еритроїдними клітинами, еритроцитами та тромбоцитами [7, 8]. Венозні синуси розміщуються у червоній пульпі, переважно, між пульпарними селезінковими тяжами (тяжами Більрота), на межі з маргінальною зоною лімфоїдних вузликів. Стінка венозних синусів складається з довгих вузьких ендотеліальних клітин, які розміщені поздовжньо і мають між собою щілини.

Мелано-макрофагальні центри. Морфологічною особливістю селезінки риб є хаотичне розміщення в її паренхімі мелано-макрофагальних центрів [39]. Спеціальна література містить відомості про будову мелано-макрофагальних центрів селезінки в охридської форелі (*Ohrid trout*) [34], зірчастої масляної риби (*Geophagus brasiliensis*), риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) [38] бурого протоптера (*Protopterus annectens*) [17], малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) [39], золотої рибки (*Carassius auratus*) [5], плітки звичайної (*Rutilus rutilus*) [33]. Загалом мелано-макрофагальні центри описані у понад 130 видів риб. Також окремі автори [38] заперечують існування мелано-макрофагальних центрів у селезінці риб, зокрема у рогатої акули (*Heterodontus francisci*).

За даними Sales (2017) і Sayed (2022), у зірчастої масляної риби (*Geophagus brasiliensis*), риби-вовка (*Hoplias malabaricus*), малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) меланомакрофагальні центри локалізуються біля періеліпсоїдних лімфоїдних піхів (еліпсоїдів) [38, 39]. В охридської форелі (*Ohrid trout*) вони представляють собою погано організовані, неправильної форми скупчення пігментних макрофагів навколо кровоносних судин [34].

У кісткових риб, окрім лососевих, мелано-макрофагальні центри рееструються в таких органах, як нирки, тимус, печінка і селезінка. Вони повністю або частково оточені капсулою і тісно пов'язані з періеліпсоїдними лімфоїдними піхвами (еліпсоїдами) [35]. За даними Höhn & Grune (2013), мелано-макрофагальні центри містять чотири типи пігментів: меланін, ліпофусцин, цероїд і гемосидерин [13]. Кількість, розмір та уміст цих пігментів залежать від органу, виду, віку, статі, харчування і здоров'я риб [23, 24]. Збільшення кількості гемосидерину в мелано-макрофагальних центрах селезінки плітки звичайної (*Rutilus rutilus*) свідчить про посилення деградації еритроцитів і виділення заліза за пошкодження токсином клітин еритроцитарного ряду [33]. Вважається, що мелано-макрофагальні центри є індикатором імунної функції риби [5, 40], тому і відповідно потенційним інструментом біомоніторингу для визначення впливу концентрацій забруднювачів пестицидів [26, 27]. Мелано-макрофагальні центри також відносять до функціональних заміників зародкових центрів селезінки [44].

Висновки

Оглядом-аналітичний характер статті спрямований на привернення уваги дослідників, іхтіологів, ветеринарних лікарів та спеціалістів у галузі рибиства до проблеми морфології селезінки риб. Анатомічні знання з будови селезінки риб різних класів і видів актуальні для порівняльної анатомії. Дані з мікроскопічної будови структурних компонентів білої та червоної пульпи селезінки риб мають практичне значення для оцінки морфофункціонального стану риб певного виду, що важливо для наукового обґрунтування технологій вирощування риб і опанування механізмів розвитку захворювань селезінки. Морфометричні показники селезінки можуть слугувати теоретичним підґрунтям для розробки тест-системи селезінки в нормі для виявлення морфометричних змін за дії факторів навколишнього середовища.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні та аналізі даних літературних джерел з вмісту і локалізації хімічних речовин у селезінці риб на тканинному та клітинному рівнях.

Конфлікт інтересів

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

References

- Dayoub, M., Shnaigat, S., Tarawneh, R. A., Al-Yacoub, A. N., Al-Barakeh, F., & Al-Najjar, K. (2024). Enhancing animal production through smart agriculture: possibilities, hurdles, resolutions, and advantages. *Ruminants*, 4 (1), 22–46. <https://doi.org/10.3390/ruminants4010003>
- Almeida, D., Cruz, A., Llinares, C., Torralva, M., Lantero, E., Fletcher, D. H., & Oliva-Paterna, F. J. (2023). Fish morphological and parasitological traits as ecological indicators of habitat quality in a Mediterranean coastal lagoon. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33 (11), 1229–1244. <https://doi.org/10.1002/aqc.3996>
- Castro, C. D., Ohta, Y., Dooley, H., & Flajnik, M. F. (2013). Noncoordinate expression of J-chain and Blimp-1 define nurse shark plasma cell populations during ontogeny. *European Journal of Immunology*, 43 (11), 3061–3075. <https://doi.org/10.1002/eji.201343416>
- Côte, J., Kuczynski, L., & Grenouillet, G. (2022). Morphology reflects differently the various facets of species traits in stream fish. *Freshwater Biology*, 67 (7), 1203–1213. <https://doi.org/10.1111/fwb.13911>
- David, M., & Kartheek, R. M. (2015). Histopathological alterations in spleen of freshwater fish *Cyprinus carpio* exposed to sublethal concentration of sodium cyanide. *Open Veterinary Journal*, 5 (1), 1–5. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2015.v5.i1.p1>
- Diaz-Satizabal, L., & Magor, B. G. (2015). Isolation and cytochemical characterization of melanomacrophages and melanomacrophage clusters from goldfish (*Carassius auratus*, L.). *Developmental and Comparative Immunology*, 48 (1), 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2014.10.003>
- Dunaievska, O. (2016). Mikroskopična budova ta morfometrični pokazniki selezinky soma (*Silurus glanis* L.). *Rybohospodarska Nauka Ukrainy*, 1 (35), 78–87. <http://dx.doi.org/10.15407/fsu.2016.01.078> [in Ukrainian]
- Dunaievska, O. F., Horalskyi, L. P., & Sokulskyi, I. M. (2022). *Porivnialna morfolohiia selezinky khrebetnykh tvaryn*. Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet [in Ukrainian]
- Dyková, I., Žák, J., Blažek, R., Reichard, M., Součková, K., & Slabý, O. (2022). Histology of major organ systems of Nothobranchius fishes: short-lived model species. *Journal of Vertebrate Biology*, 71, 1–50. <https://doi.org/10.25225/jvb.21074>
- Fänge, R., & Nilsson, S. (1985). The fish spleen: structure and function. *Experientia*, 41, 152–158. <https://doi.org/10.1007/BF02002607>
- Fischer, U., Dijkstra, J., Killer, B., Kiryu, I., Koppang, E., Hordvik, I., Sawamoto, Y., & Ototake, M. (2005). The ontogeny of MHC class I expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunology*, 18 (1), 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.05.006>
- Horalskyi L. P., Dunaievska O. F., Hural'ska S. V., Zaika S. S., Horalska I. Yu., Kropyvnytskyi F. I., Diachenko T. F., Kal'taieva O. Ya., & Dubovy A. A. (2006). Morfometrični pokazniki selezinky sviiskyykh tvaryn. *Tavrycheskyi Medyko-Biologicheskyy Vestnyk*, 9 (3), 41–43. [in Ukrainian]
- Horalskyi L. P., Hural'ska S. V., Dunaievska O. F., Diachenko T. F., Horalska I. Yu., & Dubovy A. A. (2005). Morfometrični pokazniki orhaniv i tkanyn u sviiskyykh tvaryn. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 2, 102–105. [in Ukrainian]
- Höhn, A., & Grune, T. (2013). Lipofuscin: formation, effects and role of macroautophagy. *Redox Biology*, 1 (1), 140–144. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2013.01.006>
- Hural'ska, S., Kot, T., Hryshchuk, H., Zaika, S., & Dubovy, A. (2023). Effect of chicken infectious bronchitis vaccine on morphogenesis. *Scientific Horizons*, 26 (6), 9–21. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.09>
- Icardo, J. M., Wong, W. P., Colvee, E., Loong, A. M., & Ip, Y. K. (2010). The anatomy of the gastrointestinal tract of the African lungfish, *Protopterus annectens*. *Anatomical Record*, 293 (7), 1146–1154. <https://doi.org/10.1002/ar.21154>
- Icardo, J. M., Wong, W. P., Colvee, E., Garofalo, F., Loong, A. M., & Ip, Y. K. (2011). The gut of the juvenile African lungfish *Protopterus annectens*: a light and scanning electron microscope study. *Journal of Morphology*, 272 (7), 769–779. <https://doi.org/10.1002/jmor.10952>
- Icardo, J. M., Wong, W. P., Colvee, E., Loong, A. M., Zapata, A. G., & Ip, Y. K. (2014). Lympho-granulocytic tissue associated with the wall of the spiral valve in the African lungfish *Protopterus annectens*. *Cell and Tissue Research*, 355 (2), 397–407. <https://doi.org/10.1007/s00441-013-1746-z>
- Kaleeswaran, B. S., Ilavenil, S., & Ravikumar, S. (2010). Changes in biochemical, histological and specific immune parameters in *Catla catla* (Ham.) by *Cynodon dactylon* (L.). *Journal of King Saud University – Science*, 24 (2), 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2010.10.001>
- Luu Tang Phuc, K., Tran, T. P. D., & Nguyen, H. G. (2022). Histopathological characteristics of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in challenge with *Edwardsiella ictaluri*. *Can Tho University Journal of Science*, 14(CBA), 7–16. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2022.023>

20. Kondera, E. (2014). Cell composition of the head kidney of European chub (*Squalius cephalus* L.). *Archives of Polish Fisheries*, 22 (4), 271–280. <https://doi.org/10.2478/aopf-2014-0029>
21. Kot T. F., & Rudakova N. A. (2019). Osoblyvosti morfolohii pechinky kistkovykh ryb. *Materialy V naukovo-praktychnoi konferentsii «Naukovi chytannia – 2019. Aktualni problemy tvarynnystva i veterinarnoi medytyny»*. (pp. 34–35). Zhytomyr [in Ukrainian]
22. Kotelevych, V., Huralska, 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>
23. Magrone, T., Fontana, S., Laforgia, F., Dragone, T., Jirillo, E., & Passantino, L. (2016). Administration of a polyphenol-enriched feed to farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) modulates intestinal and spleen immune responses. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2016/2827567>
24. Magrone, T., Russo, A. M., & Jirillo, E. (2018). Dietary approaches to attain fish health with special reference to their immune system. *Current Pharmaceutical Design*, 24 (41), 4921–4931. <https://doi.org/10.2174/1381612825666190104121544>
25. Mahabady, M. K., Morovvati, H., Arefi, A., & Karamifar, M. (2012). Anatomical and histomorphological study of spleen and pancreas in berzem (*Barbus pectoralis*). *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 4 (3), 263–267.
26. Manrique, W. G., da Silva Claudiano, G., Petrillo, T. R., Pardi de Castro, M., Pereira Figueiredo, M. A., de Andrade Belo, M. A., Engracia de Moraes, J. R., & de Moraes, F. R. (2014). Response of splenic melanomacrophage centers of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) to inflammatory stimuli by BCG and foreign bodies. *Journal Applied Ichthyology*, 30 (5), 1001–1006. <https://doi.org/10.1111/jai.12445>
27. Manrique, W. G., Pereira Figueiredo, M. A., Charlie-Silva, I., Antonio de Andrade Belo, M., & Dib, C. C. (2019). Spleen melanomacrophage centers response of Nile tilapia during *Aeromonas hydrophila* and *Mycobacterium marinum* infections. *Fish & Shellfish Immunology*, 95 (3), 514–518. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.10.071>
28. Matz, H., & Dooley, H. (2023). 450 million years in the making: mapping the evolutionary foundations of germinal centers. *Frontiers Immunology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1245704>
29. Menke, A. L., Spitsbergen, J. M., Wolterbeek, A. P. M., & Woutersen, R. A. (2011). Normal anatomy and histology of the adult zebrafish. *Toxicologic Pathology*, 39 (5), 759–775. <https://doi.org/10.1177/0192623311409597>
30. Mokhtar, D. M., & Abdelhafez, E. A. (2021). An overview of the structural and functional aspects of immune cells in teleosts. *Histology and Histopathology*, 36 (4), 399–414. <https://doi.org/10.14670/HH-18-302>
31. Ofek, A., Lazar, M., Izhaki, I., & Halpern, M. (2022). Intestine and spleen microbiota composition in healthy and diseased tilapia. *Animal Microbiome*, 50 (4), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s42523-022-00201-z>
32. Pombo-Ayora, L., Coker, D. J., Carvalho, S., Short, G., & Berumen, M. L. (2020). Morphological and ecological trait diversity reveal sensitivity of herbivorous fish assemblages to coral reef benthic conditions. *Marine Environmental Research*, 162, 105102. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105102>
33. Pronina, S. V., Batueva, M. D. D., & Pronin, N. M. (2014). Characteristics of melanomacrophage centers in the liver and spleen of the roach *Rutilus rutilus* (Cypriniformes: Cyprinidae) in Lake Kotokel during the Haff disease outbreak. *Journal of Ichthyology*, 54 (1), 104–110. <https://doi.org/10.1134/s003294521401010x>
34. Reebok, K., Jordanova, M., & Tavciavska-Vasileva, I. (2011). Spleen histology in the female Ohrid trout, *Salmo letnica* (Kar.) (Teleostei, Salmonidae) during the reproductive cycle. *Archives of Biological Sciences*, 63 (4), 1023–1030. <https://doi.org/10.2298/ABS1104023R>
35. Ribeiro, H. J., Procópio, M. S., Gomes, J. M. M., Vieira, F. O., Russo, R. C., Balzuweit, K., Chiarini-Garcia, H., Castro, A. C. S., Rizzo, E., & Corrêa Júnior, J. D. (2011). Functional dissimilarity of melanomacrophage centres in the liver and spleen from females of the teleost fish *Prochilodus argenteus*. *Cell Tissue Research*, 346 (3), 417–425. <https://doi.org/10.1007/s00441-011-1286-3>
36. Ruddle, N. H., & Akirav, E. M. (2009). Secondary lymphoid organs: Responding to genetic and environmental cues in ontogeny and the immune response. *Journal of Immunology*, 183 (4), 2205–2212. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.0804324>
37. Rumpf, L. L., McKinney, E. C., Taylor, E., & Flajnik, M. F. (2002). The development of primary and secondary lymphoid tissues in the nurse shark *Ginglymostoma cirratum*: B-cell zones precede dendritic cell immigration and T-cell zone formation during ontogeny of the spleen. *Scandinavian Journal of Immunology*, 56 (2), 130–148. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3083.2002.01116.x>
38. Sales, C. F., Silva, R. F., Amaral, M. G. C., Domingos, F. F. T., Ribeiro, R. I. M. A., & Santos, H. B. (2017). Comparative histology in the liver and spleen of three species of freshwater teleost. *Neotropical Ichthyology*, 15 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20160041>
39. Sayed, R., Zaccane, G., Capillo, G., Albano, M., & Mokhtar, D. (2022). Structural and functional aspects of the spleen in molly fish *Poecilia sphenops* (Valenciennes, 1846): Synergistic interactions of stem cells, neurons, and immune cells. *Biology*, 11 (5), 779. <https://doi.org/10.3390/biology11050779>
40. Steinel, N. C., & Bolnick, D. I. (2017). Melanomacrophage centers as a histological indicator of immune function in fish and other poikilotherms. *Frontiers in Immunology*, 8, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00827>
41. Su, G., Villéger, S., & Brosse, S. (2019). Morphological diversity of freshwater fishes differs between realms, but morphologically extreme species are widespread. *Global Ecology and Biogeography*, 28 (2), 211–221. <https://doi.org/10.1111/geb.12843>
42. Trimboli, P., Ngu, R., Royer, B., Giovannella, L., Bigorgne, C., Simo, R., Carroll, P., & Russ, G. (2019). A multicentre validation study for the EU-TIRADS using histological diagnosis as a gold standard. *Clinical Endocrinology*, 91 (2), 340–347. <https://doi.org/10.1111/cen.13997>
43. Udroui, I., & Sgura, A. (2017). The phylogeny of the spleen. *Quarterly Review of Biology*, 92 (4), 411–443. <https://doi.org/10.1086/695327>
44. Vigliano, F. A., Bermúdez, R., Quiroga, M. I., & Nieto, J. M. (2006). Evidence for melanomacrophage centres of teleosts as evolutionary precursors of germinal centres of higher vertebrates: An immunohistochemical study. *Fish Shellfish Immunology*, 21 (4), 467–471. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.12.012>
45. Xu, M., Li, W., Yang, S., Sun, X., Tarique, I., Yang, P., & Chen, Q. (2020). Morphological characterization of postembryonic development of blood-spleen barrier in duck. *Poultry Science*, 99 (8), 3823–3830. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.012>
46. Yang, H., Erlong, W., Kaiyu, W., Jun, W., Wei, F., Defang, C., & Qian, Y. (2021). Morphology of the spleen in *Oreochromis niloticus*: Splenic subregions and the blood-spleen barrier. *Animals*, 11 (10), 29–34. <https://doi.org/10.3390/ani11102934>
47. Zapata, A. G. (2024). The fish spleen. *Fish & Shellfish Immunology*, 144, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.109280>

ORCID

T. Kot 

V. Kovalchuk 

<https://orcid.org/0000-0003-0448-2097>

<https://orcid.org/0009-0003-5147-9891>



2025 Kot T. and Kovalchuk 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 and experimental substantiation of the use of Vivaderm in the treatment of skin diseases in animals

B. Kyrychko✉ | K. Shepel | R. Peredera

Article info

Correspondence Author

B. Kyrychko

E-mail:

borys.kyrychko@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovorody Str., 1/3,

Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Kyrychko, B., Shepel, K., & Peredera, R. (2025). Clinical and experimental substantiation of the use of Vivaderm in the treatment of skin diseases in animals. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 228–233. doi: 10.31210/spi2025.28.01.35

Skin diseases are quite common among small livestock. For their treatment, a huge arsenal of local, systemic and complex medicines is offered, which is constantly being replenished. Therefore, the aim of the study was to investigate the clinical efficacy of Vivaderm in the treatment of skin diseases in animals in a comparative aspect. The experiments involved white rats with allergic eczematous dermatitis reproduced by sensitisation with phenylhydrazine and dogs with clinical signs of eczema, dermatitis, and superficial pyoderma. The animals were treated with Vivaderm by daily double-daily applications until clinical signs disappeared and the affected skin areas recovered. The objective criteria for clinical efficacy were the disappearance of signs of the disease, recovery of the affected skin areas and positive dynamics of blood biochemical parameters. It was found that phenylhydrazine-induced dermatitis in rats is characterised by signs of inflammation and skin necrosis. The use of Vivaderm ointment allowed for a reduction in the lesion area and a significant decrease in the inflammatory reaction by the seventh day. Complete recovery of skin structures and hair occurred by the 18 day. Consistent application of Vivaderm ointment to sick dogs allowed to influence the main clinical manifestations of skin diseases – hyperaemia, exudation, itching. The disappearance of these clinical signs occurred within 3.2–5.3 days and was significantly different from the results obtained with the use of the comparison drug. Complete recuperation and restoration of the affected skin areas occurred by 7.8 days, which is 1.3 times faster than with the comparison drug. The use of Vivaderm contributed to a significant decrease in the activity of alanine aminotransferase and alkaline phosphatase. At the same time, the levels of total protein, glucose, bilirubin, cholesterol, urea, creatinine, and aspartate aminotransferase activity did not have significant fluctuations throughout the treatment period. Thus, the consistent use of Vivaderm in the treatment of skin diseases in animals allows to achieve a stable clinical recovery in a relatively short time.

Keywords: Vivaderm, rats, dogs, eczema, dermatitis, superficial pyoderma.

Клінічно-експериментальне обґрунтування застосування препарату Вівадерм за лікування шкірних хвороб у тварин

Б. П. Киричко | К. Ю. Шепель | Р. В. Передера

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Хвороби шкіри є досить поширеними серед поголів'я дрібних свійських тварин. Для їх лікування запропоновано величезний арсенал лікарських засобів місцевої, системної й комплексної дії, який постійно поповнюється. Тому метою роботи було дослідження клінічної ефективності препарату Вівадерм за лікування шкірних хвороб у тварин в порівняльному аспекті. В досліді використані білі щури, яким відтворювали алергічний екзематозний дерматит шляхом сенсibilізації фенілгiдразином та собаки з клінічними ознаками екземи, дерматиту, поверхневої піодермії. Тварин лікували препаратом Вівадерм шляхом щоденних двохкратних аплікацій до зникнення клінічних ознак й відновлення уражених ділянок шкіри. Об'єктивними критеріями клінічної ефективності вважали зникнення ознак хвороби, відновлення уражених ділянок шкіри та позитивну динаміку біохімічних показників крові. Встановлено, що індукований фенілгiдразином дерматит у щурів перебігає з ознаками запалення й некрозу шкіри. Застосування мазі Вівадерм дозволяло до сьомої доби забезпечити зменшення площі ураження й суттєве зниження запальної реакції. Повне відновлення шкірних структур й волосяного покриву відбувалося до 18-тої доби. Послідовне застосування мазі Вівадерм хворим собакам дозволяло впливати на основні клінічні прояви хвороб шкіри – гіперемію, ексудацію, свербіж. Зникнення цих клінічних ознак відбувалося упродовж 3,2–5,3 діб й достовірно відрізнялося від результатів, отриманих за використання препарату порівняння. Повна реконвалесценція й відновлення уражених ділянок шкіри відбувалося до 7,8 доби, що в 1,3 раза швидше, ніж при застосуванні препарату порівняння. Застосування препарату Вівадерм сприяло достовірному зниженню активності аланінамінотрансферази і лужної фосфатази. У той же час рівень загального білка, глюкози, білірубину, холестеролу, сечовини, креатиніну, а також активність аспаратамінотрансферази не мали достовірних коливань упродовж усього терміну лікування. Отже послідовне застосування препарату Вівадерм за шкірних хвороб у тварин дозволяє у відносно швидкі терміни досягти стійкого клінічного видужування.

Ключові слова: Вівадерм, щури, собаки, екзема, дерматит, поверхнева піодермія.

Бібліографічний опис для цитування: Киричко Б. П., Шепель К. Ю., Передера Р. В. Клінічно-експериментальне обґрунтування застосування препарату Вівадерм за лікування шкірних хвороб у тварин. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 228–233.

Вступ

Серед незаразних хвороб дрібних свійських тварин фактично половину складають хірургічні захворювання, такі як закриті та відкриті механічні ушкодження, гнійничкові захворювання шкіри, екземи, дерматити тощо [1–3]. Основними причинами виникнення цих захворювань є порушення умов догляду, утримання і годівлі тварин. Сприяючими факторами виникнення патології шкіри є захворювання шлунково-кишкового тракту, печінки, нирок, гіпо- чи гіпервітамінози, алергічні реакції [1–4]. Суттєва роль у розвитку шкірних хвороб у тварин належить патогенним та умовно патогенним бактеріям і грибам [1–4].

Найрозповсюдженішими нозологічними формами хвороб шкіри у дрібних свійських тварин є екземи, атопічні дерматити, піодермії, новоутворення та механічні ушкодження різної етіології [1–6].

Для лікування шкірних хвороб тварин вітчизняними і зарубіжними ученими запропонований величезний арсенал ветеринарних лікарських засобів як місцевої, так і системної дії.

Переважно, для місцевого лікування атопічних дерматитів, поверхневих піодермій використовують комбіновані мазі, креми, лосьйони [7, 8], засоби з направленою локальною імунотулюючою дією [9] тощо.

Деякі вітчизняні дослідники [10] пропонують використовувати для місцевого лікування піодермії у собак виділені зі шкіри бактеріофаги, що є літичними до стафілококів. Цей спосіб лікування, за даними авторів, дозволяє не використовувати антибіотики.

Дієвим у лікуванні хвороб шкіри запального й алергічного характеру є місцеве й системне використання кортикостероїдів [11, 12]. Поширеною практикою у лікуванні шкірних хвороб різної етіології є застосування розчинів хлоргексидину різної концентрації [13]. Також опрацьовані способи лікування особливо тяжких випадків атопічних дерматитів за допомогою імунотипізаторів, зокрема циклоспоруїну [14–18]. Класичним і ефективним є місцеве й системне використання антибактеріальних засобів за терапії поверхневої піодермії [19, 20].

Поряд із застосуванням медикаментозних засобів, у клінічній практиці шкірної патології рекомендовано застосування спеціальних дієт та дієт, збагачених незамінними жирними кислотами [22–24].

Мета дослідження

Мета роботи – дослідити клінічну ефективність препарату Вівадерм за лікування шкірних хвороб у тварин у порівняльному аспекті.

Матеріали і методи

Наукову роботу виконували в умовах навчально-наукової лабораторії та навчально-науково-

виробничої клініки ветеринарної медицини кафедри хірургії та акушерства Полтавського державного аграрного університету.

Дослідження проводили у два етапи. На першому етапі експериментальних досліджень були використані білі щури лінії Вістар (самці), яким індукували алергічний екзематозний дерматит шляхом сенсibiliзації фенілгидразином. У подальшому їх розділяли на дві дослідні групи.

Щурів першої дослідної групи лікували препаратом Вівадерм шляхом нанесення на уражені ділянки шкіри двічі на добу.

Щурів другої дослідної групи лікували препаратом порівняння шляхом аплікації двічі на добу.

На другому етапі проводили клінічні дослідження з визначення ефективності мазі Вівадерм за шкірних хвороб різної етіології у собак (екземи, дерматити, поверхневі піодермії). Для дослідів було сформовано дві дослідні групи тварин по 6 голів у кожній.

Після первинної хірургічної обробки вогнища ураження, хворим собакам двічі на добу наносили мазь.

Першій дослідній групі собак для лікування застосовували препарат Вівадерм.

Другій дослідній групі собак з лікувальною метою використовували препарат порівняння

Ефективність лікування визначали за часом зникнення клінічних ознак хвороби, а також динамікою розвитку позитивних змін загального стану тварин, клінічних ознак (гіперемії, ексудації та свербіж), і відсутністю рецидивів хвороби.

Додатково проводили біохімічні дослідження сироватки крові собак до початку та по закінченню лікування з використанням автоматичного біохімічного аналізатора Сапфір 400. В сироватці крові визначали: вміст загального білка, глюкози, білірубину, холестеролу, сечовини, креатиніну та активність АлАт, АсАт, лужної фосфатази.

Досліди виконували відповідно з вимогами Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» та «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986 р.).

Математичний аналіз отриманих цифрових даних проводили з використанням пакета прикладних програм Microsoft «EXCEL» шляхом визначення середнього арифметичного, його похибки та рівня вірогідності (P) з використанням таблиці t-критеріїв Стюдента.

Результати та їх обговорення

В результаті сенсibiliзації поверхні шкіри і внутрішньошкірних структур щурів хімічним агентом (фенілгидразином) на третю добу експерименту отримували місцеву алергічну реакцію з фокусами некрозу й вираженим демаркаційним запальним валіком по краях (*рис. 1*).



Рис. 1. Індукований сенсibilізований дерматит з ділянками некрозу у щура до початку лікування

На третю добу експериментальних досліджень починали лікування шляхом аплікації на зону ураження мазі Вівадерм двічі на добу. Тваринам-аналогам другої дослідної групи наносили препарат порівняння з такою ж кратністю.

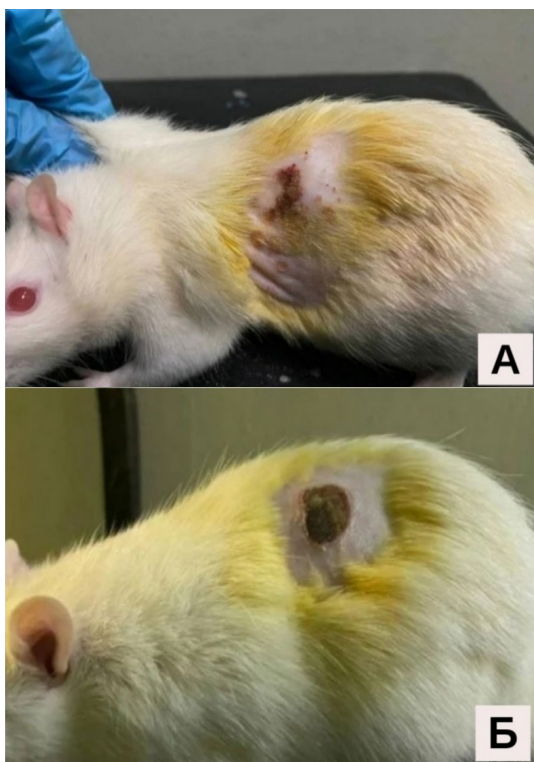


Рис. 2. Дослідні білі щури лінії Вістар на сьому добу лікування: А – застосування препарату Вівадерм; Б – застосування препарату порівняння

Подібну динаміку спостерігали й на наступні доби лікування. Станом на 18-ту добу зафіксовано повне загоювання дефектів шкіри й відновлення шерстного покриву у тварин, яким застосовували препарат Вівадерм (*рис. 3А*). Натомість, у щурів другої дослідної групи відмічали відростання шерсті, під якою візуалізувалися дефекти шкіри, вкриті струпами, без ознак запальної реакції й болючості. Такі струпи самостійно відокремлювалися до 25-ї доби (*рис. 3Б*).

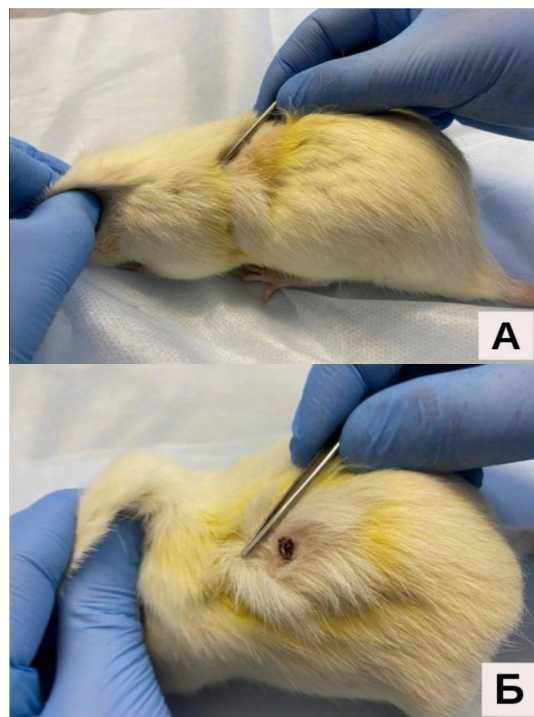


Рис. 3. Клінічна картина на 18-ту добу від початку лікування дослідних білих щурів лінії Вістар різними мазями: А – Вівадерм; Б – препарату порівняння

Подальші клінічні дослідження проводили на собаках з ознаками дерматитів, екзем, піодермій. Результати клінічної ефективності препарату Вівадерм відображені на *рисунках 4–8* та *таблиці 1*.

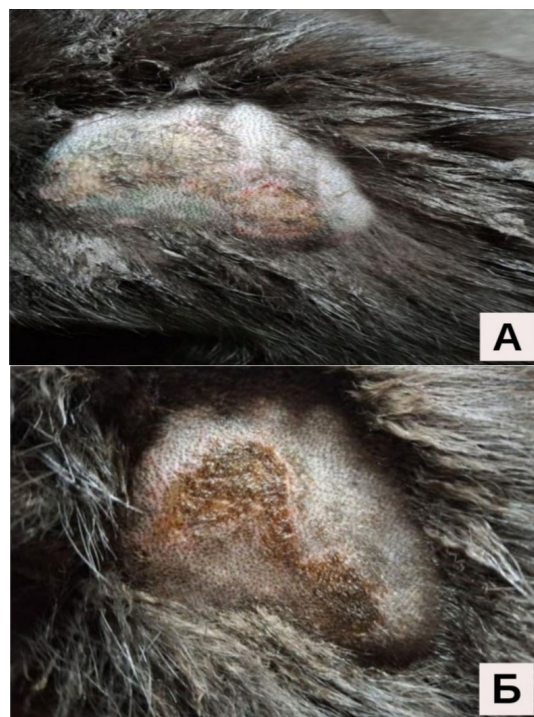


Рис. 4. Поверхневий вологий дерматит з гіперемією та мацерацією шкіри у собаки породи німецька вівчарка: А – до початку лікування; Б – на третю добу лікування препаратом Вівадерм

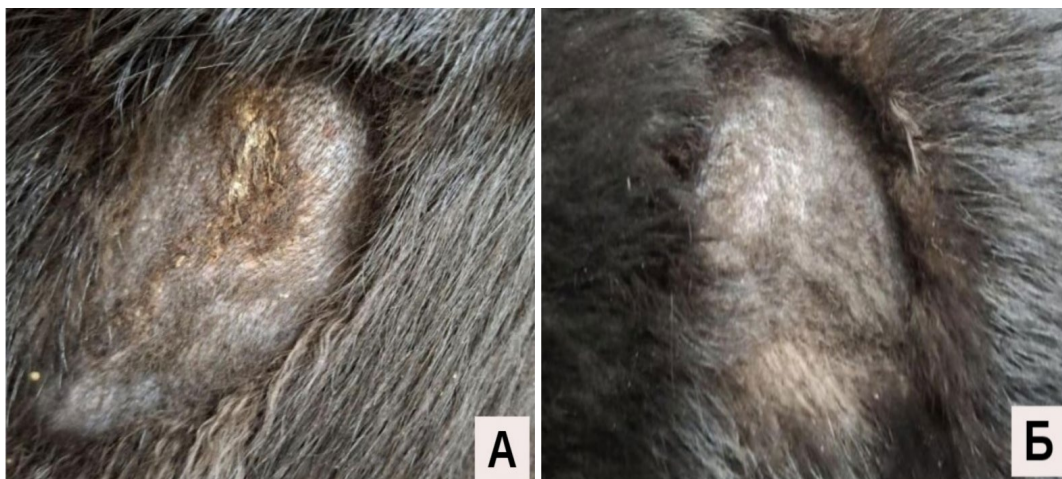


Рис. 5. Поверхневий вологий дерматит у собаки породи німецька вівчарка за лікування препаратом Вівадерм:
А – на шосту добу лікування; Б – на дев'яту добу лікування

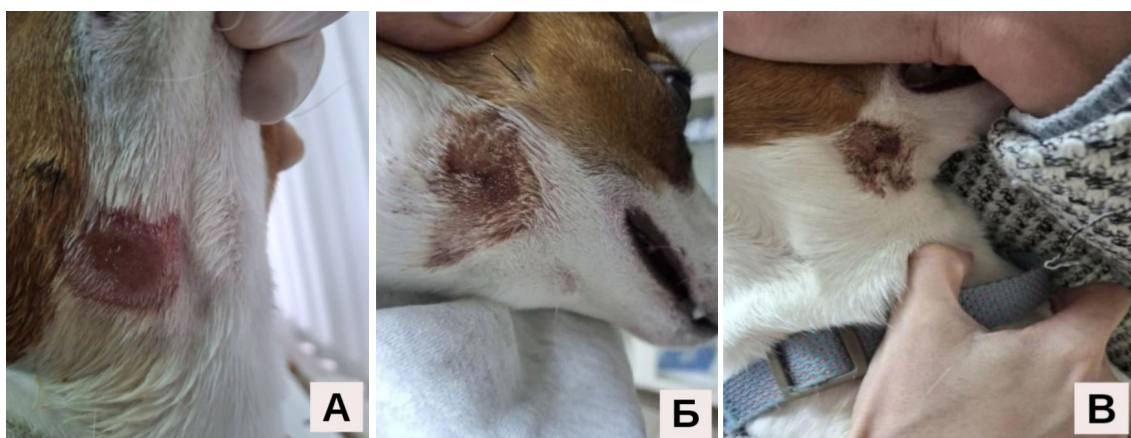


Рис. 6. Атопічний дерматит у собаки породи джек-рассел за лікування препаратом Вівадерм:
А – до початку лікування; Б – на третю добу лікування; В – на п'яту добу лікування

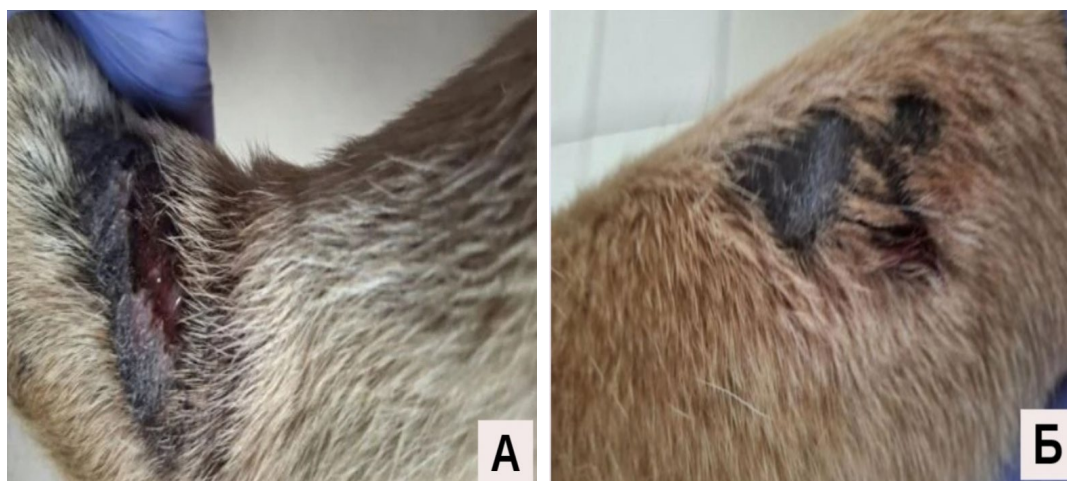


Рис. 7. Травматичний піодерматит дистальної частини кінцівки у собаки породи німецька вівчарка за лікування препаратом Вівадерм:
А – до початку лікування; Б – на третю добу лікування

Аналізуючи терміни зникнення окремих клінічних ознак після застосування хворим тваринам препаратів Вівадерм та препаратом порівняння встановлені певні відмінності між групами (**рис. 8**). Зокрема, ознаки гіперемії шкіри ураженої ділянки зникали на $3,2 \pm 0,17$ добу у собак, яких лікували

препаратом Вівадерм і на $3,8 \pm 0,17$ добу у тварин, яким застосовували препарат порівняння ($P < 0,05$). У тварин, яким застосовували Вівадерм, у середньому на одну добу швидше фіксували припинення ексудації ($P < 0,05$) і на дві доби раніше зникали ознаки свербіжу ($P < 0,01$).

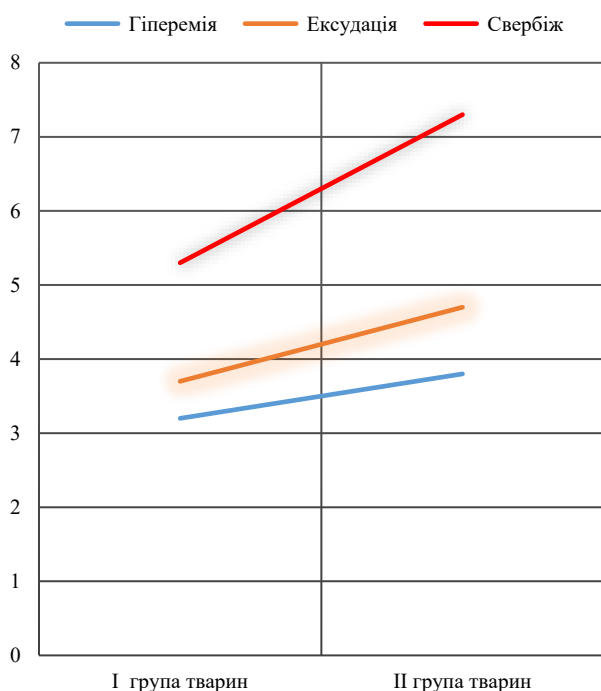


Рис. 8. Співвідношення термінів зникнення клінічних ознак між групами тварин, доби

З **таблиці 1** видно, що реконвалесценція хворих собак, яких лікували препаратом Вівадерм, відбувалася упродовж $7,8 \pm 0,53$ діб, а тварин, яким застосовували препарат порівняння на $10,2 \pm 0,53$ добу ($P < 0,01$). Клінічних випадків рецидиву у віддаленому періоді не реєстрували.

Таблиця 1
Узагальнюючі дані результатів лікування хворих собак, $M \pm m$

Групи тварин, препарат	Терміни зникнення клінічних ознак, діб			Терміни одужання, діб
	гіперемія	екссудация	свербіж	
Перша, Вівадерм, n=6	$3,2 \pm 0,17$ *	$3,7 \pm 0,17$ *	$5,3 \pm 0,35$ **	$7,8 \pm 0,53$ *
Друга, препарат порівня, n=6	$3,8 \pm 0,17$	$4,7 \pm 0,35$	$7,3 \pm 0,35$	$10,2 \pm 0,53$

Примітки: – ** $P < 0,01$, * $P < 0,05$ – відносно препарату порівняння.

Результати біохімічного дослідження крові хворих собак до початку та по закінченню лікування наведені в **таблиці 2**.

Таблиця 2
Результати біохімічних досліджень крові хворих собак, $M \pm m$

Показники	Дослідні групи тварин / препарат			
	перша / Вівадерм		друга / препарат порівня	
	до лікування, n=6	після лікування, n=6	до лікування, n=6	після лікування, n=4
Загальний білок, г/л	$68,8 \pm 2,67$	$71,0 \pm 1,79$	$67,2 \pm 3,45$	$72,1 \pm 2,00$
Глюкоза, ммоль/л	$3,9 \pm 0,29$	$4,6 \pm 0,33$	$4,3 \pm 0,30$	$4,4 \pm 0,25$
Білірубін, г/л	$3,8 \pm 0,34$	$3,5 \pm 0,23$	$3,2 \pm 0,32$	$3,9 \pm 0,31$
АлАТ, Од/л	$67,8 \pm 10,31$	$36,0 \pm 4,80^*$	$64,3 \pm 7,57$	$41,2 \pm 4,3$
АсАТ, Од/л	$48,7 \pm 6,12$	$40,8 \pm 3,13$	$54,7 \pm 6,93$	$55,3 \pm 5,66$
Холестерол, ммоль/л	$4,8 \pm 0,54$	$4,6 \pm 0,85$	$4,5 \pm 0,24$	$3,8 \pm 0,17$
Сечовина, ммоль/л	$6,4 \pm 0,49$	$6,1 \pm 0,35$	$6,2 \pm 0,53$	$5,4 \pm 0,31$
Креатинін, мкмоль/л	$94,1 \pm 9,35$	$82,5 \pm 10,25$	$99,3 \pm 10,95$	$70,2 \pm 8,12$
ЛФ, Од/л	$228,7 \pm 7,52$	$147 \pm 11,20^{**}$	$209,3 \pm 13,43$	$129,0 \pm 8,91^*$

Примітки: – ** $P < 0,01$, * $P < 0,05$ – по відношенню до показників крові до лікування.

Аналіз даних **таблиці 2** показав вірогідне зниження активності аланінамінотрансферази (АлАТ) у процесі лікування тварин першої групи ($P < 0,05$). Також реєстрували вірогідне зниження активності лужної фосфатази (ЛФ) як у собак першої групи ($P < 0,01$), так і в тварин другої групи ($P < 0,05$). Рівень загального білка, глюкози, білірубину, холестеролу, сечовини, креатиніну, а також активність аспартатамінотрансферази (АсАт) не мали вірогідних змін упродовж лікування. Подібна динаміка біохімічних показників крові за хвороб шкіри у собак реєстрували й інші дослідники [25].

Висновки

1. Застосування препарату Вівадерм за місцевого лікування індукованого фенілгідразинного дерматиту з некрозом шкіри у щурів забезпечує повне відновлення уражених ділянок шкіри до 18-тої доби.
2. Місцеве лікування препаратом Вівадерм собак з ознаками екземи, дерматиту, поверхневої піодермії

забезпечує стійкий клінічний ефект, у середньому, до 7,8 доби.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні поширення, патогенезу й патогенетичних методів лікування хвороб шкіри у дрібних свійських тварин. Також розглядається можливість вивчення нових лікарських засобів для ефективного лікування хвороб шкіри.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Deodola, C., & Zanna, G. (2022). *Complex Clinical Cases in Small Animal Dermatology*. Zaragoza: Edra.
2. Berger, D.J. (2019). *Moriello's small animal dermatology, fundamental cases and concepts*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429086069>

3. Cordeo, A. M. (2019). *Bacterial skin infections in small animals*. Zaragoza: Servet.
4. Fernández, M., Pérez, V., Fuertes, M., Benavides, J., Espinosa, J., Menéndez, J., García-Pérez, A. L., & Ferreras, M. C. (2021). Pathological study of facial eczema (Pithomycotoxicosis) in sheep. *Animals*, 11 (4), 1070. <https://doi.org/10.3390/ani11041070>
5. Bloom, P. (2014). Canine superficial bacterial folliculitis: Current understanding of its etiology, diagnosis and treatment. *The Veterinary Journal*, 199 (2), 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.11.014>
6. Gortel, K. (2013). Recognizing Pyoderma. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 43 (1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2012.09.004>
7. Marsella, R., & Nicklin, C. F. (2002). Investigation on the use of 0.3 % tacrolimus lotion for canine atopic dermatitis: a pilot study. *Veterinary Dermatology*, 13 (4), 203–210. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3164.2002.00299.x>
8. Marsella, R., Nicklin, C. F., Saglio, S., & Lopez, J. (2004). Investigation on the clinical efficacy and safety of 0.1 % tacrolimus ointment (Protopic®) in canine atopic dermatitis: a randomized, double-blinded, placebo-controlled, cross-over study. *Veterinary Dermatology*, 15 (5), 294–303. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2004.00397.x>
9. Hengge, U. R., & Ruzicka, T. (2004). Topical Immunomodulation in Dermatology: Potential of toll-like receptor agonists. *Dermatologic Surgery*, 30 (8), 1101–1112. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2004.30335.x>
10. Stroich, V., & Horiuk, Y. (2024). Characteristics of the latent period of staphylococcal phages isolated from pyoderma in dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (3), 95–99. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.15>
11. Bizikova, P., Linder, K. E., Paps, J., & Olivry, T. (2010). Effect of a novel topical diester glucocorticoid spray on immediate- and late-phase cutaneous allergic reactions in Maltese-beagle atopic dogs: a placebo-controlled study. *Veterinary Dermatology*, 21 (1), 71–80. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2009.00782.x>
12. Olivry, T., & Sousa, C. A. (2001). The ACVD task force on canine atopic dermatitis (XX): glucocorticoid pharmacotherapy. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 81 (3–4), 317–322. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(01\)00314-2](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(01)00314-2)
13. Ghibaudo, G., Cornegliani, L., & Martino, P. (2004). P-74 Evaluation of the in vivo effects of Tris-EDTA and chlorhexidine digluconate 0.15% solution in chronic bacterial otitis externa: 11 cases. *Veterinary Dermatology*, 15 (s1), 65–65. https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2004.00414_74.x
14. Steffan, J., Parks, C., & Seewald, W. (2005). Clinical trial evaluating the efficacy and safety of cyclosporine in dogs with atopic dermatitis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226 (11), 1855–1863. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.1855>
15. Steffan, J., Strehlau, G., Maurer, M., & Rohlf, A. (2004). Cyclosporin A pharmacokinetics and efficacy in the treatment of atopic dermatitis in dogs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 27 (4), 231–238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.2004.00587.x>
16. Heinrich, N. A., McKeever, P. J., & Eisenschenk, M. C. (2011). Adverse events in 50 cats with allergic dermatitis receiving ciclosporin. *Veterinary Dermatology*, 22 (6), 511–520. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2011.00983.x>
17. Lowe, A. D., Campbell, K. L., & Graves, T. (2008). Glucocorticoids in the cat. *Veterinary Dermatology*, 19 (6), 340–347. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2008.00717.x>
18. O'Neill, D., Hendricks, A., Summers, J., & Brodbelt, D. (2012). Primary care veterinary usage of systemic glucocorticoids in cats and dogs in three UK practices. *Journal of Small Animal Practice*, 53 (4), 217–222. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2011.01190.x>
19. Toma, S., Colombo, S., Cornegliani, L., Persico, P., Galzerano, M., Gianino, M. M., & Noli, C. (2008). Efficacy and tolerability of once-daily cephalexin in canine superficial pyoderma: an open controlled study. *Journal of Small Animal Practice*, 49 (8), 384–391. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2008.00585.x>
20. Summers, J. F., Brodbelt, D. C., Forsythe, P. J., Loeffler, A., & Hendricks, A. (2012). The effectiveness of systemic antimicrobial treatment in canine superficial and deep pyoderma: a systematic review. *Veterinary Dermatology*, 23 (4), 305. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2012.01050.x>
21. Seltzer, J. D., Flynn-Lurie, A. K., Marsella, R., & Brennan, M. M. (2010). Investigation of the clinical efficacy of 0.2% topical stannous fluoride for the treatment of canine superficial pyoderma: a prospective, randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Veterinary Dermatology*, 21 (3), 249–258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2009.00785.x>
22. Outerbridge, C. A., & Jordan, T. J. M. (2021). Current knowledge on canine atopic dermatitis. *Advances in Small Animal Care*, 2, 101–115. <https://doi.org/10.1016/j.yasa.2021.07.004>
23. Glos, K., Linek, M., Loewenstein, C., Mayer, U., & Mueller, R. S. (2008). The efficacy of commercially available veterinary diets recommended for dogs with atopic dermatitis. *Veterinary Dermatology*, 19 (5), 280–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2008.00688.x>
24. Bensignor, E., Morgan, D. M., & Nuttall, T. (2008). Efficacy of an essential fatty acid-enriched diet in managing canine atopic dermatitis: a randomized, single-blinded, cross-over study. *Veterinary Dermatology*, 19 (3), 156–162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2008.00670.x>
25. Kalashnikova, Yu. V. (2014). Zminy morfolohichnoho ta biokhimichnoho analizu krovi u sobak za piodermii. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 11 (225), 27–28. [in Ukrainian]

ORCID

- B. Kyrychko  <https://orcid.org/0000-0003-1463-5501>
 K. Shepel  <https://orcid.org/0009-0005-7574-2732>
 R. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-9906-1211>



2025 Kyrychko B. 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.

Nomenclature in the field of food safety

S. Mykhailiutenko | V. Yevstafieva | V. Melnychuk | L. Kuzmenko

Article info

Correspondence Author
S. Mykhailiutenko
E-mail:
sv_81@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine**Citation:** Mykhailiutenko, S., Yevstafieva, V., Melnychuk, V., & Kuzmenko, L. (2025). Nomenclature in the field of food safety. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 234–239. doi: 10.31210/spi2025.28.01.36

The food industry of Ukraine includes over forty different branches of production, including meat. It is important to guarantee the high quality of these products, since meat and meat products are an integral part of the daily human diet. For Ukraine, food security has become particularly acute under martial law, but monitoring is ongoing, including testing of meat raw materials. Every year, a significant amount of products are seized from meat processing plants and state agri-food laboratories in markets due to invasive diseases. The crowded keeping of animals of different ages in farms of different forms of ownership, insufficient funding directly affects the spread of parasitotic pathogens. Numerous publications confirm the circulation of helminthiasis precisely in small farms, where veterinary treatments are not systematically carried out, therefore post-mortem examination of animals is important for diagnosis. At the same time, it should be noted that in the process of constructing scientific names of invasive diseases, which contain Latin and Greek roots, and in the names of zooparasites, when determining their systematic position, inconsistency is often observed, which prevents the correct diagnosis of diseases and indicates a lack of clarity, clarity, and order in veterinary and sanitary assessment. Compliance with laws on a systematic basis requires a clearly defined framework for its regulation with an understanding of terminology. Therefore, the purpose of this study is to analyze the current legislation in the field of food safety, unification of parasitological terms. The authors analyzed national regulatory acts, orders and official publications. The article presents discrepancies in the names of diseases of invasive etiology. It is proven that the terminology provided in parasitology and veterinary-sanitary expertise does not fully correlate with each other: they define the names differently – old and new. The article determines the need to unify the names of invasive diseases according to the international classification, especially during post-mortem assessment of carcasses and slaughter products in case of suspicion or detection of invasive animal diseases. At the same time, the authors focus on the possible course of mixed invasions and, accordingly, the severity of the disease, the peculiarity of diagnostics, and sanitary indicators of livestock products. To improve existing legislative acts, it is advisable to review them with the involvement of narrowly specialized specialists, including parasitologists. Thus, the given unified examples of the nosology of helminthiasis, which comply with international rules, should be introduced into the educational process of higher educational institutions in both the discipline of parasitology and veterinary and sanitary expertise.

Keywords: regulatory documents, nosology, nomenclature, parasites, products, safety, post-mortem inspection.

Номенклатура у сфері безпеки харчової продукції

С. М. Михайлютенко | В. О. Євстаф'єва | В. В. Мельничук | Л. М. Кузьменко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Харчова промисловість України включає в себе понад сорок різноманітних галузей виробництва, в тому числі м'ясну. Важливо гарантувати високу якість цієї продукції, оскільки м'ясо та м'ясні продукти є невід'ємною частиною щоденного раціону людини. Для України продовольча безпека набула особливої гостроти в умовах воєнного стану, але моніторинги постійно проводяться, вони охоплюють перевірку м'ясної сировини. Щорічно на м'ясопереробних підприємствах і в державних агропродовольчих лабораторіях ринків вилучається значна кількість продукції через інвазійні хвороби. Скупчене утримання різновікових тварин у господарствах різних форм власності, недостатнє фінансування безпосередньо впливає на поширення збудників паразитозів. Численні публікації підтверджують циркуляцію гельмінтозів саме в невеликих господарствах, де не систематично проводяться ветеринарні обробки, тому післязабійний огляд тварин важливий для постановки діагнозу. Водночас слід зазначити, що у ході побудови наукових назв інвазійних хвороб, в яких містяться латинські і грецькі корені, та у назвах зоопаразитів за визначення їх систематичного положення часто простежується неузгодженість, що заважає правильно діагностувати хвороби та вказує на відсутність чіткості, ясності, порядку ветеринарно-санітарної оцінки. Дотримання законів на системній основі потребує чітко визначених рамок його регламентування із розумінням термінології. Тому метою даного дослідження є аналіз чинного законодавства в сфері безпеки харчової продукції, уніфікація паразитологічних термінів. Автори проаналізували національні нормативні акти, накази та офіційні видання. У статті наведено розбіжності у назвах хвороб інвазійної етіології. Доведено, що термінологія, передбачена в паразитології та ветеринарно-санітарній експертизі, не цілком корелюють між собою: у них по-різному визначено назви – старі та нові. Стаття визначає необхідність уніфікації назв інвазійних хвороб згідно міжнародної класифікації, особливо під час післязабійної оцінки туш та продуктів забою у разі підозри або виявлення інвазійних хвороб тварин. Водночас автори акцентують увагу на можливий перебіг міксінвазій й відповідно важкість перебігу хвороби, особливості діагностики, санітарні показники продукції тваринництва. Для удосконалення наявних законодавчих актів доцільно переглядати їх із залученням вузькопрофільних фахівців, в тому числі паразитологів. Таким чином, наведені уніфіковані приклади нозології гельмінтозів, які відповідають міжнародним правилам, повинні впроваджуватися в навчальний процес вищих навчальних закладів як з дисципліни паразитології, так і ветеринарно-санітарна експертиза.

Ключові слова: нормативні документи, нозологія, номенклатура, паразити, продукція, безпечність, післязабійний огляд.**Бібліографічний опис для цитування:** Михайлютенко С. М., Євстаф'єва В. О., Мельничук В. В., Кузьменко Л. М. Номенклатура у сфері безпеки харчової продукції. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 234–239.

М'ясо та м'ясні вироби є важливими джерелами повноцінних білків, тваринних жирів, макро- і мікроелементів, вітамінів та екстрактивних речовин [1]. Однак за даними численних наукових досліджень, щороку з м'ясопереробних підприємств і державних агропромислових лабораторій ринків вилучається значна кількість продукції через інвазійні хвороби [2–6]. Так, зарубіжні вчені повідомляють, що в результаті вилучення уражених органів, таких

як рубець, легені та печінка, завдається фінансових збитків у розмірі 466 939,2 доларів США [7].

Таким чином, одним із факторів ризику стратегії розвитку господарювання є гельмінтози сільськогосподарських тварин. Відповідно, до повідомлення ФАО «Багатокритеріальний рейтинг для управління ризиками появи паразитів у харчових продуктах» та наукових доробок, продукти тваринного походження мають помітний вплив на поширення цих захворювань [8, 9].

Значний обсяг публікацій в сфері продукції харчування зосереджений саме на таких продуктивних тваринах, як ВРХ, свині та кури [10–12]. Незважаючи на важливість м'ясної промисловості в Європі, є публікації про трихinelоз коней [13–14], але мало відомостей про вплив збудників нематодозів на здоров'я коней [15]. Взагалі поодинокі публікації щодо впливу на макроорганізм саме геогельмінтів. У доступній вітчизняній літературі також обмаль даних щодо експертизи водоплавної птиці та коней [16–18].

Слід зауважити, що паразитози, як однокопитних тварин, так водоплавної птиці є значно поширеними захворюванням у господарствах України. Сприятливими умовами для розвитку гельмінтів є вологі пасовища поблизу природних водних джерел, заболочені території та подібні місця. Збудники паразитозів завдають значних економічних збитків, пов'язаних із втратою продуктивності, визначенням напрямку профілактики та лікування. Крім того, гельмінтози часто реєструються у вигляді міксінвазій, що мають більш тяжкий перебіг, але це здебільшого не враховується у ході ветеринарно-санітарної оцінки тварин.

Варто наголосити, що інвазоване поголів'я сільськогосподарської птиці стає більш уразливим до інфекційних захворювань, оскільки гельмінти інокують патогенну мікрофлору в організм хазяїна. Токсичний вплив збудників на організм птиці зумовлений продуктами їх життєдіяльності та розпаду, які всмоктуються в організм, і безпосередньо впливають на якість отримуваної сировини [19–21].

Всі ці питання набувають особливої актуальності сьогодні, оскільки велика частка м'яса птиці виробляється і забивається в одноосібних селянських господарствах. За даними Державної служби статистики, станом на 1 січня 2024 року поголів'я гусей в Україні становило 3 млн голів. Дані

зазначають, що більшість голів утримувалися саме в господарствах населення Держстатистика [22].

Згідно з чинним законодавством України, відповідальність за безпечність харчових продуктів лежить на виробниках, однак державний контроль також відіграє значну роль. На думку науковців, існуюча система управління безпечністю продуктів забою має удосконалюватись, тому наразі затверджено ряд нових нормативних законів. Зокрема, в Законі України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» в Статті 34. Забій тварин. Із 1 січня 2025 року продукти, отримані «в результаті забою не на бойні, що має експлуатаційний дозвіл, можуть використовуватися виключно для власного споживання або реалізації на агропромисловому ринку кінцевому споживачу в межах 50 кілометрів від місця забою або в області, в якій він здійснений». Згідно статті 36 цього ж закону «туші свійської птиці, можуть продаватися на агропродовольчих ринках за умови підтвердження їхньої придатності за результатами випробувань (досліджень) акредитованої лабораторії, яка знаходиться на агропродовольчому ринку, державним інспектором, який знаходиться на цьому ж ринку» [23].

При проведенні аналізу законодавчо-нормативної бази щодо продукції харчування в Україні нами виявлено ряд змін. Зокрема, на сьогодні, на сайті Верховної ради України анонсують втрату чинності основного нормативного документу – Наказ «Про затвердження Правил передзабійного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та м'ясних продуктів» (2002 р.) (поточна редакція – редакція від 09.08.2013)» (рис. 1), яким користувались впродовж двадцяти років [24].

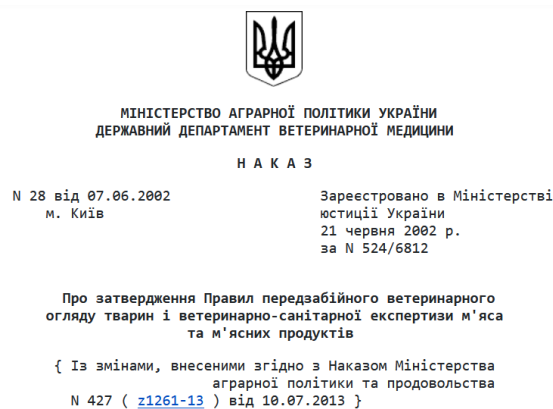


Рис. 1. Нині чинний Наказ «Про затвердження Правил передзабійного ветеринарного огляду тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса та м'ясних продуктів»

Новий наказ – «Про затвердження Вимог до передзабійного та післязабійного огляду тварин, у тому числі забитих за межами бійні» зареєстрований в Міністерстві юстиції від 14 травня 2024 р. за № 701/42046 набирає чинності з дня його офіційного

опублікування та вводиться в дію через 12 місяців з дня введення в дію Закону від 04.02.2021 № 1206-IX «Про ветеринарну медицину» (через один рік з дня припинення чи скасування воєнного стану) [25].

Нами з'ясовано, що у процесі післязабійного огляду тварин, особливу увагу звертають саме на збудників зоонозів. З 20 забутих тропічних хвороб (NTDs), що їх перерахувала Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та Центри з контролю та профілактики захворювань (CDC), 13 мають паразитарне походження. Приблизно 25 % світового населення страждають від однієї або кількох паразитарних інвазій, серед яких особливу стурбованість викликають паразитарні зоонозні захворювання, що передаються через їжу або комах [26]. Водночас важливість експертизи продуктів забою за геогельмінтозів часто залишається поза увагою.

Обов'язкова ретельність післязабійної діагностики птиці, особливо зважаючи на географічне положення України та доміатність саме нематодозів на території нашої країни. Наразі існує багато публікацій, що підтверджують значне поширення інвазійних хвороб, збільшення кількості удосконалених копроскопічних та посмертних методів діагностики нематодозів, і, поряд з тим вкрай обмаль сучасних даних щодо оцінки продуктів забою птиці за геогельмінтозів. Тому можливо існує прогалина з точки зору наявності старих та нових назв хвороб, оскільки задача ветеринарно-санітарної експертизи здійснити установлені заходи у разі підозри чи виявлення інвазійних хвороб тварин.

Відомо, що основоположником наукової систематики вважають шведського природознавця К. Ліннея, який у 1758 році опублікував надзвичайно важливу наукову працю «Systema naturae» (рис. 2) [27].

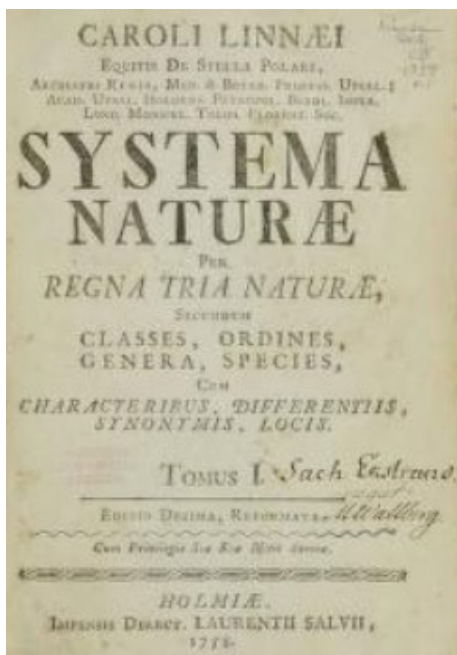


Рис. 2. Титульна сторінка фундаментальної наукової праці К. Ліннея

У подальшому саме за родовою назвою збудників паразитарних захворювань науковці й уніфікували номенклатурні назви інвазійних хвороб. Скрябін К. І. і Шульц Р. С. запропонували номенклатуру інвазійних хвороб, що базувалася на науковій зоологічній основі. Нею довгий час користувалися вчені, щоб назви інвазійних хвороб не носили суперечливий характер [28]. На даному етапі, аналізуючи текст, вищенаведених нормативних документів, нами виявлено застарілу термінологію.

Так, на нашу думку, потребують заміни назви інвазійних хвороб відповідно до сучасної міжнародної номенклатурної класифікації, прийнятої в паразитології [30]. Так, у розділі IV. «Здійснення заходів у разі підозри або виявлення інфекційних та інвазійних хвороб тварин» у пункті 55 [25] зазначено назву Альфортіоз коней (збудник *Strongylus vulgaris*) (рис. 3).



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

НАКАЗ

02.04.2024 № 1032

Зареєстровано в Міністерстві
юстиції України
14 травня 2024 р.
за № 701/42046

Про затвердження Вимог до передзабійного та післязабійного огляду тварин, у тому числі забитих за межами бійні

55. Альфортіоз та онхоцеркоз

1. Туші, отримані від хворих альфортіозом коней, після зачищення уражених ділянок очеревиці та товстого кишечника дозволяється використовувати без будь-яких обмежень щодо альфортіозу.

2. Туші, після зачищення ділянок, уражених онхоцеркозом, дозволяється використовувати без будь-яких обмежень щодо онхоцеркозу.

У разі ускладненого перебігу онхоцеркозу з ознаками гнійно-некротичних процесів державний ветеринарний інспектор приймає рішення щодо використання туші та нутрощів за результатами мікробіологічного дослідження (випробування) на патогенні стафілококи та сальмонели.

Рис. 3. Фрагмент тексту з Наказу «Про затвердження Вимог до передзабійного та післязабійного огляду тварин, у тому числі забитих за межами бійні», що потребує змін у 55 пункті розділу IV

Назву хвороби відповідно до сучасної номенклатури слід викласти в наступній редакції стронгілідози коней, спираючись на численні авторитетні фахові публікації [30–33].

У даному документі в розділі VI. пункті 29 [25] зазначено наступні «гельмінтози птиці (аскаридіоз, гетеракідоз, дрепанідотеніоз, гіменолепідози)» **рисунк 4.**

29. Гельмінтози (аскаридіоз, гетеракідоз, дрепанідотеніоз, гіменолепідози)

1. Виснажені туші з нутрощами підлягають поводженню, визначеному законодавством про побічні продукти тваринного походження.

2. За відсутності виснаження - нутрощі підлягають поводженню, визначеному законодавством про побічні продукти тваринного походження, а туші дозволяється використовувати без будь-яких обмежень.

Рис. 4. Фрагмент тексту з Наказу «Про затвердження Вимог до передзабійного та післязабійного огляду тварин, у тому числі забитих за межами бійні», що потребує змін у 29 пункті розділу VI

Достатня кількість публікацій провідних вчених висвітлюють поширення гетеракозу серед сільсько-господарської птиці в Україні, що підтверджує актуальність роботи в напрямку нозології. У теорії та практиці фахівців ветеринарної медицини обгрунтовано послуговуватися терміном «гетеракоз» [34–35].

Окрім того, враховуючи сучасне систематичне положення (рис. 5), відповідно якого збудник гетеракозу на сьогодні відноситься до роду *Heterakis*, а також враховуючи правила формування нозологічних назв хвороб, є потреба в уніфікації назви захворювання, змінивши його з «гетеракідоз» на «гетеракоз».

Аналогічна ситуація наразі є з захворюваннями водоплавної птиці на гіменолепідози, хоча, в Наказі «Про затвердження ...», [25] й нині висвітлено назву гіменолепідози. Враховуючи сучасне систематичне

положення та існуючу в світі нозологію хвороб є потреба в уніфікації назви групи захворювання змінивши їх з «гіменолепідози» на «гіменолепідози».

Також, на нашу думку, є необхідність щодо розмежування паразитарних хвороб птиці на хвороби сухопутної птиці та хвороби водоплавної птиці, особливо з урахуванням патогенності

збудників. Окрім того, у Наказі «Про затвердження ...», [25] не зазначено хворобу – амідостомоз, збудником якої є нематода *Amidostomum anseris*, хоча ряд публікацій провідних вчених підтверджує наявність вищенаведеної нематоди не лише за кордоном [37] (рис. 6), але й на території України [20, 21].

Домен	Eukaryota
Царство	Metazoa
Тип	Nematoda
Клас	Chromadorea
Ряд	Rhabditida
Підряд	Spirurina
Інфраряд	Ascaridomorpha
Надродина	Heterakoidea
Родина	Heterakidae
Під	<u>Heterakis</u>

Рис. 5. Сучасні дані щодо систематичного положення нематод з роду *Heterakis* відповідно до даних інформаційного порталу Global Biodiversity Information Facility
Джерело: [36].



Рис. 6. Інформація щодо офіційно зареєстрованих випадків виявлення нематоди *Amidostomum anseris* у світовому масштабі відповідно до даних інформаційного порталу Global Biodiversity Information Facility
Джерело: [37].

Водночас слід зауважити, щодо особливостей місця локалізації паразитів «(аскаридіоз, гетеракідоз, дрепанідотеніоз, гіменолепідози)» [24, 25]. Відомо, що вищенаведені гельмінти локалізуються в кишківнику. Проте, якщо говорити про внесення до переліку захворювань гусей ще й амідостомоз, то цей збудник локалізується під кутикулою м'язового шлунку, що слід враховувати при проведенні ветеринарно-санітарної експертизи продуктів забою, адже це може впливати на оцінку якості тушок в цілому.

Також ми вважаємо, що потребує особливої уваги післязайбна експертиза за міксінвазій, що корелюватиме зі здійсненням заходів у разі підозри або виявлення інвазійних хвороб тварин.

Висновки

Метою проведеного огляду було акцентувати увагу на необхідності уточнення термінології за інвазійних захворювань тварин у нормативних документах.

За результатами теоретичних досліджень, ґрунтуючись на власному досвіді проведених експериментів упродовж 2010–2024 рр., з урахуванням напрацювань українських та зарубіжних науковців у галузі паразитології, пропонуємо зміни й доповнення до нормативно-правових актів в сфері безпеки здоров'я, якими регламентовано здійснення ветеринарно-санітарної експертизи, із метою уніфікації паразитологічних термінів. Зокрема, потребують заміни старі назви інвазійних хвороб тварин відповідно до

сучасної міжнародної номенклатурної класифікації, прийнятої в паразитології. Акцентувати увагу на уточненні термінології, такий підхід підвищить якість викладання наукової інформації. Декілька видів збудників мають бути діагностовані у ході після-забійної діагностики тварин з акцентом на їх локалізацію. Необхідно удосконалити послідовні вказівки щодо використання продуктів забою тварин.

Перспективи подальших досліджень полягають в проведенні досліджень відносно впливу гельмінтів на загальне обмінення внутрішніх органів інвазованої сільськогосподарської птиці, особливо за поліінвазій.

Пропозиції

Для удосконалення наявних законодавчих актів доцільно переглядати їх із залученням вузько-профільних фахівців, в тому числі паразитологів.

Конфлікт інтересів

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

References

- Weng, K., Huo, W., Gu, T., Bao, Q., Cao, Z., Zhang, Y., Zhang, Y., Xu, Q., & Chen, G. (2021). Quantitative phosphoproteomic analysis unveil the effect of marketable ages on meat quality in geese. *Food Chemistry*, 361, 130093. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130093>
- Petriv, M. D., Sloboda, L. Ya., Zahorets, N. M., & Sloboda, O. M. (2016). Pleminni ta produktyvni vlastyvoli obroshynskykh sirykh i bilykh husei za yikh rozvedennia. *Visnyk Aharnoi Nauky*, 1, 41–44. [in Ukrainian]
- Khimich, M. S., Piven, O. T., Gorobey, O. M., Salata, V. Z., Freiuk, D. V., & Naidich, O. V. (2019). The analysis of the dynamics of detection animal's invasive diseases during veterinary expertise. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 21 (93), 149–154. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9326>
- Opio, L. G., Abdelfattah, E. M., Terry, J., Odongo, S., & Okello, E. (2021). Prevalence of fascioliasis and associated economic losses in cattle slaughtered at lira municipality abattoir in northern uganda. *Animals*, 11 (3), 681. <https://doi.org/10.3390/ani11030681>
- Brodovskiy, V. A. (2015). Veteryarno-sanitarna otsinka m'iasa i subproduktiv, otrymanykh vid zaboiu velykoi rohatoi khudoby, urazhenoi fastsiolozom ta dykrotseliozom. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veteryarno Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Hzhyskoho*, 1 (61 (2)), 220–226. [in Ukrainian]
- Kotelevych, V. A. (2019). Actual problems of quality and safety of food products in the context of providing food security in the Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 21 (93), 155–159. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9327>
- Rizwan, H. M., Zohaib, H. M., Sajid, M. S., Abbas, H., Younus, M., Farid, M. U., Iftakhar, T., Muzaffar, H. A., Hassan, S. S., Kamran, M., Raza, M. H., & Bajwa, M. H. (2023). Inflicting significant losses in slaughtered animals: exposing the hidden effects of parasitic infections. *Pathogens*, 12 (11), 1291. <https://doi.org/10.3390/pathogens12111291>
- Kotelevych, V. A., & Honcharenko, V. V. (2023). Veteryarno-sanitarna otsinka produktiv zaboiu tvaryn za invazyynykh zakhvoriuvan *Vyrishennia suchasnykh problem u veteryarnii medytsyni: materialy VIII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet – konferentsii*. (pp. 80–84). Poltava [in Ukrainian]
- Nazarenko, S. M. (2018). Veteryarno-sanitarna otsinka miasa kurei-broileriv za umov vykorystannia antyhelmintyktiv. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Aharnoho Universytetu. Veteryarna Medytsyna*, 1 (42), 38–41. [in Ukrainian]
- Sharma, N., Hunt, P. W., Hine, B. C., & Ruhnke, I. (2019). The impacts of *Ascaridia galli* on performance, health, and immune responses of laying hens: new insights into an old problem. *Poultry Science*, 98 (12), 6517–6526. <https://doi.org/10.3382/ps/pez422>
- Strydom, T., Lavan, R. P., Torres, S., & Heaney, K. (2023). The economic impact of parasitism from nematodes, trematodes and ticks on beef cattle production. *Animals*, 13 (10), 1599. <https://doi.org/10.3390/ani13101599>
- Abuseir, S. (2021). Meat-borne parasites in the Arab world: a review in a One Health perspective. *Parasitology Research*, 120 (12), 4153–4166. <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07149-0>
- Rózycki, M., Korpysa-Dzirba, W., Belcik, A., Bilska-Zajac, E., Gontarczyk, A., Kochanowski, M., Samorek-Pieróg, M., Karmon, J., Rubiola, S., Chiesa, F., & Cencek, T. (2022). Validation parameters of the magnetic stirrer method for pooled sample digestion for *Trichinella* spp. in horse meat based on proficiency tests results. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (21), 14356. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114356>
- Scandrett, B., Konecni, K., Lalonde, L., Boireau, P., & Vallée, I. (2018). Detection of natural *Trichinella murrelli* and *Trichinella spiralis* infections in horses by routine post-slaughter food safety testing. *Food and Waterborne Parasitology*, 11, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2018.06.001>
- Mughini Gras, L., Usai, F., & Stancampiano, L. (2011). Strongylosis in horses slaughtered in Italy for meat production: Epidemiology, influence of the horse origin and evidence of parasite selfregulation. *Veterinary Parasitology*, 179 (1–3), 167–174. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.02.024>
- Nagorna, L., Vovk, B., & Dubinina, D. (2019). Determination of quality of poultry meat in case of damage to ectoparasites. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 3 (46), 48–53. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2019.3.7>
- Mykhailiutenko, S., & Zhulinska, O. (2021). Dynamics of goslings' live weight at amidostomosis of geese. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 200–205. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.25>
- Artemenko, L. P., Soloviova, L. M., Selykh, I. P., Ligomina, I. P., & Sokoliuk, V. M. (2022). Trichinosis in Ukraine – epizootological situation, prevention and control (2015–2020). *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (106), 10–17. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10602>
- Zhou, X., Wang, L., Wang, Z., Zhu, P., Chen, Y., Yu, C., Chen, S., & Xie, Y. (2023). Impacts of Eimeria coinfection on growth performance, intestinal health and immune responses of broiler chickens. *Veterinary Parasitology*, 322, 110019. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.110019>
- Mykhailiutenko, S., & Zhulinska, O. (2021). Morphological parameters of geese blood in amidostomy invasion. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 23 (102), 105–109. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10216>
- Yevstafieva, V. A., Stybel, V. V., Melnychuk, V. V., Prijma, O. B., Yatsenko, I. V., Antipov, A. A., Bakhur, T. I., Goncharenko, V. P., Pidborska, R. V., Shahanenko, V. S., & Dzhamil, V. I. (2019). Morphological and biological characteristics of *Amidostomum Anseris* (Nematoda, Amidostomatidae) from *Anser anser domesticus*. *Vestnik Zoologii*, 53 (1), 65–74. <https://doi.org/10.2478/vzoo-2019-0007>
- Vyrobnystvo produktiv tvarynyntstva, kilskist silskohospodarskykh tvaryn i zabezpechenist yikh kormamy. *Derzhstat Ukrainy*. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian]

23. Pro zatverdzhennia Hihienichnykh vymoh do vyrobnytstva ta obihu kharchovykh produktiv tvarynnoho pokhodzhennia, shcho postachaiut-sia v nevelykykh obsiahakh kintsevym spozhyvacham abo lokalnym zakladam rozdrubnoi torhivli: nakaz vid 04.10.2024 № 3831. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1485-24#Text> [in Ukrainian]
24. Pro zatverdzhennia Pravyl peredzabiinoho veterynarnoho ohliadu tvaryn i veterynarno-sanitarnoi ekspertyzy miasa ta miasnykh produktiv: nakaz vid 21 chervnia 2002 r. № 524/6812, zi zminamy ta dopovnenniamy. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-02#Text> [in Ukrainian]
25. Pro zatverdzhennia Vymoh do peredzabiinoho ta pisliazabiinoho ohliadu tvaryn, u tomu chysli zabytykh za mezhamy biini: nakaz vid 14 travnia 2024 r. № 701/42046. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0701-24#Text> [in Ukrainian]
26. Anisuzzaman, Hossain, Md. S., Hatta, T., Labony, S. S., Kwofie, K. D., Kawada, H., Tsuji, N., & Alim, Md. A. (2023). Food- and vector-borne parasitic zoonoses: Global burden and impacts. *Advances in Parasitology*, 87–136. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2023.02.001>
27. Linné, C. von. (1758). *Systema naturae per regna tria naturae: secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.542>
28. Dakhno, I. S. (2013). Nomenklatura invaziynykh khvorob ta systematyka zooparazytiv. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seriya: Veterynarna medytsyna*, 2, 129–131. [in Ukrainian]
29. Shendryk, L. I., Dovhii, Yu. Yu., Shendryk, Kh. M., Feshchenko, D. V., Huhosian, Yu. A., Shendryk, I. M. (2018). *Terminolohichnyi slovnyk z parazytolohii. Navchalne vydannia*. Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian]
30. Nielsen, M. K., Facison, C., Scare, J. A., Martin, A. N., Gravatte, H. S., & Steuer, A. E. (2021). Diagnosing *Strongylus vulgaris* in pooled fecal samples. *Veterinary Parasitology*, 296, 109494. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109494>
31. Studzińska, M. B., Tomczuk, K., Demkowska-Kutrzepa, M., & Szczepaniak, K. (2012). The Strongylidae belonging to *Strongylus* genus in horses from southeastern Poland. *Parasitology Research*, 111 (4), 1417–1421. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-3087-3>
32. Domshy, K. A., Whitehead, A. E., Poissant, J., Goldsmith, D. A., Legge, C., Knight, C. G., Zachar, E. K., Loch, S. S., & Davies, J. L. (2024). A retrospective study of the prevalence in equine postmortems of cranial mesenteric arteritis caused by *Strongylus vulgaris* in Alberta (2010 to 2022). *The Canadian Veterinary Journal*, 65 (6), 587–593.
33. Lichtenfels, J. R., Kharchenko, V. A., & Dvoynos, G. M. (2008). Illustrated identification keys to strongylid parasites (Strongylidae: Nematoda) of horses, zebras and asses (Equidae). *Veterinary Parasitology*, 156 (1–2), 4–161. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.04.026>
34. Omelchenko, O., & Yevstafieva, V. (2023). Epizootological monitoring studies of chicken heterakosis spreading on the territory of Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 87–91. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.16>
35. Yevstafieva, V. A., Melnychuk, V. V., Nikiforova, O. V., Suprunenko, K. V., Korchan, L. N., Lokes-Krupka, T. P., Nehrebetskyi, I. S., & Korchan, N. I. (2018). Comparative morphology and biology of nematodes of genus *Heterakis* (Nematoda, Heterakidae), parasites of the domestic goose (*Anser anser*) in Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (2), 229–236. <https://doi.org/10.15421/021834>
36. *Heterakis* Schrank, 1790 in GBIF Secretariat (2023). *GBIF Backbone Taxonomy*. <https://doi.org/10.15468/39omei>
37. *Amidostomum anseris* (Zeder, 1800) in GBIF Secretariat (2023). *GBIF Backbone Taxonomy*. <https://doi.org/10.15468/39omei>

ORCID

- | | |
|--|---|
| S. Mykhailiutenko  | https://orcid.org/0000-0001-6634-1244 |
| V. Yevstafieva  | https://orcid.org/0000-0003-4809-2584 |
| V. Melnychuk  | https://orcid.org/0000-0003-1927-1065 |
| L. Kuzmenko  | https://orcid.org/0000-0002-1776-0714 |



2025 Mykhailiutenko 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.

Efficacy of eimeriostatics in mixed course of eimeriosis and balantidiosis in piglets

O. Bohach¹ | M. Bogach²✉

Article info

Correspondence Author

M. Bogach

E-mail:

bogach_nv@ukr.net¹ National Scientific Center“Institute of Experimental
and Clinical Veterinary

Medicine”,

Pushkinska St., 83,

Kharkiv, 61023,

Ukraine

² Odessa Experimental Station

National Scientific Center

“Institute of Experimental and
Clinical Veterinary

Medicine”,

Svobody Ave., 2,

Odessa, 65037,

Ukraine

Citation: Bohach, O., & Bogach, M. (2025). Efficacy of eimeriostatics in mixed course of eimeriosis and balantidiosis in piglets. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 240–243. doi: 10.31210/spi2025.28.01.37

Epizootic well-being of farms with regard to infectious and invasive diseases is a key criterion for the efficiency of any livestock industry. Intestinal parasites have a significant impact on the efficiency of pig farming. In recent years, protozoan invasions caused by *Eimeria* and *Balantidia* have become significantly widespread among pigs. Testing of antiprotozoal drugs and their new dosage forms is actively conducted both in Ukraine and abroad. However, the effectiveness of the same drug in the same dose may vary due to differences in testing methods, errors in result evaluation, and the emergence of resistant parasite strains. The developed drug Amprolev-plus showed 90 % effectiveness for eimeriosis and 100 % for cryptosporidiosis in calves, 100 % effectiveness for mixed isosporosis and cryptosporidiosis in piglets. One of the components of this complex drug is sulfadimezin, which is widely used in veterinary medicine for the treatment of infectious diseases caused by microorganisms sensitive to it, in particular balantidiosis in pigs. The effectiveness of Amprolev-plus and, for comparison, Brovitacoccid in mixed course of eimeria and balantidiosis in piglets was determined by the results of coproscopic studies before the use of the drugs and on days 7, 14 and 28 after treatment. Before the start of treatment, the intensity of *Eimeria suis* invasion in piglets of the experimental groups ranged from 27.1 ± 0.9 to 27.9 ± 2.3 oocysts in 10 fields of view of the microscope, while the number of *Balantidium coli* oocysts varied within 28.9 ± 0.5 – 29.6 ± 1.2 in 10 fields of view of the microscope. In piglets receiving Brovitacoccid, on the 14th day after treatment, 12.8 ± 0.5 oocysts of *E. suis* and 19.9 ± 0.2 oocysts of *B. coli* were recorded in 10 fields of view of the microscope. By the 28th day, *E. suis* oocysts were not recorded, and the intensity of *B. coli* infection decreased to 8.7 ± 0.1 oocysts. In the second experimental group, where Amprolev-plus was used, on the 14th day after treatment, the number of *E. suis* oocysts was 14.5 ± 0.3 in 10 fields of view of the microscope, and *B. coli* – 3.9 ± 0.1 in 10 fields of view of the microscope. On the 28th day after treatment, oocysts of both pathogens were not recorded. On the 28th day after treatment, the effectiveness of Amprolev-plus against the pathogens *Eimeria suis* and *Balantidium coli* was 100 %, which indicates its high antiparasitic activity in the case of mixed invasions, while Brovitacoccid showed 100 % effectiveness exclusively against eimeria, confirming its specific focus against eimeria in the same type of invasions, and only 66.7 % against balantidiosis.

Keywords: treatment, eimeriosis, balantidiosis, piglets.

Ефективність еймеріостатиків за змішаного перебігу еймеріозу і балантидіозу поросят

О. М. Богач¹ | 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

Епізоотичне благополуччя господарств щодо інфекційних та інвазійних захворювань є ключовим критерієм ефективності будь-якої галузі тваринництва. Значний вплив на ефективність свинарства спричиняють кишкові паразити. В останні роки серед свинопоголів'я значно поширилися протозойні інвазії спричинені еймеріями та балантидіями. Випробування протистотидних препаратів та їх нових лікарських форм активно проводяться як в Україні, так і за кордоном, проте ефективність одного й того самого препарату в однаковій дозі може відрізнятись, що зумовлено відмінностями в методах випробувань, похибками оцінки результатів, появою резистентних штамів паразитів. Розроблений препарат Ампролев-плюс проявив 90 % екстенсивність за еймеріозу та 100 % за криптоспоридіозу телят, 100 % ефективність за змішаного перебігу ізоспорозу і криптоспоридіозу поросят. Однією з складових цього комплексного препарату є сульфадимезин, який широко використовується у ветеринарії для лікування інфекційних захворювань, спричинених мікроорганізмами, чутливими до нього, зокрема балантидіозу у свиней. Ефективність Ампролеву-плюс і для порівняння Бровітакоциду за змішаного перебігу еймеріозу і балантидіозу поросят визначали за результатами копроскопічних досліджень до застосування препаратів та на 7, 14 і 28 доби після лікування. До початку лікування інтенсивність інвазії *Eimeria suis* у поросят дослідних груп становила від 27.1 ± 0.9 до 27.9 ± 2.3 ооцист в 10 п.з.м., тоді як кількість ооцист *Balantidium coli* варіювала в межах 28.9 ± 0.5 – 29.6 ± 1.2 в 10 п.з.м. У поросят, які отримували Бровітакоцид, на 14-ту добу після лікування реєстрували 12.8 ± 0.5 ооцист *E. suis* і 19.9 ± 0.2 ооцист *B. coli* в 10 п.з.м. До 28-ї доби ооцисти *E. suis* не реєстрували, а інтенсивність зараження *B. coli* знизилась до 8.7 ± 0.1 ооцист. У другій дослідній групі, де застосовували Ампролев-плюс, на 14-ту добу після лікування кількість ооцист *E. suis* становила 14.5 ± 0.3 в 10 п.з.м., а *B. coli* – 3.9 ± 0.1 в 10 п.з.м. На 28 добу після лікування ооцисти обох збудників не реєструвались. На 28 добу після лікування ефективність Ампролеву-плюс щодо збудників *Eimeria suis* та *Balantidium coli* склала 100 %, що свідчить про його високу протипаразитарну активність у разі змішаних інвазій, тоді як Бровітакоцид проявив 100 % ефективність виключно щодо еймеріозу, підтверджуючи його специфічну спрямованість проти еймерій при однотипних інвазіях, а проти балантидіозу лише 66,7 %.

Ключові слова: лікування, еймеріоз, балантидіоз, поросята.

Бібліографічний опис для цитування: Богач О. М., Богач М. В. Ефективність еймеріостатиків за змішаного перебігу еймеріозу і балантидіозу поросят. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 240–243.

Вступ

Епізоотичне благополуччя господарств щодо інфекційних та інвазійних захворювань є ключовим критерієм ефективності будь-якої галузі тваринництва, зокрема свинарства [1, 2].

Значний вплив на ефективність свинарства спричиняють кишкові паразити. Особливу небезпеку становлять хвороби, спричинені найпростішими, оскільки вони можуть викликати діарею та зневоднення, що може призвести до загибелі тварин. Паразити також можуть погіршити набір маси свиней, спричиняючи економічні збитки [3].

До основних паразитарних захворювань свиней належать 15 нозологічних одиниць, збудниками яких є нематоди, цестоди, кліщі, безкрилі комахи та найпростіші, зокрема *Eimeria* spp. і *Balantidium coli*, що спричиняють еймеріоз та балантидіоз, причому протозойні інвазії в останні роки значно поширилися серед свиноголів'я [4].

Станом на сьогодні, у свиней відомо і описано 14 видів еймерій [5, 6], виявлено один основний вид балантидій – *Balantioides (Balantidium) coli*, який є зоонозним патогеном, тобто може передаватися людині, викликаючи важкі форми балантидіозу, особливо у людей з ослабленим імунітетом [7, 8].

За даними міжнародних, переважно західно-європейських досліджень, еймеріоз виявлено на 75–76 % свиноферм, при цьому зараженість поросят може досягати 40–100 % незалежно від умов утримання, а дослідження середини 2000-х років показали, що на 44 % ферм свині були інвазовані без клінічних ознак, зі ступенем внутрішньостадного поширення від 10 до 90 % за результатами аналізу фекалій [9–12].

Еймеріоз є поширеним захворюванням у тваринництві, який уражає багатьох тварин і становить значну загрозу. З огляду на стрімкий розвиток галузі інтенсивного тваринництва, боротьба з еймеріозом стає дедалі складнішою [13].

У господарствах різної потужності північного Причорномор'я України (Одеська, Миколаївська, Херсонська області) у свиней виявлено п'ять видів найпростіших: *Cystoisospora suis* (syn. *Isospora suis*), *Eimeria* spp., *Cryptosporidium* spp., *Balantidium suis* і *Blastocystis* sp., причому поширеність протозоозів становила 41,5 % у великих господарствах, 66,1 % – у середніх і 93,1 % – у малих [14].

У Китаї загальна поширеність еймерій серед свиней становила 56,6 %, після споруляції виявлено, що 93,4 % інфікованих тварин уражені *Eimeria* spp., а 6,6 % мали змішану інвазію *Eimeria* spp. та *Cystoisospora suis* [15].

У свиногосподарствах Греції найпоширенішими найпростішими у свиней були *Balantidium coli* (37,8 %), *Entamoeba* spp. (8,3 %) та *Cystoisospora suis* (6,0 %) [16].

У Західному регіоні України балантидіоз реєструється у 31,7 % свиней, еймеріоз – у 17,2 %, ізоспороз – у 6,9 %, причому в господарствах з поголів'ям 500–1000 свиней відзначено зниження поширення балантидіозу та ізоспорозу [17]. На Півдні

України еймеріоз і балантидіоз переважно реєстрували у поросят віком 2–4 місяці [18].

Випробування протистостатичних препаратів та їх нових лікарських форм активно проводяться як в Україні, так і за кордоном, проте ефективність одного й того самого препарату в однаковій дозі може відрізнятися за даними різних дослідників, що, ймовірно, зумовлено відмінностями в методах випробувань, похибками оцінки результатів, появою резистентних штамів паразитів або іншими чинниками [19–21].

Протипаразитарні засоби мають подвійний механізм дії: вони забезпечують миттєве звільнення хазяїна від паразитів та їх шкідливого впливу, а також знижують інвазійний тиск на стадо, спричинений різними стадіями розвитку паразитів [3].

Всесвітня асоціація за прогрес ветеринарної паразитології (ВАПВП) рекомендує класифікувати антигельмінтики за рівнем ефективності на такі категорії: високоефективні (понад 98 %), ефективні (90–98 %), помірно ефективні (80–89 %) і недостатньо ефективні або неефективні (менше 80 %). Дозування препаратів повинно здійснюватися суворо відповідно до маси тіла тварин [22].

Науковці ОДС ННЦ «ІЕКВМ» розробили препарат Ампролев-плюс, який проявив високу ефективність при змішаному перебігу еймеріозу та криптоспоридіозу у телят. Його екстенсефективність становила 90 % проти еймеріозу та 100 % проти криптоспоридіозу [23].

Було проведено дослідження для з'ясування ефективності цього препарату при змішаному перебігу ізоспорозу та криптоспоридіозу у поросят 30-добового віку. Встановлено, що Ампролев-плюс показав 100 % ефективність на 14 добу проти *C. suis*, а на 28 добу – проти *I. suis* [24].

Однією з складових цього комплексного препарату є сульфадимезин, який широко використовується у ветеринарії для лікування інфекційних захворювань, спричинених мікроорганізмами, чутливими до нього, зокрема балантидіозу у свиней.

Мета дослідження

Метою досліджень було з'ясувати ефективність Ампролеву-плюс за змішаного перебігу еймеріозу і балантидіозу поросят та провести порівняльну оцінку з Бровітаксидом, який згідно настанови застосовується для лікування протозоозів тварин і птиці.

Матеріали і методи

Дослідження з оцінки лікувальної ефективності еймеріостатиків при змішаному перебігу еймеріозу та балантидіозу у поросят проводили в господарстві ФОП «Манько» Роздільнянського району Одеської області. Ефективність препаратів оцінювали на 27 поросятах 50 добового віку породи «Велика біла», спонтанно інвазованих еймеріями та балантидіями, які були розділені на дві дослідні та одну контрольну групу (n=9).

Поросятм першої дослідної групи задавали препарат Бровітакокцид (порошок) (НВФ «Брова-фарма») у лікувальній дозі 2 г/10 кг маси тіла з кормом упродовж 5 діб.

Поросятм другої дослідної групи задавали препарат Ампролев-плюс (порошок) (ОДС ННЦ «ІЕКВМ»; експериментальний зразок) у дозі 1 г/10 кг маси тіла з кормом.

Поросятм третьої контрольної групи (інвазовані) лікувальних препаратів не отримували.

Ефективність препаратів визначали за результатами копроскопічних досліджень до застосування препаратів та на 7, 14 і 28 доби після лікування.

Після введення препаратів спостереження за поведінкою та загальним станом тварин з дослідних і контрольної груп проводили протягом 4 годин, а потім щодня, щоб виявити можливу побічну дію.

При введенні препарату через корм контролювали поїдання кормоликарської суміші. Згідно з результатами загальноклінічних спостережень, використання еймеріостатиків не призвело до побічних ефектів чи ускладнень у поросят, інвазованих еймеріями та балантидіями.

Математичний аналіз отриманих цифрових даних проводили з використанням пакета прикладних програм Microsoft «EXCEL» шляхом визначення середнього арифметичного (М) та його похибки (m).

Результати та їх обговорення

До лікування інтенсивність *Eimeria suis* у дослідних групах поросят була в межах 27,1±0,9 – 27,9±2,3 ооцист в 10 п.з.м., а *Balantidium coli* – коливалась від 28,9±0,5 до 29,6±1,2 ооцист в 10 п.з.м. (табл. 1).

Таблиця 1

Інтенсивність еймеріозу і балантидіозу при лікуванні поросят (n=9, М±m)

Доби	Збудник	Групи поросят, яким застосовували		Контроль
		Бровітакокцид	Ампролев-плюс	
		ураженість, ооцист в 10 п.з.м.		
до лікування	<i>Eimeria suis</i>	27,1±0,9	27,9±2,3	26,2±1,1
	<i>Balantidium coli</i>	28,9±0,5	29,6±1,2	30,6±0,5
7-а	<i>Eimeria suis</i>	22,4±1,2	25,1±0,9	26,9±0,7
	<i>Balantidium coli</i>	25,6±0,8	19,2±0,5	28,4±1,2
14-а	<i>Eimeria suis</i>	12,8±0,5	14,5±0,3	27,5±0,5
	<i>Balantidium coli</i>	19,9±0,2	3,9±0,1	30,9±1,0
28-а	<i>Eimeria suis</i>	—	—	28,1±1,0
	<i>Balantidium coli</i>	8,7±0,1	—	30,5±0,8

У групі поросят, яким застосовували Бровітакокцид, на 14 добу після лікування реєстрували 12,8±0,5 ооцист *E. suis* в 10 п.з.м, а інтенсивність *B. coli* зменшилась до 19,9±0,2 ооцист в 10 п.з.м. На 28 добу після лікування ооцисти *E. suis* не реєстрували, а інтенсивність *B. coli* становила 8,7±0,1 ооцист в 10 п.з.м.

У другій дослідній групі поросят, яких лікували Ампролево-плюс, інтенсивність *E. suis* зменшилась до 14,5±0,3 ооцист в 10 п.з.м., а *B. coli* – до 3,9±0,1 ооцист в 10 п.з.м. На 28 добу після лікування виділення ооцист *E. suis* і *B. coli* не реєстрували.

У контрольній групі інвазованих поросят інтенсивність еймеріозу упродовж дослідів коливалась від 26,2±1,1 ооцист в 10 п.з.м. до 28,1±1,0 ооцист в 10 п.з.м., а інтенсивність балантидіозу – від 28,4±1,2 ооцист в 10 п.з.м. до 30,9±1,0 ооцист в 10 п.з.м.

Отже, на 28 добу після лікування інтенсивність препарату Ампролев-плюс щодо збудників *Eimeria suis* та *Balantidium coli* склала 100 %, що

свідчить про його високу протипаразитарну активність у разі змішаних інвазій, тоді як Бровітакокцид продемонстрував 100 % інтенсивності виключно щодо еймеріозу, підтверджуючи його специфічну спрямованість проти еймерій при одностипних інвазіях.

Після лікування поросят першої дослідної групи препаратом Бровітакокцид на 14 добу з 9 інвазованих тварин ооцисти *E. suis* було виявлено у фекаліях лише одного поросяти, а на 28 добу тварин, уражених еймеріями, не реєстрували, що свідчить про 100 % екстенсивності препарату проти збудника еймеріозу. Щодо збудника балантидіозу *B. coli*, на 14 добу після лікування звільнення від інвазії відбулося лише у двох поросят, внаслідок чого екстенсивність інвазії знизилась до 77,8 %. На 28-му добу екстенсивність інвазії балантидіями зменшилась до 33,3 %, а ефективність препарату щодо цього збудника склала лише 66,7 %, що вказує на його обмежену дію проти балантидій порівняно з еймеріями (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка інвазованості поросят еймеріями та балантидіями після застосування препаратів (n=9)

Групи тварин	Збудник	ЕІ, %				ЕЕ, % препарату		
		доба				доба		
		3-а	7-а	14-а	28-а	7-а	14-а	28-а
І дослідна	<i>Eimeria suis</i>	100	66,7	11,1	–	33,3	88,9	100
	<i>Balantidium coli</i>	100	100	77,8	33,3	–	22,2	66,7
II дослідна	<i>Eimeria suis</i>	100	33,3	22,2	–	66,7	77,8	100
	<i>Balantidium coli</i>	100	44,4	22,2	–	55,6	77,8	100
контрольна	<i>Eimeria suis</i>	100	100	100	100	–	–	–
	<i>Balantidium coli</i>	100	100	100	100	–	–	–

У другій дослідній групі поросят, які отримували препарат Ампролев-плюс, на 14-ту добу після лікування у фекаліях двох поросят було зареєстровано наявність ооцист *E. suis* та *B. coli*, що свідчило про персистенцію інвазії.

Таким чином, екстенсивність інвазії становила 22,2 %, а терапевтична ефективність препарату на цей момент досягла 77,8 %. На 28-му добу після лікування у фекаліях жодного з поросят ооцисти зазначених збудників не реєстрували, що свідчить про повне звільнення всіх 9 тварин від змішаної еймеріозно-баламідіозної інвазії. Отже, на завершальному етапі дослідження препарат продемонстрував 100 % ефективність щодо збудників *E. suis* та *B. coli*, підтверджуючи його високу протипаразитарну активність у разі змішаних інвазій.

Висновки

Екстенсефективність Ампролеву-плюс за еймеріозу і баламідіозу склала 100 %, тоді як Бровітаксиду – 100 % за еймеріозу і лише 66,7 % за баламідіозу.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується з'ясувати вплив еймеріостатиків на морфологічні показники крові поросят за змішаного перебігу еймеріозу і баламідіозу.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bogach, M. V., & Melnychenko, A. Yu. (2017). Epizootological aspects of intestinal protozoa of pigs in farms of southern Ukraine. *Veterinary Medicine*, 103, 385–388.
2. Danko, M. M. (2013). Intestinal coccidiosis of pigs (diagnosis, pathogenesis, therapy and prevention). *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv.
3. Ózsvári, L. (2018). Production impact of parasitisms and coccidiosis in swine. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 7 (5), 217–222. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2018.07.00214>
4. Berezovsky, A. V. (2006). Ecological problems of modern parasitology (analytical review). *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Agrarnoho Universytetu*, 98, 19–28. [in Ukrainian]
5. Levine, N. D., & Ivens, V. (1986). *The coccidian parasites (Protozoa, Apicomplexa) of Artiodactyla*. Urbana: University of Illinois Press
6. Lindsey, D. S., Duhey, J. P., & Blagburni, B. L. (1997). Biology of *Isospora* spp. from humans, nonhuman primates and domestic animals. *Clinical Microbiology Reviews*, 10 (1), 19–34. <https://doi.org/10.1128/CMR.10.1.19>
7. Schuster, F. L., & Ramirez-Avila, L. (2008). Current world status of *Balamidium coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 21 (4), 626–638. <https://doi.org/10.1128/CMR.00021-08>
8. Jae-Won, B., Jung-Hyun, P., Bo-Youn, M., Kichan, L., Wan-Kyu, L., Dongmi, K., & Seung-Hun, L. (2021). Identification of zoonotic *Balamidoides coli* in pigs by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) and its distribution in Korea. *Animals*, 11 (9), 2659. <https://doi.org/10.3390/ani11092659>
9. Class, C., Silveira, R., Fialho, P., Silva, L., Lobão, L., Amendoeira, M.R., & Barbosa, A. (2022). Family-run pig farms: research and extension activities for parasite control in a municipality in the

- state of Rio de Janeiro, Brazil. *Pathogens*, 11 (9), 971. <https://doi.org/10.3390/pathogens11090971>
10. Rolbiecki, L., & Izdebska, J. N. (2024). Modern Strategies for diagnosis and treatment of parasitic diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 25 (12), 6373. <https://doi.org/10.3390/ijms25126373>
11. Abdu, S., & Gashaw, A. (2010). Production system dynamism and parasitic interaction of swine in and around Holetta, Ethiopia. *Ethiopian Veterinary Journal*, 14, 71–82. <https://www.ajol.info/index.php/evj/article/view/63870>
12. Zhang, W. J., Xu, L. H., Liu, Y. Y., Xiong, B. Q., Zhang, Q. L., Li, F. C., & Zhao, J. (2012). Prevalence of coccidian infection in suckling piglets in China. *Veterinary Parasitology*, 190, 51–55. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.05.015>
13. Dausgschies, A., Imarom, S., Ganter, M., & Bollwahn, W. (2004). Prevalence of Eimeria spp. in Sows at Piglet-producing Farms in Germany. *Journal of Veterinary Medicine Series B*, 51, 135–139. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.2004.00734.x>
14. Bohach, O., Bogach, M., Panikar, I., Antipov, A., & Goncharenko, V. (2023). Prevalence of intestinal protozoa in pigs of Northern Black Sea Region, Ukraine. *World Veterinary Journal*, 13 (2), 310–317. <https://dx.doi.org/10.54203/scil.2023.wvj33>
15. de Araújo, H. G., da Silva, J. T., Sarmiento, W. F., Silva, S. D. S., & Bezerra, R. A. (2020). Diversity of enteric coccidia in pigs from the Paraíba Semiarid Region of Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 29 (4), e009120. <https://doi.org/10.1590/s1984-296120200079>
16. Symeonidou, I., Tassis, P., Gelasakis, A. I., Tzika, E. D., & Papadopoulos, E. (2020). Prevalence and risk factors of intestinal parasite infections in Greek swine farrow-to-finish farms. *Pathogens*, 9 (7), 556. <https://doi.org/10.3390/pathogens9070556>
17. Peleno, R. A. (2013). Monitorynh shlunkovo-kyshkovykh parazytoziv svynei v hospodarstvakh zakhidnoho rehionu Ukrainy. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Vetrynarnoi Medytyny ta Biotekhnohii imeni SZ Ghzytskoho*, 15 (3-2), 267–274. [in Ukrainian]
18. Bogach, M., & Avgitova, V. (2019). Spread of protozoa in pigs in farms of Odessa region. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*, 95, 13–16. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2019.95.02>
19. Sautier, M., & Chiron, P. (2023). Challenges and opportunities for reducing anthelmintic use in ruminant livestock systems: Insights from a sheep farmer survey in France. *Preventive Veterinary Medicine*, 221, 106078. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.106078>
20. Vineer, H. R., Morgan, E. R., Hertzberg, H., Bartley, D. J., Bosco, A., Charlier, J., Chartier, C., Claerebout, E., & Waal, T. D. (2020). Increasing importance of anthelmintic resistance in European livestock: creation and meta-analysis of an open database. *Parasite*, 27, 69. <https://doi.org/10.1051/parasite/2020062>
21. Fissiha, W., & Kinde, M. Z. (2021). Anthelmintic resistance and its mechanism: A review. *Infection and Drug Resistance*, 14, 5403–5410. <https://doi.org/10.2147/IDR.S332378>
22. Joachim, A., Altreuther, G., Bangoura, B., Charles, S., Dausgschies, A., Hinney, B., Lindsay, D. S., Mundt, H.-C., Ocaik, M., & Sotiraki, S. (2018). WAAVP guideline for evaluating the efficacy of anticoccidials in mammals (pigs, dogs, cattle, sheep). *Veterinary Parasitology*, 253, 102–119. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.02.029>
23. Skalchuk, V. V., & Bogach, M. V. (2018). Comparative evaluation of the effectiveness of brovitacoccide and Amprolev-plus in the mixed course of cryptosporidiosis and eimeriosis in calves. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 1 (42), 133–135.
24. Bohach, O. M., & Bogach, M. V. (2024). Effectiveness of treatment of spontaneous mixed course of isosporosis and cryptosporidiosis in piglets. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 25 (1), 24–29. <https://doi.org/10.36359/scivp.2024-25-1.03>

ORCID

- O. Bohach  <https://orcid.org/0000-0001-5487-7033>
M. Bogach  <https://orcid.org/0000-0002-2763-3663>



2025 Bohach O. 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.

Toxicology, pharmacology and therapy of animals poisoned by anticoagulant rodenticides: a review

N. Kanivets¹✉ | S. Kravchenko¹ | N. Dmytrenko¹ | O. Deviatko² | S. Kulynych¹ | O. Deleichuk¹

Article info

Correspondence Author

N. Kanivets

E-mail:

natalia.kanivets@pdaa.edu.ua

¹ Poltava State Agrarian University, Skovorody Str., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Str.15, building 3, Kyiv, 03041, Ukraine

Citation: Kanivets, N., Kravchenko, S., Dmytrenko, N., Deviatko, O., Kulynych, S., & Deleichuk, O. (2025). Toxicology, pharmacology and therapy of animals poisoned by anticoagulant rodenticides: a review. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 244–248. doi: 10.31210/spi2025.28.01.38

One of the problems that has existed for many years and is the cause of death of domestic dogs and cats is poisoning associated with the consumption of rodenticides (zoocides). The purpose of the study was to conduct a broad review of world scientific publications on the toxicodynamics of rodenticides of the anticoagulant group, the pharmacology of specific antidotes and methods of their use in the treatment regimen for domestic dogs and cats. The results of the analysis of the modern world literature on the arsenal of anticoagulant rodenticides are highlighted, their toxicodynamics and pathogenesis of pathological processes caused by the action of these agents are described, the literature on the expediency and effectiveness of the use of certain pharmacological agents as antidotes is systematized, and modern treatment regimens for domestic dogs and cats with rodenticide-anticoagulant poisoning are analyzed. It has been established that the vast majority of rodenticides used in practical use against mouse-like rodents are of two groups: hydroxycoumarin derivatives of the first and second generations and indandione derivatives. Poisoning of dogs and cats by second-generation anticoagulants (brodifacoum) accounts for 27.6 %. The basis of the toxicodynamics of all rodenticides described in this article is the disruption of vitamin K recycling, which leads to the inactivation of blood coagulation factors II, VII, IX and X, as well as the inhibition of endogenous vitamin K epoxy reductase, which makes the carboxylation reaction impossible. The nonspecificity of the first clinical manifestations of rodenticide-anticoagulant action leads to late diagnosis of poisoning, which increases the mortality of pets during treatment. Clinical studies should be supplemented by the results of blood tests (hypochromic anemia, neutrophilia with leukocytosis, ESR increase, MCV decrease, increased fibrinogen content) against the background of prothrombin activity disorders) and radiological findings (pleural effusion in 63.6 %, retroperitoneal effusion in 28.6 % and peritoneal effusion in 14.3 % of poisoned animals). Pathognomonic pathologic signs are internal bleeding and massive hemorrhagic diathesis. Treatment should be based on the use of vitamin K1 in high doses (1.5–5 mg/kg). Other forms of vitamin K are ineffective. The conducted literature analysis allows us to understand the global trend in the use, toxicodynamics and pharmacotherapy of dogs and cats for rodenticide poisoning, which makes it possible to increase the effectiveness of combating animal poisoning.

Keywords: animal diagnostics and therapy, dogs, cats, anticoagulants, vitamin K1.

Токсикологія, фармакологія та терапія тварин за отруєння антикоагулянтними родентицидами: огляд

Н. С. Канівець¹ | С. О. Кравченко¹ | Н. І. Дмитренко¹ | О. С. Дев'ятко² | С. М. Кулинич¹ | О. П. Делейчук¹

¹ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

² Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Однією з проблем, яка існує впродовж довгих років та є причиною загибелі свійських собак і котів, є отруєння, яке пов'язане із поїданням родентицидів (зооцидів). Метою досліджень було провести широкий огляд світових наукових публікацій щодо питань токсикодинаміки родентицидів групи антикоагулянтів, фармакології специфічних антидотів та методів їх застосування у схемі лікування свійських собак та котів. Висвітлено результати аналізу сучасної світової літератури щодо арсеналу антикоагуляючих родентицидів, описана їх токсикодинаміка і патогенез патологічних процесів, які зумовлені дією цих засобів, систематизовано літературні відомості щодо доцільності та ефективності застосування окремих фармакологічних препаратів як антидотів, проаналізовано сучасні схеми лікування свійських собак та котів за отруєнь родентицидами-антикоагулянтами. Встановлено, що переважну більшість у практичному застосуванні проти мишовидних гризунів складають родентициди двох груп: похідні гідроксикумарину першого і другого покоління та похідні індантіону. Отруєння собак та котів антикоагулянтами другого покоління (бродіфакум) складають 27,6 %. Основою токсикодинаміки усіх описаних у статті родентицидів є порушення рециркуляції вітаміну К, що призводить до інактивації факторів згортання крові II, VII, IX та X, а також пригнічення епоксиредуктази ендogenousного вітаміну К, що унеможливує реакцію карбоксилування. Неспецифічність перших клінічних проявів дії родентицидів-антикоагулянтів призводить до пізньої діагностики отруєння, що підвищує смертність домашніх тварин у процесі лікування. Клінічні дослідження доцільно доповнювати результатами аналізу крові (гіпохромна анемія, нейтрофілія за лейкоцитозу, зростання ESR, зниження MCV підвищений вміст фібриногену) на тлі порушення показників протромбінової активності) та рентгенологічно – плевральний випіт у 63,6 %, ретроперитоніальний – у 28,6 % та перитонеальний – у 14,3 % отруєнних тварин. Патогномічною патологоанатомічною ознакою є внутрішні кровотечі та масовані геморагічний діатез. Лікування повинно базуватися на застосуванні вітаміну K1 у високих дозах (1,5–5 мг/кг). Інші форми вітаміну K неефективні. Проведений літературний аналіз дозволяє розуміти світову тенденцію у питаннях застосування, токсикодинаміки та фармакотерапії собак та котів за отруєння родентицидами, що дає можливість підвищити ефективність боротьби з отруєннями тварин.

Ключові слова: діагностика і терапія тварин, собаки, коті, антикоагулянти, вітамін K1.

Бібліографічний опис для цитування: Канівець Н. С., Кравченко С. О., Дмитренко Н. І., Дев'ятко О. С., Кулинич С. М., Делейчук О. П. Токсикологія, фармакологія та терапія тварин за отруєння антикоагулянтними родентицидами: огляд. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 244–248.

В останні роки спонтанне та, на жаль, навмисне отруєння дрібних тварин, зокрема собак, пов'язане із застосуванням родентицидів [22].

Незважаючи на значну кількість наукових публікацій щодо отруєння дрібних тварин родентицидами, узагальнення існуючої світової інформації стосовно цього питання є актуальним.

Представлена наукова праця має за мету всебічний огляд наукових досліджень щодо отруєння дрібних тварин (собак і котів) в світі та висвітлює актуальні новітні дані стосовно діагностики, лікування та профілактики отруєнь антикоагулянтними родентицидами.

Родентициди – це група хімічних препаратів, направлена на боротьбу з мишоподібними гризунами [23, 32]. Антикоагулянтні родентициди є найбільшою і загальнодоступною групою пестицидів, які застосовують для боротьби зі шкідливими гризунами [14]. Залежно від хімічної групи, антикоагулянтні родентициди поділяють на дві групи: похідні гідроксикумарину й індантіону. Гідроксикумаринові родентициди представлені першим (кумафлор, кумафуріл, куматетраліл, варфарин) та другим (бродіфакум, броматіолон, дифенакум, дифетіалон, флокумафен) поколіннями. Антикоагулянти другого покоління більш токсичні, тому можуть викликати загибель тварини впродовж декількох діб після одноразового поїдання [1, 8, 32]. Похідні індантіону представлені хлорфациноном, дифациноном, піндоном, валоном.

Родентициди з діючою речовиною бродіфакум проявляють антикоагулюючий вплив на організм гризунів, спричинюючи внутрішні кровотечі та загибель.

Отруєння дрібних тварин, зокрема собак, відбувається за споживання отрути, як правило, у вигляді окремої ароматизованої принади (первинний шлях). Смакова привабливість приманки пояснюється наявністю сахарози та інших додаткових речовин. Вторинне отруєння відбувається внаслідок поїдання ураженого отрутою гризуна. Наслідки є небезпечними для здоров'я та життя тварини і завдають значних емоційних та економічних втрат їх власникам [3].

Існують повідомлення, що отруєння дрібних тварин антикоагулянтами (діюча речовина бродіфакум) складають 27,6 % від усіх випадків отруєнь [7, 21, 27].

Особливості токсикодинаміки антикоагулянтів

Антикоагулянтні родентициди перешкоджають рециркуляції вітаміну К, який приймає участь в активації факторів згортання крові: II (протромбін), VII (проконвертин), IX (фактор Крістмаса) і X (фактор Стюарта–Прауера) через γ -карбоксилювання [31]. Гідроксикумаринові родентициди першого і другого покоління інгібують фермент епоксидредуктазу ендогенного вітаміну К, а екзогенної форми цього вітаміну недостатньо, щоб задовільнити реакцію карбоксилювання. Тому виникає дефіцит активного вітаміну К, фактори згортання крові не карбоксилюються і залишаються нефункціональними. За неповного карбоксилювання

попередника протромбіну утворюється субстанція PIVKA-II (protein induced in vitamin K absence), яка спричинена відсутністю вітаміну К. За накопичення PIVKA-II протромбіновий коагуляційний потенціал знижується і розвивається схильність до кровоточивості, а PIVKA-II може виступати як помірний антикоагулянт [6, 13]. В крові через 12–24 годин після інтоксикації концентрація факторів згортання крові знижується. Запаси активних факторів згортання крові II, VII, IX і X вичерпуються за 3–5 діб, що співпадає з ознаками масової кровотечі, оскільки надмірні токсичні дози антикоагулянтних родентицидів провокують пошкодження капілярів, збільшення їх просвіту, викликаючи внутрішню кровотечу [2].

Клінічні ознаки отруєння антикоагулянтними родентицидами

Ознаки отруєння антикоагулянтними родентицидами неспецифічні. У більшості дрібних тварин реєструється пригнічення загального стану, сонливість, блідість слизових оболонок, зниження (гіпорексія) чи відсутність (анорексія) апетиту, підвищена спрага (полідипсія), часте сечовипускання (поліурія), швидка втома [20].

Стосовно загальної температури тіла в літературі наявні суперечливі твердження. За даними Vinev et al. (2005), у собак за інтоксикації антикоагулянтами реєстрували гіпертермію, а за даними Petterino et al. (2004) – гіпотермію [4, 25]. Ймовірно, такі розбіжності пов'язані з різними дозами й типами токсичних сполук. За сучасними даними, на ранніх стадіях температура підвищується, а за 2–3 доби нормалізується або знижується [32].

За отруєння антикоагулянтними родентицидами у дрібних тварин спостерігають тахікардію, тахіпное та задишку. В калі наявна кров (гематокезія), червоно-чорні випорожнення (мелена), на шкірі, слизових оболонках та кон'юнктиві реєструються петехії та екхімози, в передній камері ока – гіфема [9, 17, 29].

У різних випадках реєструється блювання, гематемезис (блювання з кров'ю), кровотеча з носа, гематурія, дизурія, легенева та плевральна, а у вагітних – вагінальна кровотеча [15, 32]. Через тиждень від початку інтоксикації у більшості собак спостерігається симетричне двостороннє розширення черева, що супроводжується провисанням вентральної черевної стінки, лордозом хребта внаслідок геморагічного асцити [18, 31]. Водночас, за перкусії при піднятті передньої частини тіла виявляється зниження зони абсолютної тупості серця та зміни показників перкусії вентрального відділу легеневого поля (плевральний випіт). Хворі тварини часто приймають позу «сидячої собаки». За венопункції в отруєних тварин характерні утворення масивних гематом та гемофілія [5, 32].

Аналіз біологічних рідин

Лабораторні дослідження необхідні для точного та достовірного діагнозу при отруєнні антикоагулянтними родентицидами у дрібних тварин. Для цього проводять загальний та біохімічний аналіз крові, визначення коагуляційного профілю та

досліджують сечу [12, 35].

За гематологічного дослідження (загальний аналіз крові) у хворих тварин виявляють анемію (гіпохромну), зниження гематокриту, лейкоцитоз з нейтрофілією, підвищення швидкості осідання еритроцитів (ESR), зниження середнього об'єму еритроцитів (MCV) [17].

В сироватці крові собак за отруєння антикоагулянтними родентицидами реєструється гіпопротеїнемія, гіпоальбумінемія, білірубінемія, гіперглікемія, підвищений вміст сечовини, підвищена активність аланінамінотрансферази (ALT), лужної фосфатази (ALP), гамаглутамілтрансферази (GGT) [3].

У хворих тварин спостерігається підвищення активованого часткового тромбoplastинового часу (APTT), протромбінового часу (PT), тромбінового часу (TT), часткового тромбoplastинового часу (PTT), активованого часу згортання, підвищена концентрація продуктів дегідратації фібрину (FDPs), зниження вмісту факторів згортання крові II, VII, IX, X, підвищений вміст фібриногену та підвищене значення PIVKA (protein induced by vitamin K absence) [11, 28].

Зміни в сечі характеризуються протеїнурією, мікро- та макрогематурією. В осаді сечі виявляється значна кількість еритроцитів [34].

Рентгенологічні зміни

За даними Неске et al. (2024), у 28,6 % тварин за отруєння антикоагулянтними родентицидами при рентгенологічному дослідженні виявлявся ретроперитоніальний випіт, та у 14,3 % – перитоніальний випіт. В грудній порожнині у 63,6 % собак візуалізували плевральний випіт, розширення середостіння та у 36,4 % – легенеvu кровотечу і звуження трахеї [10].

Патологоанатомічні зміни

За розтину труп тварин, які загинули внаслідок отруєння антикоагулюючими родентицидами, діагностується внутрішня кровотеча, що характеризується гематоперитонеумом, гемотораксом, набряком легень. Супутні зміни в органах і тканинах зумовлені пошкодженням судин дрібного діаметру (капілярів) і проявляються гострим геморагічним гастроентероколітом, ендокардитом, загальною анемією, застійною венозною гіперемією печінки, селезінки і нирок [19]. Водночас, в органах, під ендокардом шлуночків серця виявляються смугасті крововиливи (плями Мінакова), що вказує на прижиттєву масову кровотечу [16].

Лікування за отруєння дрібних тварин антикоагулянтними родентицидами

Лікування необхідно призначати негайно. У перші чотири години від отруєння тварині рекомендовано призначити блювальні засоби, сорбуючі препарати (активоване вугілля, сполуки кремнію тощо). За встановленого діагнозу на отруєння зоокумаридами тваринам призначають специфічний антидот вітамін K₁ у високих дозах, для собак крупних тварин доза становить 1,5–2,5 мг/кг

маси тіла двічі на добу, для дрібних/карликових порід собак, для котів, екзотичних тварин – 4–5 мг/кг маси тіла [24, 30]. За даними літератури, вікасол та вітамін K₃ не ефективний за інтоксикації антикоагулянтними родентицидами [26], тому його застосування недоцільне.

У екстрених станах, зумовлених інтоксикацією гідроксикумариновими родентицидами другого покоління (бродіфакум), вітамін K₁ вводиться парентерально в дозі 5 мг/кг маси тіла тварини в різні ділянки. Водночас, стан пацієнта стабілізують шляхом переливання крові (цільної крові, плазми). За таких умов, наступне введення вітаміну K₁ рекомендується не раніше, ніж 12 годин і виключно перорально в дозі 2,5–5 мг/кг маси тіла, яку задають один раз на добу впродовж наступних 3–6 тижнів. Введення вітаміну K₁ з лікувальною метою може продовжитись ще на два тижні, якщо при дослідженні виявляють підвищення протромбінового часу (PT) [18, 30].

Тривалість лікування вітаміном K₁ коливається і залежить від різних факторів (кількості і типу антикоагулянтних родентицидів, виду тварини, шляху надходження, але найважливішим є швидкість, точність і своєчасність встановлення діагнозу). Однак, більшість дослідників зазначають, що оптимальна лікувальна ефективність настає при застосуванні вітаміну K₁ не менше 1 місяця [27, 30]. Відновлення часу згортання крові є ознакою одужання, що вказує на подолання твариною інтоксикації антикоагулянтними родентицидами.

Прогноз

За отруєння дрібних тварин прогноз обережний і часто несприятливий. Однак, є дані, що зачасного звернення за допомогою, при отруєнні антикоагулянтними родентицидами виживання тварин становить 83–87 % [31, 24]. Існує думка, що прогноз після другої доби від початку лікування має напрям до сприятливого, у тому разі, якщо тварина подолає гостру коагулопатію [33]. Проте, за даними Vinev et al. (2005), навіть за зникнення у собак ознак отруєння в більшості випадків є умови до повторюваного асцити, що викликаний дистрофічним ураженням паренхіми печінки [4].

Профілактика

Профілактика отруєнь дрібних тварин антикоагулянтними родентицидами обумовлює розміщення приманок в недоступних місцях, щоденний контроль за приманками та мертвими гризунами, які необхідно регулярно утилізувати [22].

Висновки

Метою досліджень було провести широкий огляд світових наукових публікацій щодо питань токсикодинаміки родентицидів групи антикоагулянтів, фармакології специфічних антидотів та методів їх застосування у схемі лікування свійських собак та котів за отруєнь цими пестицидними засобами. Отруєння тварин, зокрема дрібних (собаки, коти), антикоагулянтними родентицидами

першого (кумахлор, кумафурил, куматетраліл, варфарин), та другого покоління (бродіфакум, бромадіолон, дифенакум, дифетіалон, флюкумафен) часто реєструється по всьому світу, оскільки, ці препарати є одними із досить ефективних речовин контролю кількості популяцій теплокровних шкідників. Тому актуальним є накопичення, узагальнення та публікація новітніх даних стосовно діагностики, лікування та профілактики отруєнь антикоагулянтними родентицидами.

Конфлікт інтересів

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

References

- Ahmed, H. A. A. (2017). Evaluation of rodenticide bromadiolone and chlorophacinone in controlling rodent infestation at Al-Wadi Al-Gadeed Governorate in Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*, 9 (1), 41–48. <https://doi.org/10.21608/eajbsf.2017.17051>
- Babii, V. F., & Hlavachek, D. O. (2023). Rodenticides as the basis of deratisation: general characteristics, classification, mechanisms of action, features of application and prospects (review of literature data). *Environment & Health*, 4 (109), 46–54. <https://doi.org/10.32402/dovkil2023.04.046>
- Bezukh, V. M., & Piddubnyak, O. V. (2015). Kliniko-hematologichnyy status sobak za otruyennya zookumarynom. *Naukovyy Visnyk Vetrynarnoyi Medytsyny*, 1, 10–13. [in Ukrainian]
- Binev, R., Petkov, P., & Rusenov, A. (2005). Intoxication with anticoagulant rodenticide bromadiolone in a dog – a case report. *Veterinary Archives*, 75, 273–282.
- Brei, C., Stern, L., & Racette, M. (2023). An atypical presentation of anticoagulant rodenticide toxicosis in a dog. *The Canadian Veterinary Journal*, 64 (11), 1015–1020.
- Chawla, D., Deorari, A. K., Saxena, R., Paul, V. K., Agarwal, R., Biswas, A., & Meena, A. (2007). Vitamin K₁ versus vitamin K₃ for prevention of subclinical vitamin deficiency: a randomized controlled trial. *Indian Pediatrics*, 44 (11), 817–822.
- DeClementi, C., & Sobczak, B. R. (2018). Common Rodenticide Toxicoses in Small Animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 48 (6), 1027–1038. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2018.06.006>
- Desoky, A. (2016). Rodenticide use in rodent control in upper egypt: an overview. *Global Journal of Life Sciences and Biological Research*, 2 (2), 25–27.
- Griggs, A. N., Allbaugh, R. A., Tofflemire, K. L., Ben-Shlomo, G., Whitley, D., & Paulsen, M. E. (2015). Anticoagulant rodenticide toxicity in six dogs presenting for ocular disease. *Veterinary Ophthalmology*, 19 (1), 73–80. <https://doi.org/10.1111/vop.12267>
- Hecke, K., Fulkerson, C., & Murakami, M. (2024). Abdominal radiographic features of anticoagulant rodenticide toxicity in 14 dogs and 2 cats. *Open Veterinary Journal*, 14 (6), 1460. <https://doi.org/10.5455/ovj.2024.v14.i6.14>
- House, A. M., Barton, M. H., & Williamson, L. H. (2011). One-stage prothrombin time, activated partial thromboplastin time, thrombin time, fibrin degradation product concentration, and antithrombin activity in healthy adult alpacas. *Veterinary Clinical Pathology*, 40 (2), 195–197. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2011.00312.x>
- Istvan, S. A., Marks, S. L., Murphy, L. A., & Dorman, D. C. (2014). Evaluation of a point-of-care anticoagulant rodenticide test for dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 24 (2), 168–173. <https://doi.org/10.1111/vec.12140>
- Ivanko, O. G., Solianik, A. V., & Pashchenko, I. V. (2017). Ontogenetic view on PIVKA-II in the development of prothrombin synthesis in infants. *Pathologia*, 3. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2017.3.118319>
- Jacob, J., & Buckle, A. (2017). Use of Anticoagulant Rodenticides in Different Applications Around the World. *Anticoagulant Rodenticides and Wildlife*, 11–43. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64377-9_2
- Jia, Y., Zhan, Y., Huang, G., Deng, C., & Yu, H. (2024). Acute long-acting anticoagulant rodenticide poisoning in pregnancy: a case report. *Frontiers in Pharmacology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1502596>
- Kazantsev, R., & Yatsenko, I. (2022). Forensic veterinary diagnosis of dog's fatal poisoning with anticoagulant rodenticide – bromadiolone. *Naukovij Visnik Veterinarної Medicini*, 1 (173), 120–136. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2022-173-1-120-136>
- Kohn, B., Weingart, C., & Giger, U. (2003). Haemorrhage in seven cats with suspected anticoagulant rodenticide intoxication. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 5 (5), 295–304. [https://doi.org/10.1016/s1098-612x\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/s1098-612x(03)00022-6)
- Kuhn, S. E., & Hendrix, D. V. H. (2013). Unilateral Subconjunctival and retrobulbar hemorrhage secondary to brodifacoum toxicity in a dog. *Case Reports in Veterinary Medicine*, 2013, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2013/417808>
- McCrae, S., Skinner, S., Odunayo, A., & Wolf, J. (2024). Anticoagulant rodenticide intoxication in a dog with pericardial effusion and a heart base mass-like effect. *Veterinary Record Case Reports*, 12 (3). <https://doi.org/10.1002/vrc2.877>
- Nagy, A. L., Tăbăran, A. F., Blaj, R., Cătoi, C., Pop, A., Gal, A. F., & Oros, A. (2015). Epidemiological, clinical and pathological features in anticoagulant rodenticide toxicosis in dogs: 66 Cases (2010–2015). *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, 72 (2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:11480>
- Nakagawa, L., de Masi, E., Narciso, E., Neto, H. M., & Papini, S. (2014). Palatability and efficacy of bromadiolone rodenticide block bait previously exposed to environmental conditions. *Pest Management Science*, 71 (10), 1414–1418. <https://doi.org/10.1002/ps.3944>
- Nakayama, S. M. M., Morita, A., Ikenaka, Y., Mizukawa, H., & Ishizuka, M. (2019). A review: poisoning by anticoagulant rodenticides in non-target animals globally. *Journal of Veterinary Medical Science*, 81 (2), 298–313. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0717>
- Paliy, A. P., Sumakova, N. V., Rodionova, K. O., Mashkey, A. M., Alekseeva, N. V., Losieva, Ye. A., Zaiarko, A. I., Kostyuk, V. K., Dudus, T. V., Morozov, B. S., Hurtovyi, O. O., & Paliy, A. P. (2021). Efficacy of flea and tick collars against the ectoparasites of domestic animals. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 202–208.
- Paulin, M. V., Bray, S., Laudhittir, T., Paulin, J., Blakley, B., & Snead, E. (2024). Anticoagulant rodenticide toxicity in dogs: A retrospective study of 349 confirmed cases in Saskatchewan. *The Canadian Veterinary Journal*, 65 (5), 496–503.
- Petterino, C., Paolo, B., & Tristo, G. (2004). Clinical and pathological features of anticoagulant rodenticide intoxications in dogs. *Veterinary and Human Toxicology*, 46, 70–75.
- Proulx, A., & Otto, C. M. (2012). Anticoagulant rodenticide intoxication. *BSAVA Manual of Canine and Feline Haematology and Transfusion Medicine*, 258–263. <https://doi.org/10.22233/9781905319732.29>
- Seljetun, K. O., Vindenes, V., Øiestad, E. L., Brochmann, G.-W., Eliassen, E., & Moe, L. (2020). Determination of anticoagulant rodenticides in faeces of exposed dogs and in a healthy dog population. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 62 (1). <https://doi.org/10.1186/s13028-020-00531-5>
- Seljetun, K. O., Vindenes, V., Øiestad, E. L., Brochmann, G.-W., Eliassen, E., & Moe, L. (2020). Determination of anticoagulant rodenticides in faeces of exposed dogs and in a healthy dog population. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 62 (1). <https://doi.org/10.1186/s13028-020-00531-5>
- Seo, D., Lim, S., Namgoong, B., Choe, A., Uhm, H., Hong, H., Lee, N., Kim, I., & Kim, M. (2024). Unilateral retrobulbar haemorrhage in a cat secondary to suspected anticoagulant rodenticide intoxication. *Veterinary Medicine and Science*, 10 (4). <https://doi.org/10.1002/vms3.1508>
- Solari, F. P., Sherman, A. H., Blong, A. E., Cameron, S., & Walton, R. A. (2022). Diagnosis and successful management of an extradural compressive hematoma secondary to diphacinone poisoning in a dog. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 33 (1), 101–106. <https://doi.org/10.1111/vec.13248>
- Stroope, S., Walton, R., Mochel, J. P., Yuan, L., & Enders, B. (2022). Retrospective evaluation of clinical bleeding in dogs with anticoagulant rodenticide toxicity—a multi-center evaluation of 62 cases (2010–2020). *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.879179>

32. Valchev, I., Binev, R., Yordanova, V., & Nikolov, Y. (2008). Anticoagulant Rodenticide Intoxication in Animals - A review. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 32, 237–243.
33. Waddell, L. S., Poppenga, R. H., & Drobatz, K. J. (2013). Anticoagulant rodenticide screening in dogs: 123 cases (1996–2003). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242 (4), 516–521. <https://doi.org/10.2460/javma.242.4.516>
34. Ware, K. M., Feinstein, D. L., Rubinstein, I., Weinberg, G., Rovin, B. H., Hebert, L., Muni, N., Cianciolo, R. E., Satoskar, A. A., Nadasdy, T., & Brodsky, S. V. (2015). Brodifacoum induces early hemoglobinuria and late hematuria in rats: novel rapid biomarkers of poisoning. *American Journal of Nephrology*, 41 (4–5), 392–399. <https://doi.org/10.1159/000433568>
35. Zhu, L., Liu, L., Du, L., Hao, J., Ma, J., Zhu, J., & Gong, W. (2022). Establishment and validation of anticoagulant rodenticides in animal samples by HPLC-MS/MS, focusing on evaluating the effect of modified QuEChERS protocol on matrix effect reduction. *ACS Omega*, 7 (21), 18146–18158. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01863>

ORCID

- | | |
|---|---|
| N. Kanivets  | https://orcid.org/0000-0001-9520-2999 |
| S. Kravchenko  | https://orcid.org/0000-0002-7420-9320 |
| N. Dmytrenko  | https://orcid.org/0000-0001-5336-2361 |
| O. Deviatko  | https://orcid.org/0000-0002-7834-7472 |
| S. Kulynych  | https://orcid.org/0000-0003-1660-643X |
| O. Deleichuk  | https://orcid.org/0009-0004-1420-1310 |



2025 Kanivets 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.

Listeria innocua as a potential pathogen of food-borne infections

N. Shcherbakova¹ | O. Medvid² | S. Peredera¹

Article info

Correspondence Author

N. Shcherbakova

E-mail:

peredera@ukr.net¹ Poltava State Agrarian

University,

Skovorody Str., 1/3,

Poltava, 36003, Ukraine

² Responsible for food quality and safety "BERTONCELLO SRL",

Romano d'Ezzelino, Vicenza,

36060 Italy

Citation: Shcherbakova, N., Medvid, O., & Peredera, S. (2025). *Listeria innocua* as a potential pathogen of food-borne infections. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 249–253. doi: 10.31210/spi2025.28.01.39

The aim of the review was to determine the distribution of the potential foodborne pathogen *L. innocua* and methods for its differentiation in accordance with European Union requirements. The article considers the problem of foodborne infections, and establishes that listeriosis is a serious challenge to public health. The frequency and speed of its spread are increasing due to the globalization of commercial food chains. The genus *Listeria* currently includes 21 studied species and 6 subspecies. *L. monocytogenes* and *L. innocua* are the most genetically close and are of particular importance for food safety. And the results of recent studies have shown the possibility of pathogenicity for humans of *L. innocua*, and deaths have been reported in septicemia caused by *L. innocua*. Contamination with *L. innocua* is quite often detected in seafood (salted, freshly smoked and chilled fish), in meat products (frozen minced meat, semi-finished products, smoked products, ready-to-eat products), as well as in vegetables (onions, cabbage, potatoes, beets), in silage. Which is probably related to the detection of *L. innocua* in rodents, which may lead to contamination of products stored in warehouses with the pathogen. It has been established that the prevalence of *L. innocua* in seawater is higher than that of other species of *Listeria*, especially in coastal waters. The presence of atypical *L. innocua* in seawater can cause contamination of fish, squid, crustaceans and other seafood, which poses a danger to human health. Methods for the differentiation of *L. innocua* and *L. monocytogenes* are considered. It has been determined that *L. innocua* belongs to two main subgroups A and B and to an atypical subgroup D (hemolytic), which is what serves as a connecting link between *L. innocua* and *L. monocytogenes* in the evolutionary chain. For the differentiation of *L. innocua*, it was found that the NanoLuc Luciferase Test with the *L. innocua* strain (NLuc bioluminescent method) based on the determination of the quantitative indicator of bacterial cells has high sensitivity and the ability to detect *L. innocua* in the range of 1.0×10^4 CFU/mL – 5.0×10^7 CFU/mL and has a wide range of applications.

Keywords: *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes*, listeriosis, biofilm, NanoLuc Luciferase Test, food products.

Listeria innocua, як потенційний патоген харчових інфекцій

Н. С. Щербакова¹ | О. О. Медвідь² | С. Б. Передера¹¹ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна² Товариства з обмеженою відповідальністю «Бертончелло», Романо Дезеліно, Вінченса, Італія

Метою проведеного огляду було визначення розповсюдження потенційного патогену харчових інфекцій *L. innocua* та методів його диференціації відповідно до вимог Європейського союзу. В статті розглянуто проблему харчових інфекцій, та встановлено, що лістеріози є серйозним викликом для здоров'я населення. Частота і швидкість їх розповсюдження збільшується внаслідок глобалізації комерційних мереж харчових продуктів. Рід *Listeria* на сьогоднішній день включає в себе 21 вивчений вид і 6 підвидів. *L. monocytogenes* і *L. innocua* найбільш генетично близькі і мають особливе значення для безпечності продуктів харчування. Результати останніх досліджень показали можливість патогенності для людини *L. innocua*, повідомляється про смертельні випадки при септицемії викликаній *L. innocua*. Контамінація *L. innocua* досить часто визначається у морських продуктах (солоній, свіжокопченій та охолодженій рибі), у м'ясних продуктах (замороженому фарші, напівфабрикатах, копчених продуктах, продуктах готових до вживання), а також в овочах (цибулі, капусті, картоплі, буряку), в сиросі. Що імовірно пов'язане з виявленням *L. innocua* у гризунів, через що можлива контамінація збудником продукції, яка зберігається на складах. Встановлено про перевагу розповсюдження *L. innocua* в морській воді в порівнянні з іншими видами лістерій, особливо багато їх у прибережних водах. Наявність атипових *L. innocua* в морській воді може бути причиною контамінування риби, кальмарів, ракоподібних та інших морепродуктів, що представляє небезпеку для здоров'я людини. Для диференціації *L. innocua* встановлено, що Тест NanoLuc Luciferase з штамом *L. innocua* (NLuc біоломінісцентний метод) на основі визначення кількісного показника бактеріальних клітин володіє високою чутливістю та здатність виявити *L. innocua* у діапазоні $1,0 \times 10^4$ CFU/mL – $5,0 \times 10^7$ CFU/mL і має широкий спектр застосування.

Ключові слова: *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes*, лістеріоз, біофільм, Тест NanoLuc Luciferase, харчові продукти.**Бібліографічний опис для цитування:** Щербакова Н. С., Медвідь О. О., Передера С. Б. *Listeria innocua*, як потенційний патоген харчових інфекцій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 249–253.

Харчові інфекції є серйозною проблемою здоров'я населення, частота і швидкість їх розповсюдження збільшується в наслідок глобалізації комерційних мереж харчових продуктів. В Україні спалахи та спорадичні випадки лістеріозу найчастіше спричинялися споживанням молока та молочних продуктів (41,8 %), м'ясних виробів з яловичини, свинини та курятини (32,2 %), сирих овочів (10 %), морепродуктів (8 %), курячих, качах та гусячих яєць (2,1 %) контамінованих *L. monocytogenes* [3, 12, 13].

Установи які займаються контролем безпечності продуктів харчування в усьому світі усвідомлюють необхідність оновлення нормативної бази, що забезпечує вичерпний режим тестування харчових продуктів. Загально прийняті методи виявлення мікроорганізмів складаються з прямого виділення і підрахунку колоній, полімеразноланцюгової реакції і інших імунологічних методів.

Відповідно до вимог Європейського агентства з безпечності харчових продуктів EFSA можна стверджувати, що ризик зараження лістеріозом людини асоційований з продуктами харчування і в основному залежить від ефективного контролю на всіх ланках виробничого процесу та застосування безпечних технологічних підходів:

- належної сільськогосподарської практики GAPs для забезпечення якості сировини;
- належної виробничої практики GMP та системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках HACCP, що застосовується на переробних виробництвах і в мережі збуту продукції;
- мікробіологічні критерії для "ready-to-eat" RTE страв готових до вживання або готових до швидкого приготування легким підігрівом відповідно до Reg. (EC) N 2073/2005 [7, 8, 9, 25].

Бактерії роду *Listeria* широко розповсюджені в навколишньому середовищі, володіють подвійною природою і здатні в залежності від навколишнього середовища вести як сапрофітний так і паразитарний спосіб життя, мають широкий спектр адаптативних можливостей (існують в широкому діапазоні температур, вологості, рН середовища), що дозволяє виживати в різноманітних екологічних умовах. Лістерії добре переносять низькі температури у льоді виживають до 2,5 років, у продуктах харчування за температури +4 – +6 С° не лише зберігають життєздатність але й можуть розмножуватися. Витримують тривалу дію 20 % розчину кухонної солі, тому соління овочів, молочних і м'ясних продуктів не заважає їх розмноженню [8, 18, 20, 22].

Рід *Listeria* на сьогоднішній день включає в себе 21 вивчених видів і 6 підвидів. *L. monocytogenes* і *L. innocua* найбільш генетично близькі і мають

особливе значення для безпечності продуктів харчування, також періодично *L. seeligeri* зустрічається у рибних продуктах і *L. welshimeri* в м'ясі. Результати досліджень останніх років показали можливість патогенності для людини *L. innocua* привертаючи все більше наукового інтересу до себе [14, 24]. Повідомляється про смертельні випадки пацієнтів після септицемії викликаной *L. innocua* на фоні холангіту [10, 23].

Група італійських вчених використовуючи швидкий, чутливий і специфічний метод для визначення шести видів з роду *Listeria* (*L. grayi*, *L. welshimeri*, *L. ivanovii*, *L. monocytogenes*, *L. innocua*) використовуючи специфічні копії праймерів в PCR-multiplex. За даними дослідів з 118 штамів *Listeria* spp були ізольовані з м'яса і робочих поверхней виробництва [19].

Досить часто виявляють наявність *L. innocua* в морських продуктах (солоній, свіжокопченій та охолодженій рибі), у м'ясних продуктах (замороженому фарші, напівфабрикатах, копчених продуктах, продуктах готових до вживання), а також в овочах (цибулі, капусті, картоплі, буряку) та в силосі. Що пов'язане з виявленням *L. innocua* у гризунів, через що можлива контамінація збудником продукції, яка зберігається на складах [4, 15, 16].

Убіквітарне розповсюдження *L. innocua* показує високу здатність пристосування цих бактерій до постійно змінюючихся умов існування і появою штамів з атимічними властивостями [6, 16, 17, 27, 29]. Необхідно відмітити, що велика кількість науковців стверджує про перевагу розповсюдження *L. innocua* в морській воді в порівнянні з іншими видами лістерій, особливо багато їх у прибережних водах. Наявність атипових *L. innocua* в морській воді може бути причиною контамінування риби, кальмарів, ракоподібних та інших морепродуктів, що представляє небезпеку для здоров'я людини [5].

Методи диференціації *L. innocua* і *L. monocytogenes*, *L. innocua* відноситься до двох основних підгруп А і В і до нетипової підгрупи D (гемолітичні) саме це служить об'єднуючою ланкою між *L. innocua* і *L. monocytogenes* в еволюційному ланцюгу [6, 28]. Фактори вірулентності гени інтерналіну (lin 0354, lin 0661, lin 1204, lin 2539) були запропоновані як потенційні генетичні маркери *L. innocua* підгруп А – D [2, 11]. Гемолітичні штами *L. innocua* можемо визначити шляхом секвенування всього геному (WGS) і безпосереднім тестуванням вірулентності, патогенні штами мають LIPI-1, інтерналін inlA для інвазування клітин ссавців, що само по собі вже піднімає низку питань для дискусії (п. 1) [2, 16].

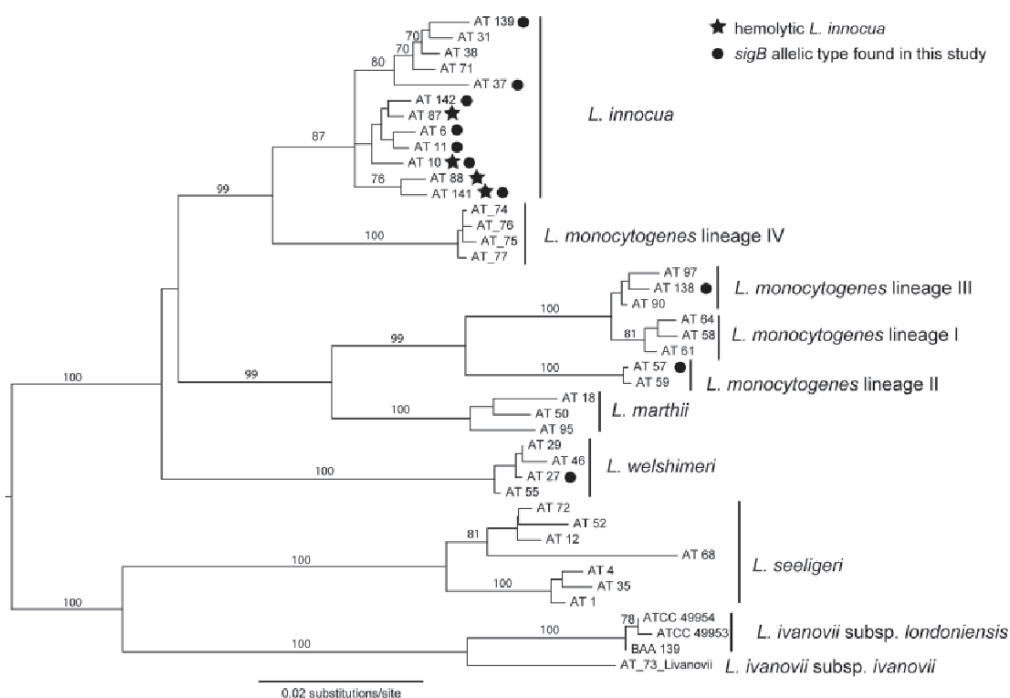


Рис. 1. Взаємопов'язане дерево з типом SigB алелів (n – 10) ілюструє філогенетичне положення ізолюваних штамів *Listeria*

Джерело: зображення згенеровано авторами

Біофільм сформований зі штамів *L. monocytogenes* і *L. innocua* детально описано в наукових працях [26, 21].

Базуючись на отриманих результатах група вчених з Університету Любляни запропонувала використання тесту NanoLuc Luciferase з штамом *L. innocua*. Nluc біоломінісцентний метод на основі визначення кількісного показника бактеріальних клітин він володіє високою чутливістю і має широкий спектр застосування (рис. 2).

Перевагою Nluc біоломінісцентного методу є здатність виявити *L. innocua* у діапазоні $1,0 \times 10^4$ CFU/mL - $5,0 \times 10^7$ CFU/mL [30].

Висновки

Метою проведеного огляду було визначення розповсюдження потенційного патогену харчових інфекцій *L. innocua* та методів його диференціації відповідно до вимог Європейського союзу. Аналіз сучасної літератури свідчить про те, що ефективний контроль всього технологічного процесу виготовлення продуктів харчування знижує ризик для інфікування людей збудниками *L. innocua* і *L. monocytogenes* шляхом попередження контамінації ними продуктів харчування. Поряд з тим, існуючі дані щодо патогенності *L. innocua* для людини потребують всебічного та ґрунтового вивчення властивостей збудника для попередження виникнення харчових інфекцій. Наразі існуючі сучасні методи виявлення *Listeria* в достатній мірі дозволяють попередити ризики пов'язані з епідемією лістеріозів людей. Також, високочутливим, щодо визначення кількісного показника бактеріальних клітин вважається біоломінісцентний метод (NanoLuc Luciferase Test) дозволяючи виявити *L. innocua* у діапазоні $1,0 \times 10^4$ CFU/mL – $5,0 \times 10^7$ CFU/mL. Окрім того NLuc має широкий спектр застосування.

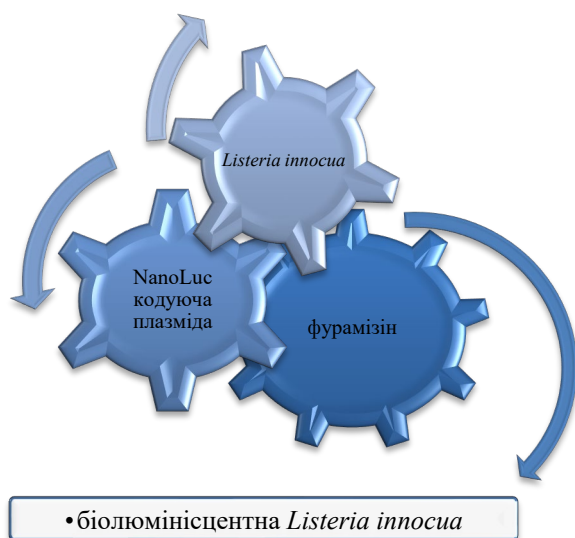


Рис. 2. Схематичне зображення біоінженерного вирішення Nluc біоломінісцентного методу

Джерело: зображення згенеровано авторами

Конфлікт інтересів

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

References

1. Yin, Y., Yao, H., Doijad, S., Kong, S., Shen, Y., Cai, X., Tan, W., Wang, Y., Feng, Y., Ling, Z., Wang, G., Hu, Y., Lian, K., Sun, X., Liu, Y., Wang, C., Jiao, K., Liu, G., Song, R., Jiao, X. (2019). A hybrid sub-lineage of *Listeria monocytogenes* comprising hypervirulent isolates. *Nature Communications*, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12072-1>
2. Volokhov, D. V., Duperrier, S., Neverov, A. A., George, J., Buchrieser, C., & Hitchins, A. D. (2007). The presence of the internalin gene in natural atypically hemolytic *Listeria innocua* strains suggests descent from *L. monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*, 73 (6), 1928–1939. <https://doi.org/10.1128/aem.01796-06>
3. Krasovskij, V. V., Vasil'ev, N. V., & Derkach, N. A. (2000). Outcomes of listeriosis 5-years study in Ukraine. *Microbiological Journal*, 3, 80–85.
4. Ukhovska, T. M., Gorbatiuk, O. I., Harkavenko, T. O., Ryzhenko, G. F., Andriyaschuk, V. A., Zhovnir, O. M., & Tiutiun, S. M. (2017). Monitoring of animal listeriosis and means of its prevention for maintain animal biosafety in Ukraine. *Veterinary Medicine*, 103, 222–226. Retrieved from: http://jvm.kharkov.ua/sbornik/103/3_50.pdf
5. Schmitz-Esser, S., Müller, A., Stessl, B., & Wagner, M. (2015). Genomes of sequence type 121 *Listeria monocytogenes* strains harbor highly conserved plasmids and prophages. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00380>
6. Schmid, M. W., Ng, E. Y. W., Lampidis, R., Emmerth, M., Walcher, M., Kreft, J., Goebel, W., Wagner, M., & Schleifer, K.-H. (2005). Evolutionary history of the genus *Listeria* and its virulence genes. *Systematic and Applied Microbiology*, 28 (1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2004.09.005>
7. Samelis, J., Giannou, E., & Lianou, A. (2009). Assuring growth inhibition of listerial contamination during processing and storage of traditional Greek graviera cheese: Compliance with the new european union regulatory criteria for *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, 72 (11), 2264–2271. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-72.11.2264>
8. Rossi, F., Giaccone, V., Colavita, G., Amadoro, C., Pomilio, F., & Catellani, P. (2022). Virulence characteristics and distribution of the pathogen *Listeria ivanovii* in the environment and in food. *Microorganisms*, 10 (8), 1679. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081679>
9. Poimenidou, S., Belessi, C. A., Giaouris, E. D., Gounadaki, A. S., Nychas, G.-J. E., & Skandamis, P. N. (2009). *Listeria monocytogenes* attachment to and detachment from stainless steel surfaces in a simulated dairy processing environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 75 (22), 7182–7188. <https://doi.org/10.1128/aem.01359-09>
10. Perrin, M., Bemer, M., & Delamare, C. (2003). Fatal Case of *Listeria innocua* bacteremia. *Journal of Clinical Microbiology*, 41 (11), 5308–5309. <https://doi.org/10.1128/jcm.41.11.5308-5309.2003>
11. Papadopoulou, O. S., Argyri, A. A., Kounani, V., Tassou, C. C., & Chorianopoulos, N. (2021). Use of fourier transform infrared spectroscopy for monitoring the shelf life and safety of yogurts supplemented with a *Lactobacillus plantarum* strain with probiotic potential. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.678356>
12. Belessi, C. I., Papanikolaou, S., Drosinos, E. H., & Skandamis, P. N. (2008). Survival and acid resistance of *Listeria innocua* in Feta cheese and yogurt, in the presence or absence of fungi. *Journal of Food Protection*, 71 (4), 742–749. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-71.4.742>
13. Orsi, R. H., & Wiedmann, M. (2016). Characteristics and distribution of *Listeria* spp., including *Listeria* species newly described since 2009. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100 (12), 5273–5287. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7552-2>
14. Moreno, L. Z., Paixão, R., Gobbi, D. D., Raimundo, D. C., Ferreira, T. P., Hofer, E., Matte, M. H., & Moreno, A. M. (2012). Characterization of atypical *Listeria innocua* isolated from swine slaughterhouses and meat markets. *Research in Microbiology*, 163 (4), 268–271. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2012.02.004>
15. Moura, A., Disson, O., Lavina, M., Thouvenot, P., Huang, L., Leclercq, A., Fredriksson-Ahomaa, M., Eshwar, A. K., Stephan, R., & Lecuit, M. (2019). Atypical hemolytic *Listeria innocua* isolates are virulent, albeit less than *Listeria monocytogenes*. *Infection and Immunity*, 87 (4). <https://doi.org/10.1128/iai.00758-18>
16. Milillo, S. R., Friedly, E. C., Saldivar, J. C., Muthaiyan, A., O'bryan, C., Crandall, P. G., Johnson, M. G., & Ricke, S. C. (2012). A Review of the ecology, genomics, and stress response of *Listeria innocua* and *Listeria monocytogenes*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52 (8), 712–725. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.507909>
17. Milillo, S. R., Stout, J. C., Hanning, I. B., Clement, A., Fortes, E. D., den Bakker, H. C., Wiedmann, M., & Ricke, S. C. (2012). *Listeria monocytogenes* and hemolytic *Listeria innocua* in poultry. *Poultry Science*, 91 (9), 2158–2163. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02292>
18. Medvid, O. O., Shcherbakova, N. S., & Peredera, S. B. (2024). The legal norms of the European Union regarding the prevention of foodborne listeriosis, consumer risk assessment, diagnostic methods, and identification of *Listeria* spp. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (114), 33–37. <https://doi.org/10.32718/nvvet1406>
19. Mazza, R., Piras, F., Ladu, D., Putzolu, M., Consolati, S. G., & Mazzette, R. (2015). Identification of *Listeria* spp. strains isolated from meat products and meat production plants by multiplex polymerase chain reaction. *Italian Journal of Food Safety*, 4, 212–215. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2015.5498>
20. Lin, C.-M., Zhang, L., Doyle, M. P., & Swaminathan, B. (2006). Comparison of media and sampling locations for isolation of *Listeria monocytogenes* in Queso Fresco Cheese. *Journal of Food Protection*, 69 (9), 2151–2156. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-69.9.2151>
21. Lee, B.-H., Cole, S., Badel-Berchoux, S., Guillier, L., Felix, B., Krezdorn, N., Hébraud, M., Bernardi, T., Sultan, I., & Piveteau, P. (2019). Biofilm formation of *Listeria monocytogenes* strains under food processing environments and pan-genome-wide association study. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02698>
22. Kagli, D.-M., Iliopoulos, V., Stergiou, V., Lazaridou, A., & Nychas, G.-J. (2009). Differential *Listeria monocytogenes* strain survival and growth in Katiki, a traditional Greek soft Cheese, at different storage temperatures. *Applied and Environmental Microbiology*, 75 (11), 3621–3626. <https://doi.org/10.1128/aem.01571-08>
23. Favaro, M., Sarmati, L., Sancesario, G., & Fontana, C. (2014). First case of *Listeria innocua* meningitis in a patient on steroids and eternecept. *JMM Case Reports*, 1 (2). <https://doi.org/10.1099/jmmcr.0.003103>
24. El-Shenawy, M., El-Shenawy, M., Mañes, J., & Soriano, J. M. (2011). *Listeria* spp. in street-vended ready-to-eat foods. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2011, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2011/968031>
25. European Food Safety Authority (EFSA), European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) (2023). *The European Union One Health 2022 Zoonoses Report*. *EFSA Journal*, 21 (12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8442>
26. Costa, A., Lourenco, A., Civera, T., & Brito, L. (2018). *Listeria innocua* and *Listeria monocytogenes* strains from dairy plants behave similarly in biofilm sanitizer testing. *LWT*, 92, 477–483. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.073>

27. Clayton, E. M., Daly, K. M., Guinane, C. M., Hill, C., Cotter, P. D., & Ross, P. R. (2014). Atypical *Listeria innocua* strains possess an intact LIPI-3. *BMC Microbiology*, 14 (1). <https://doi.org/10.1186/1471-2180-14-58>
28. Chen, J., Chen, Q., Jiang, L., Cheng, C., Bai, F., Wang, J., Mo, F., & Fang, W. (2010). Internalin profiling and multilocus sequence typing suggest four *Listeria innocua* subgroups with different evolutionary distances from *Listeria monocytogenes*. *BMC Microbiology*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-97>
29. Cao-Hoang, L., Chaine, A., Grégoire, L., & Waché, Y. (2010). Potential of nisin-incorporated sodium caseinate films to control *Listeria* in artificially contaminated cheese. *Food Microbiology*, 27 (7), 940–944. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.025>
30. Berlec, A., Janež, N., Sterniša, M., Klančnik, A., & Sabotič, J. (2022). *Listeria innocua* Biofilm assay using NanoLuc Luciferase. *BIO-PROTOCOL*, 12 (3). <https://doi.org/10.21769/bioprotoc.4308>

ORCID

N. Shcherbakova  <https://orcid.org/0000-0002-3573-7673>
 S. Peredera  <https://orcid.org/0000-0001-6363-878X>



© 2025 Shcherbakova 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.

Influence of causatives of helminthoses of the digestive tract on hematological indicators of dogs with mono- and mixed invasions

D. Kryvoruchenko ✉

Article info

Correspondence Author

D. Kryvoruchenko

E-mail:

denys.kryvoruchenko@gmail.com

State Biotechnological

University,

Alchevsky Str., 44,

Kharkiv, 61002, Ukraine

Citation: Kryvoruchenko, D. (2025). Influence of causatives of helminthoses of the digestive tract on hematological indicators of dogs with mono- and mixed invasions. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 254–259. doi: 10.31210/spi2025.28.01.40

Dogs are a source of many invasive diseases, with gastrointestinal helminthiases being particularly common, and some of them are zoonotic. Parasites negatively affect the host's body, the condition of which depends mainly on the strength of the animal's immune system. Thus, gastrointestinal helminthiases in young animals can cause severe intestinal disorders and gastroenteritis, and conversely, infestations that occur in adult dogs can occur without clinical signs due to the formation of age-related immunity. Despite the clinical picture of the disease, helminthiases in dogs causes pathophysiological changes, including inflammation, oxidative stress, changes in metabolism and functions and activities of organs and systems. The aim of the research was to investigate the specifics of the influence of helminthiases pathogens of the digestive tract on hematological parameters 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 (infected with pathogens of mono- and mixed invasions – *Trichuris vulpis*, *T. vulpis* + *Toxocara canis* and *T. vulpis* + *T. canis* + *Dipylidium caninum*). The conducted studies revealed that with the increase in the number of co-members of the mixed invasions, the severity of the negative impact of parasites on the hematological parameters of dogs increases. In the blood of dogs infected with *T. vulpis*, the number of erythrocytes significantly decreases by 10.6 %, the hemoglobin content by 10.7 %, the hematocrit by 12.9 %, the average concentration of hemoglobin in erythrocytes by 5.4 %, and the number of leukocytes slightly increases by 14.5 %. In mixed invasions of *T. vulpis* + *T. canis*, changes in the blood of infected dogs are more pronounced and are characterized by a decrease in the number of erythrocytes by 13.6 %, hemoglobin content by 15.8 %, hematocrit by 18.2 %, and the average concentration of hemoglobin in erythrocytes by 7.3 %. At the same time, the number of leukocytes increases even more by 26.5 % and the number of platelets decreases slightly by 29.2 %. In mixed invasions of *T. vulpis* + *T. canis* + *D. caninum*, the severity of changes in hematological parameters increases and is accompanied by severe anemia and leukocytosis. The obtained research results expand the existing data on individual links of pathogenesis in mono- and mixed invasions of dogs from the point of view of their hematological parameters.

Keywords: parasitology, helminthiases, digestive tract, dogs, monoinvasion, mixed invasion, blood, hematological parameters.

Вплив збудників гельмінтозів травного тракту на гематологічні показники собак за моно- та мікстинвазій

Д. О. Криворученко

Державний

біотехнологічний

університет,

м. Харків, Україна

Собаки є джерелом багатьох інвазійних захворювань, причому особливо поширеними є шлунково-кишкові гельмінтози, а деякі з них є зоонозими. Паразити негативно впливають на організм господаря, стан якого залежить, переважно, від міцності імунної системи тварини. Так, шлунково-кишкові гельмінтози у молодняку можуть викликати тяжкі кишкові розлади та гастроентерити, і навпаки, інвазії, які виникають у дорослих собак, можуть протікати без клінічних ознак внаслідок формування вікового імунітету. Незважаючи на клінічну картину захворювання, гельмінтози у собак спричиняють патофізіологічні зміни, включаючи запалення, окислювальний стрес, зміни метаболізму та функцій і діяльності органів та систем. Метою досліджень було дослідити особливості впливу збудників гельмінтозів травного тракту на гематологічні показники собак за моно- та мікстинвазій. 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 (інвазовані збудниками моно- та мікстинвазій – *Trichuris vulpis*, *T. vulpis* + *Toxocara canis* та *T. vulpis* + *T. canis* + *Dipylidium caninum*). Проведеними дослідженнями виявлено, що зі збільшенням співчленів мікстинвазій зростає тяжкість негативного впливу паразитів на гематологічні показники собак. У крові собак, інвазованих *T. vulpis*, достовірно знижується кількість еритроцитів на 10,6 %, вміст гемоглобіну на 10,7 %, гематокриту на 12,9 %, середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 5,4 %, а також незначно зростає кількість лейкоцитів на 14,5 %. За мікстинвазії *T. vulpis* + *T. canis* зміни у крові інвазованих собак є більш вираженими і характеризуються зниженням кількості еритроцитів на 13,6 %, вмісту гемоглобіну на 15,8 %, гематокриту на 18,2 %, середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 7,3 %. Одночасно ще більше зростає кількість лейкоцитів на 26,5 % та незначно знижується кількість тромбоцитів на 29,2 %. За мікстинвазії *T. vulpis* + *T. canis* + *D. caninum* тяжкість змін у гематологічних показниках наростає і супроводжується вираженою анемією та лейкоцитозом. Отримані результати досліджень розширюють вже існуючі дані щодо окремих ланок патогенезу за моно- та мікстинвазій собак з боку їх гематологічних показників.

Ключові слова: паразитологія, гельмінтози, травний тракт, собаки, моноінвазія, мікстинвазія, кров, гематологічні показники.

Бібліографічний опис для цитування: Криворученко Д. О. Вплив збудників гельмінтозів травного тракту на гематологічні показники собак за моно- та мікстинвазій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 254–259.

Вступ

Ендопаразити є одними з найпоширеніших збудників захворювань шлунково-кишкового тракту в собак [1–4]. Науковці більшості країн світу, в тому числі й в Україні, зазначають, що гельмінти видів *Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*, *Trichuris vulpis*, стронгіліди родів *Uncinaria*, *Ancylostoma*, а також цестоди видів *Dipylidium caninum*, *Taenia* sp. є найбільш розповсюдженими, внаслідок високої стійкості їх екзогенних стадій розвитку до несприятливих факторів довкілля [5–10]. Причому, є повідомлення, де дослідники зазначають про асоціативний перебіг шлунково-кишкових інвазій в собак. Зокрема, в Індії паразитування шлунково-кишкових збудників інвазій виявлено у 86,5 % обстежених собак. Найчастіше виявляли *Ancylostoma caninum* (58,7 %), *Trichuris vulpis* (51,9 %), *Taenia* sp. (31,7%). Рідше діагностували *Toxocara canis* (18,3 %), *Dipylidium caninum* (16,3 %) та *Toxascaris leonina* (8,7 %). Моноспецифічні інвазії були виявлені у 22,1 % собак, тоді як одночасне зараження двома або більше видами гельмінтів було виявлено у 64,4 % собак. Найчастіше реєстрували асоціації паразитів двох видів (39,4 %), з яких найчастіше діагностували анкілостомозно-трихурозну асоціацію (32,7 %) [11]. У Мексиці собаки були інвазовані збудниками *A. caninum*, *T. vulpis*, *T. canis*, *D. caninum* з показником екстенсивності інвазії на рівні 80 %. Причому, змішану інвазію, викликану двома або трьома паразитами виявляли у 21,3 і 3,1 % собак відповідно [12].

Відомо, що наслідки таких паразитарних інвазій можуть бути різними від субклінічних до тяжких, що іноді призводять до загибелі тварин. Гельмінти можуть спричинити затримку росту й розвитку тварин, розлади органів шлунково-кишкового тракту, розвиток імунodefіциту та низьку стійкість до інших супутніх захворювань. Наявність паразитів в організмі тварин викликає місцеві та загальні зміни в різних органах, в яких вони паразитують або проходять транзитом протягом свого життєвого циклу, що призводить до певних змін в гематологічних показниках інвазованих тварин [13–16].

Зокрема за паразитування *T. canis* в крові інвазованих собак дослідники спостерігали значне зниження ($P<0,01$) кількості еритроцитів, вмісту гемоглобіну та рівня гематокриту, а також значне збільшення ($P<0,05$) кількості лейкоцитів. З боку лейкоформули виявлено зростання ($P<0,05$) кількості еозинофілів [17].

Інші автори за експериментального зараження щенят збудником токсокарозу в їх крові за високих показників інтенсивності інвазії виявляли зниження кількості еритроцитів, в основному викликане внутрішніми кровотечами, внаслідок міграції личинок через печінку та перфорацію кишечника. У щенят з помірною інтенсивністю зараження токсокарами спостерігалось помірне зниження

кількості еритроцитів, починаючи з 5-го тижня життя, що було значно менше порівняно з аналогічними у неінвазованих тварин. Водночас, у дорослих собак після зараження личинками *T. canis* не спостерігалось змін у кількості еритроцитів. Також, була виявлена еозинофілія, характерна для токсокарозу в собак, починаючи з 7 дня після інвазування, яка досягала максимальних значень протягом 14 днів [18, 19].

Мета дослідження

Метою досліджень було дослідити особливості впливу збудників гельмінтозів травного тракту на гематологічні показники собак за моно- та мікстінвазій.

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 (інвазовані збудниками моно- та мікстінвазій – *Trichuris vulpis*, *T. vulpis* + *Toxocara canis* та *T. vulpis* + *T. canis* + *Dipylidium caninum*) по 7 голів у кожній.

Визначення гематологічних показників проводили за загальноприйнятими методами [25]. Кількість еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів, вміст гемоглобіну, величину гематокриту та середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті визначали за допомогою автоматичного аналізатора «BC-30s» (Виробник Mindray, Китай).

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 виявлено, що зі збільшенням співчленів мікстінвазій зростає тяжкість негативного впливу паразитів на гематологічні показники інвазованих собак. Зокрема, за трихурозної моноінвазії в крові дослідних собак виявлено зниження кількості еритроцитів на 10,6 % ($5,9\pm0,4$ Т/л, $P<0,05$) (рис. 1), вмісту гемоглобіну на 10,7 % ($131,7\pm13,4$ г/л, $P<0,05$) (рис. 2), гематокриту на 12,9 % ($40,6\pm3,0$ %, $P<0,05$) (рис. 3), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 5,4 % ($312,9\pm12,7$ г/л, $P<0,05$) (рис. 4), а також незначно зростає кількість лейкоцитів на 14,5 % ($9,5\pm1,2$ Г/л, $P<0,05$) (рис. 5). Водночас, кількість тромбоцитів у крові дослідних собак достовірно не відрізнялася від аналогічних показників собак контрольної групи (рис. 6).

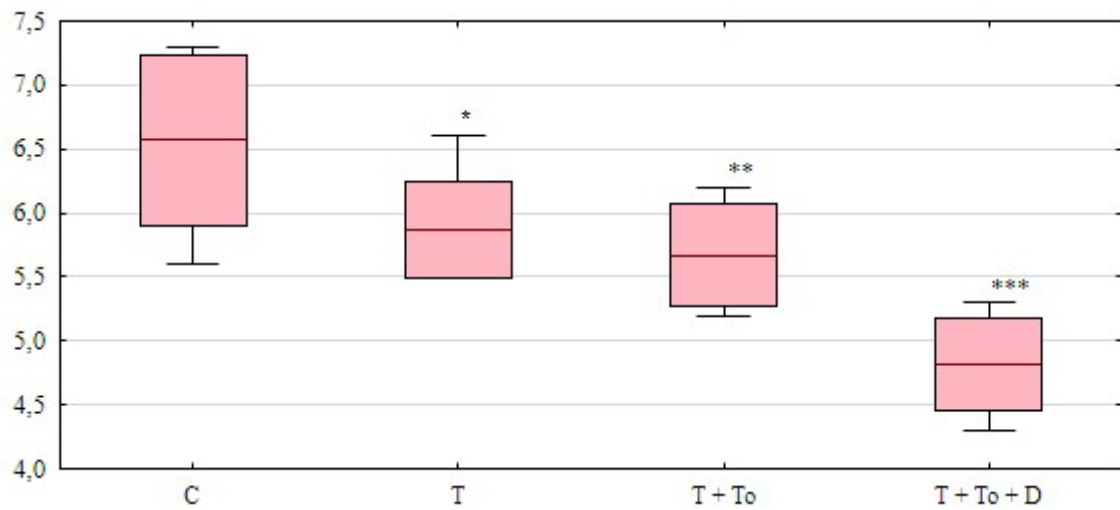


Рис. 1. Показники кількості еритроцитів (Т/л) в крові собак:
 С – клінічно здорові; Т – інвазовані *T. vulpis*; Т+То – інвазовані *T. vulpis* + *T. canis*;
 Т+То+D – інвазовані *T. vulpis* + *T. canis* + *D. caninum*
 * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$ – відносно показників у клінічно здорових тварин

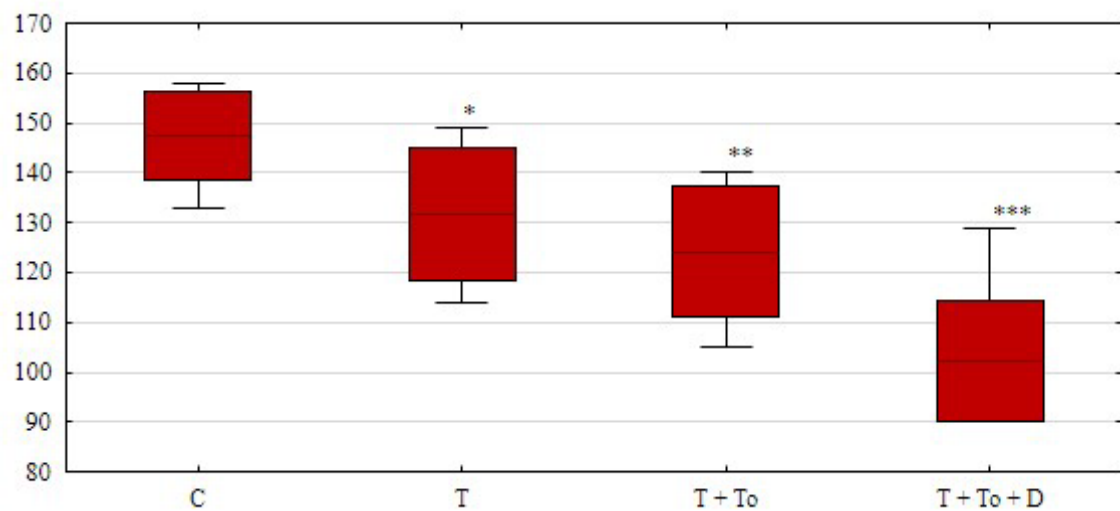


Рис. 2. Показники вмісту гемоглобіну (г/л) в крові собак:
 Позначення – див. [рис. 1](#)

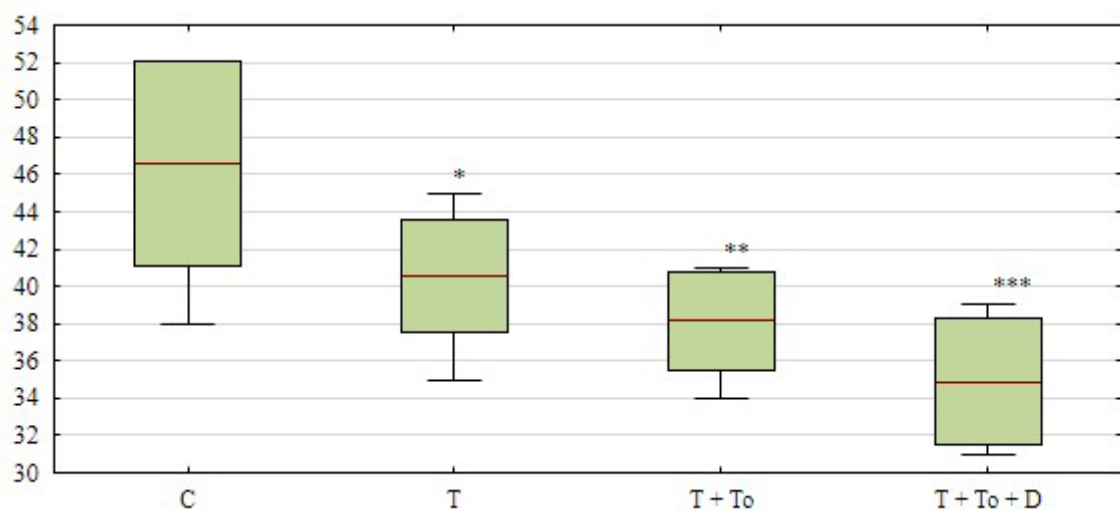


Рис. 3. Показники гематокриту (%) в крові собак:
 Позначення – див. [рис. 1](#)

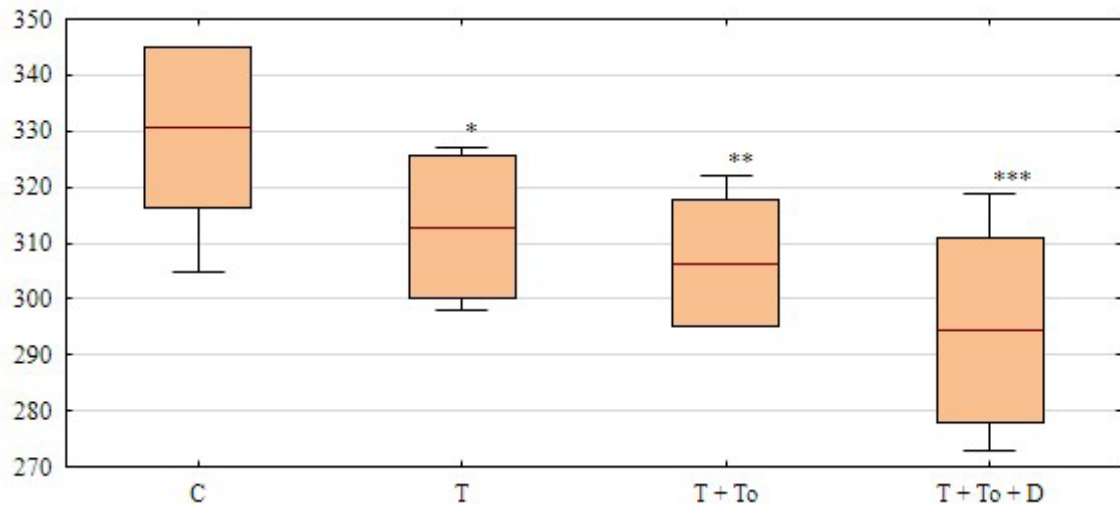


Рис. 4. Показники середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті (г/л) в крові собак: див. рис. 1
Позначення – див. *рис. 1*

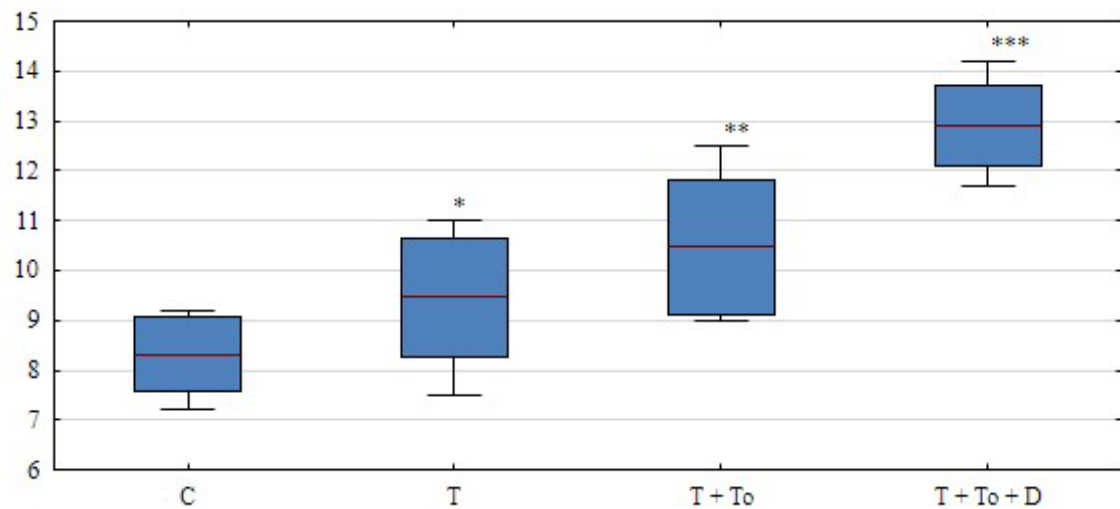


Рис. 5. Показники кількості лейкоцитів (Г/л) в крові собак: див. рис. 1
Позначення – див. *рис. 1*

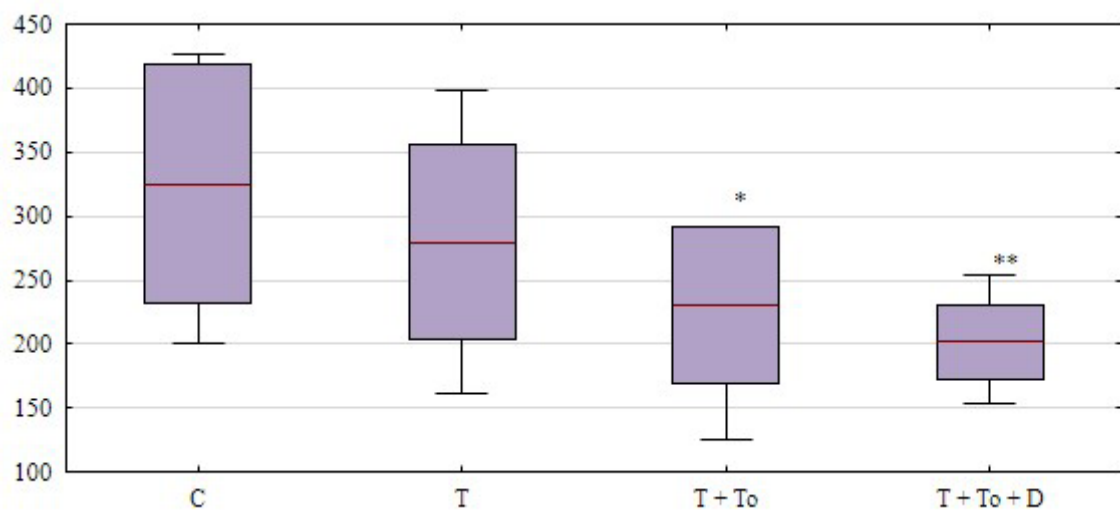


Рис. 6. Показники кількості тромбоцитів (Г/л) в крові собак: див. рис. 1
Позначення – див. *рис. 1*

За трихурозно-токсокарозної мікстінвазії зміни в крові інвазованих собак є більш вираженими і характеризуються зниження кількості еритроцитів на

13,6 % ($5,7 \pm 0,4$ Т/л, $P < 0,01$) (*рис. 1*), вмісту гемоглобіну на 15,8 % ($124,1 \pm 13,2$ г/л, $P < 0,01$) (*рис. 2*), гематокриту на 18,2 % ($38,1 \pm 2,7$ %, $P < 0,01$)

(рис. 3), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 7,3 % ($306,4 \pm 11,2$ г/л, $P < 0,01$) (рис. 4). Одночасно ще більше зростає кількість лейкоцитів на 26,5 % ($10,5 \pm 1,4$ Г/л, $P < 0,01$) (рис. 5) та виявлено незначне зниження кількості тромбоцитів на 29,2 % ($230,4 \pm 61,5$ Т/л, $P < 0,05$) (рис. 6).

За трихурозно-токсокарозо-дипілідіозної мікстинвазії тяжкість змін у гематологічних показниках дослідних собак наростає і супроводжується зниженням кількості еритроцитів на 27,3 % ($4,8 \pm 0,4$ Т/л, $P < 0,001$) (рис. 1), тромбоцитів на 38,1 % ($201,4 \pm 29,5$ Т/л, $P < 0,01$) (рис. 6), вмісту гемоглобіну на 30,6 % ($102,3 \pm 12,1$ г/л, $P < 0,001$) (рис. 2), гематокриту на 25,1 % ($34,9 \pm 3,4$ %, $P < 0,001$) (рис. 3), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 10,9 % ($294,4 \pm 16,4$ г/л, $P < 0,01$) (рис. 4). Разом з тим, кількість лейкоцитів у крові собак дослідної групи порівняно з показником у собак контрольної групи зростає на 67,5 % ($13,9 \pm 0,8$ Г/л, $P < 0,001$) (рис. 5).

Наукова література повідомляє, що у патогенезі шлунково-кишкових гельмінтозів важлива роль відводиться механічним ушкодженням в період міграції та локалізації паразитів, розвитку алергічних реакцій і порушень діяльності травного тракту [15, 16, 21]. Однак, досі не повному обсязі з'ясовані механізми прояву моно- та мікстинвазій з боку гематологічних та біохімічних змін у собак. Тому, метою наших досліджень було дослідити особливості впливу збудників гельмінтозів травного тракту на гематологічні показники собак за моно- та мікстинвазій.

Проведеними дослідженнями виявлено, що зі збільшенням співчленів мікстинвазій зростає тяжкість негативного впливу паразитів на організм інвазованих собак з боку їх гематологічних показників. У крові собак інвазованих *T. vulpis* достовірно ($P < 0,05$) знижується кількість еритроцитів (на 10,6 %), вміст гемоглобіну (на 10,7 %), гематокриту (на 12,9 %), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті (на 5,4 %), а також незначно зростає кількість лейкоцитів (на 14,5 %). За мікстинвазії *T. vulpis* + *T. canis* зміни в крові інвазованих собак є більш вираженими і характеризуються ($P < 0,01$) зниженням кількості еритроцитів (на 13,6 %), вмісту гемоглобіну (на 15,8 %), гематокриту (на 18,2 %), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті (на 7,3 %). Одночасно ще більше зростає кількість лейкоцитів (на 26,5 %) та незначно знижується кількість тромбоцитів (на 29,2 %, $P < 0,05$). За мікстинвазії *T. vulpis* + *T. canis* + *D. caninum* тяжкість змін у гематологічних показниках наростає і супроводжується зниженням кількості еритроцитів (на 27,3 %, $P < 0,001$), тромбоцитів (на 38,1 %, $P < 0,01$), вмісту гемоглобіну (на 30,6 %, $P < 0,001$), гематокриту (на 25,1 %, $P < 0,001$), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті (на 10,9 %, $P < 0,01$), а також зростанням кількості лейкоцитів (на 67,5 %, $P < 0,001$).

В літературі є повідомлення, які свідчать про зміни з боку гематологічних показників у собак за моноінвазії. Зокрема, за токсокарозу в крові інвазованих собак дослідники спостерігали значне зниження ($P < 0,01$) кількості еритроцитів, вмісту

гемоглобіну та рівня гематокриту, а також значне збільшення ($P < 0,05$) кількості лейкоцитів [17–19].

Отримані результати досліджень розширюють вже існуючі дані щодо окремих ланок патогенезу за моно- та мікстинвазій собак з боку їх гематологічних показників.

Висновки

Виявлено, що зі збільшенням співчленів мікстинвазій зростає тяжкість негативного впливу паразитів на гематологічні показники собак. За трихурозної моноінвазії в крові дослідних собак виявлено зниження кількості еритроцитів на 10,6 % ($P < 0,05$), вмісту гемоглобіну на 10,7 % ($P < 0,05$), гематокриту на 12,9 % ($P < 0,05$), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 5,4 % ($P < 0,05$) та лейкоцитоз на 14,5 % ($P < 0,05$). За трихурозно-токсокарозо-дипілідіозної мікстинвазії зміни в крові інвазованих собак супроводжувалися зниженням кількості еритроцитів на 13,6 % ($P < 0,01$), тромбоцитів на 29,2 % ($P < 0,05$), вмісту гемоглобіну на 15,8 % ($P < 0,01$), гематокриту на 18,2 % ($P < 0,01$), середньої концентрації гемоглобіну в еритроциті на 7,3 % ($P < 0,01$) та лейкоцитозом на 26,5 % ($P < 0,01$). За трихурозно-токсокарозо-дипілідіозної мікстинвазії зміни у гематологічних показниках інвазованих собак супроводжуються вираженою анемією та лейкоцитозом ($P < 0,01 \dots P < 0,001$).

Конфлікт інтересів

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

References

1. Barutzki, D., & Schaper, R. (2003). Endoparasites in dogs and cats in Germany 1999–2002. *Parasitology Research*, 90, S148–S150. <https://doi.org/10.1007/s00436-003-0922-6>
2. Martínez-Carrasco, C., Berriatua, E., Garijo, M., Martínez, J., Alonso, F. D., & Ruiz de Ybáñez, R. (2007). Epidemiological study of non-systemic parasitism in dogs in Southeast Mediterranean Spain assessed by coprological and post-mortem examination. *Zoonoses and Public Health*, 54 (5), 195–203. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2007.01047.x>
3. Becker, A.-C., Rohen, M., Epe, C., & Schnieder, T. (2012). Prevalence of endoparasites in stray and fostered dogs and cats in Northern Germany. *Parasitology Research*, 111 (2), 849–857. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-2909-7>
4. Ilić, T., Nišavić, U., Gajić, B., Nenadović, K., Ristić, M., Stanojević, D., & Dimitrijević, S. (2021). Prevalence of intestinal parasites in dogs from public shelters in Serbia. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 76, 101653. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2021.101653>
5. Mehedi, B. H., Nahar, A., Rahman, A. A., & Ehsan, M. A. (2020). Prevalence of gastro-intestinal parasitic infections and efficacy of antiparasitics against these infections in dogs in Mymensingh Sadar. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 7 (3), 411–419. <https://doi.org/10.3329/ralf.v7i3.51360>
6. Getahun, Z., & Addis, M. (2012). Prevalence of gastrointestinal helminthes among dogs in Bahir Dar Town, Ethiopia. *World Applied Sciences Journal*, 19 (5), 595–601.
7. Ilić, T., Kulišić, Z., Antić, N., Radisavljević, K., & Dimitrijević, S. (2016). Prevalence of zoonotic intestinal helminths in pet dogs and cats in the Belgrade area. *Journal of Applied Animal Research*, 45 (1), 204–208. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1141779>
8. Katagiri, S., & Oliveira-Sequeira, T. C. G. (2008). Prevalence of dog intestinal parasites and risk perception of zoonotic infection by dog owners in São Paulo State, Brazil. *Zoonoses and Public Health*, 55 (8–10), 406–413. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2008.01163.x>

9. Yevstafieva, V., & Dolhin, O. (2022). Viability of exogenous stages of development of the causative agent of trichuriasis of dogs under the influence of temperature. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24 (107), 58–63. <https://doi.org/10.32718/nvvet10710>
10. Yevstafieva, V. O., & Golofayev, B. Y. (2019). Peculiarities of dog toxascaris spreading in the town of Poltava. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 181–186. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.24>
11. Kazacos, K. R. (1978). Gastrointestinal helminths in dogs from a humane shelter in Indiana. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 173 (8), 995–997. <https://doi.org/10.2460/javma.1978.173.08.995>
12. Rodríguez-Vivas, R., Gutiérrez-Ruiz, E., Bolio-González, M. E., Ruiz-Piña, H., Ortega-Pacheco, A., Reyes-Novelo, E., Manrique-Saide, P., Aranda-Cirerol, F., & Lugo-Perez, J. A. (2011). An epidemiological study of intestinal parasites of dogs from Yucatan, Mexico, and their risk to public health. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 11 (8), 1141–1144. <https://doi.org/10.1089/vbz.2010.0232>
13. Qadir, S., Dixit, A. K., Dixit, P., & Sharma, R. L. (2010). Intestinal helminths induce haematological changes in dogs from Jabalpur, India. *Journal of Helminthology*, 85 (4), 401–403. <https://doi.org/10.1017/s0022149x10000726>
14. Melnychuk, V., & Nikitan, A. (2024). The impact of dipylidiasis infestation on hematological parameters of sick dogs. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (116), 206–211. <https://doi.org/10.32718/nvvet11630>
15. Campos, D. R., Perin, L. R., Camatta, N. C., Oliveira, L. C., Siqueira, D. F. de, Aptekmann, K. P., & Martins, I. V. F. (2017). Canine hookworm: correlation between hematological disorders and serum proteins with coproparasitological results. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 39 (3), 147–151. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm019117>
16. el-Naggar, H. M. (1994). Haematological changes in dogs infected with *Ancylostoma duodenale*. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 24 (1), 69–75.
17. Abdelkareem, M., Abdel-Raheem, A.-R. A., & Mohamed, A. E. A. (2022). Hemato-Biochemical changes in dogs infected with *Toxocara canis* in Hurghada and Luxor governorate. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*, 5 (1), 56–67. <https://doi.org/10.21608/svu.2022.90894.1143>
18. Vossman, T., & Stoye, M. (1986). Klinische, hämatologische und serologische Befunde bei Welpen nach pränataler Infektion mit *Toxocara canis* Werner 1782 (Anisakidae). *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 33 (1–10), 574–585. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.1986.tb00072.x>
19. Ilie, M. S., Oanea, R. G., Imre, M., Luca, I., Florea, T., Giubega, S., Orghici, G., & Morariu, S. (2021). Epidemiological aspects, haematological and biochemical alterations in some gastrointestinal parasitic diseases of carnivores. *Cluj Veterinary Journal*, 26 (2), 9–16. <https://doi.org/10.52331/cvj.v26i2.25>
20. Vlizlo, V. V. (Red.). (2012). *Laboratorni metody doslidzen u biolohii, tvarynyystvi ta veterynarnii medytsyni: Dovidnyk*. Spolom, Lviv [in Ukrainian]
21. Vanhooren, M., Stoeft, A., Van Den Broucke, S., Van Esbroeck, M., Demuyser, T., & Kindt, S. (2023). Intestinal helminthic infections: a narrative review to guide the hepatogastroenterologist. *Acta Gastro Enterologica Belgica*, 86 (3), 460–473. <https://doi.org/10.51821/86.3.11895>

ORCID

D. Kryvoruchenko 

<https://orcid.org/0000-0002-2044-8019>



2025 Kryvoruchenko 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.

The effect of some materials such as NaCl and acetic acid on bacterial growth

M. A. K. Hameed¹ | H. T. Mahdi¹ | A. D. Salman² | A. H. Alsafah¹ | A. A. Fadhal³

Article info

Correspondence Author

H. T. Mahdi

E-mail:

hayder.t@uokerbala.edu.iq

¹College of Veterinary

Medicine, University

of Kerbala,

56001, Karbala, Iraq

²College of medicine,

University of Al-Ameed,

56001, Karbala, Iraq

³Veterinary Teaching

Hospital in Karbala

Governorate, Iraqi Ministry of

Agriculture,

56001, Karbala, Iraq

Citation: Hameed, M. A. K., Mahdi, H. T., Salman, A. D., Alsafah, A. H., & Fadhal, A. A. (2025). The effect of some materials such as NaCl and acetic acid on bacterial growth. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 260–265. doi: 10.31210/spi2025.28.01.41

This observe investigates the anti-bacterial effectiveness in response to salt and acid conditions by exploring both action measures and their impact on bacterial survivability. The osmotic stress created by salt-containing solutions, as well as sodium chloride (NaCl) solutions outside bacterial cells, leads to dehydration of cells through hypertonic environments. External water movement from cells leads to mobile dehydration and plasmolysis and disrupts essential bacterial activities including nutrient transport and enzyme interest as well as DNA replication. Acidic solutions work to decrease outside pH which results in acidifying the bacterial cytoplasm. Healthy bacterial cells experience disruption of membrane pressure through proton loss which triggers damage to metabolic processes before leading to deadly cellular destruction. The research implements microbiological methods including purification steps combined with Gram staining and traditional plate counts to detect bacterial populations before studying salt solution and acid solution inhibitory effects on bacterial growth. Gram staining helps determine whether microorganisms belong to the Gram-high quality or Gram-negative bacterial category which lets researchers comprehend better how different species react to these medications. The standard plate rely method measures bacterial cells before salt and acid treatments to determine how these solutions perform against bacterial growth. Also, the study investigates the persistent effects of salt-acid mixtures, as well as concentration on results, duration of exposure and the influence of bacterial types. Conclusion applies in additional research into the acid and salt solutions antimicrobial system, with probable application in the design of food preservation, disinfection in the medical field and developing antibacterial strategies. This research emphasizes the position of environmental factors in the life cycle of bacteria and points towards the practical way to avoid bacterial growth in different surroundings.

Keywords: Bacterial infection, antimicrobial, zone of inhibition, Gram staining, Salt and Acid Solution.

Вплив NaCl та оцтової кислоти на ріст бактерій

М. А. К. Хамед¹ | Х. Т. Махді¹ | А. Д. Салман² | А. Х. Альсафах¹ | А. А. Фадхал³

¹Коледж ветеринарної

медицини, Університет

Кербела,

Кербела, Ірак

²Медичний коледж,

Університет Аль-Амед,

Кербела, Ірак

³Ветеринарна навчальна

лікарня в провінції Кербела,

Міністерство сільського

господарства Іраку,

Кербела, Ірак

Метою проведеного дослідження було встановлення антибактеріальних і ріст-інгібуючих властивостей гіпертонічного розчину NaCl та розчину оцтової кислоти. Проведеними дослідженнями встановлено, що осмотичний стрес, що створює гіпертонічний розчин (NaCl) на бактеріальні клітини призводить до їх дегідратації. Визначено, що виведення рідини за рахунок дії гіпертонічного розчину NaCl викликає їх плазмоліз, погіршення транспортної функції клітинних мембран і вироблення ферментів такими клітинами, а також порушення реплікації ДНК. Натомість, застосування розчинів кислот, зокрема оцтової кислоти, призводить до зниження рН, як наслідок чого відбувається підвищення рівня кислотності в цитоплазмі таких бактеріальних клітин. В оброблених таким чином культурах бактеріальних клітин спостерігається порушення мембранного тиску та втрата частини протонів. Вищенаведене викликає порушення метаболічних процесів у клітинах та призводить до їх дегенеративних змін та загибелі. У роботі розглянуто послідовність виконання методики мікробіологічних досліджень, що включає етап очищення та фарбування мікроорганізмів за Грамом та етап традиційного їх підрахунку у чашках Петрі для кількісного визначення популяцій мікроорганізмів перед початком вивчення ріст-інгібуючих властивостей гіпертонічного розчину NaCl та оцтової кислоти. Виконання фарбування мікроорганізмів за Грамом дозволяє визначити вплив використаних у досліді сольового розчину та оцтової кислоти на грам-позитивні та грам-негативні бактерії. Отримані результати проведених досліджень дозволяють впроваджувати використання ріст-інгібуючих та антимікробних властивостей кислотних і сольових розчинів у харчовій промисловості (під час консервування харчових продуктів), у медицині (для проведення дезінфекцій) та розробці антибактеріальних препаратів. Таким чином, проведене дослідження додатково розкриває роль факторів довкілля в життєвому циклі бактерій та акцентує увагу на можливі способи практичного застосування ріст-інгібуючих властивостей розчинів солей та кислот.

Ключові слова: бактеріальна інфекція, антимікробний препарат, зона інгібування, фарбування за Грамом, розчин солі та кислоти.

Бібліографічний опис для цитування: Хамед М. А. К., Махді Х. Т., Салман А. Д., Альсафах А. Х., Фадхал А. А. Вплив NaCl та оцтової кислоти на ріст бактерій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 260–265.

Introduction

Bacterial infections endanger public fitness, meals safety, and industrial operations, highlighting the want for effective antimicrobial techniques [1]. Traditional techniques of regulating bacterial boom, including the use of antibiotics, had been challenged via the advent of antibiotic-resistant strains. As a result, there may be a rising hobby in opportunity antimicrobial dealers, consisting of natural materials like salt and acids, that have been used for a while as preservatives and antibacterials [2].

Salt (sodium chloride) and acidic solutions are widely recognized for their ability to inhibit bacterial growth through distinct yet complementary mechanisms [3]. Salt exerts its antibacterial effects primarily by inducing osmotic stress. In hypertonic environments, water is drawn out of bacterial cells, leading to cellular dehydration, shrinkage, and disruption of essential metabolic processes. Additionally, salt can destabilize bacterial membranes, particularly in Gram-negative bacteria, where the lipopolysaccharide layer is vulnerable to osmotic stress. While Gram-positive bacteria possess a thicker peptidoglycan layer that offers some protection, prolonged exposure to high salt concentrations can eventually overcome this defense, leading to cell death or growth inhibition [4, 5].

Acidic solutions, on the other hand, suppress bacterial growth by lowering the pH of the environment, creating conditions that are unfavorable for bacterial survival. Most bacteria thrive in neutral or slightly alkaline pH ranges (6.5–7.5), and exposure to acidic conditions disrupts their metabolic processes. A key mechanism involves the influx of protons (H^+) into bacterial cells, leading to cytoplasmic acidification. This disrupts enzymatic activity, damages cellular proteins and DNA, and impairs the bacteria's ability to maintain homeostasis. Organic acids, such as citric acid and acetic acid, enhance these effects by penetrating bacterial membranes in their undissociated form and releasing protons intracellularly, further exacerbating cellular damage [6, 7].

Despite the widespread use of salt and acids as antimicrobial agents, their mechanisms of action against different bacterial species and their effect are necessary.

The aim of the study

The purpose of this study is to evaluate the bactericidal effects of salt and acid solutions properly on the development of bacteria, focusing on their impact on individual bacterial layers and colonies developed on fixed surfaces.

By clarifying the underlying mechanism and determining their antibacterial effect, this research tries to contribute to the development of effective, non-antibiotic-based strategies to control bacterial infections and preserve food products.

The findings from this study have extensive implications for public health, food security, and industrial applications. For example, salt and acid solutions can be used as a natural protector in the food industry, which reduces the dependence on synthetic

additives.

In addition, understanding their mechanisms of action can report the design of new antimicrobial agents targeting bacterial resistance mechanisms. This research also aligns with global efforts to combat antibiotic resistance by detecting an alternative approach to bacterial control.

Materials and methods

For every material used in the study, such as NaCl and acetic acid, the same procedural steps were followed. These steps included culturing, staining, purification, and counting. By maintaining consistency across all materials, the study ensures comparability and reproducibility in the experimental outcomes.

Each of these steps plays a critical role in the methodology. Culturing establishes the baseline conditions for the experiment, while staining helps in visualizing and analyzing the samples. Purification ensures that the materials are free from contaminants, and counting provides quantitative data essential for evaluating the results. Together, these steps form a comprehensive approach to achieving the study's objectives.

Results and discussion

1. Bacterial Strain:

A representative bacterium was used for this study used a pure culture of stress. Stress was selected based on its relevance to ordinary bacterial infections and its sensitivity to the sky and its sensitivity to the sky [8].

- **Purification:** Bacterial tests were cleaned if the plates were cleaned using the stricting method. This technique secured separation of single, viable colonies free of pollution. The purity of culture was confirmed through the village of blur, which also provided information on the Gram classification (gram-positive or gram-negative) of bacteria (*Figure 1, Figure 2*).



Figure 1. The purification streaking method on nutrient agar

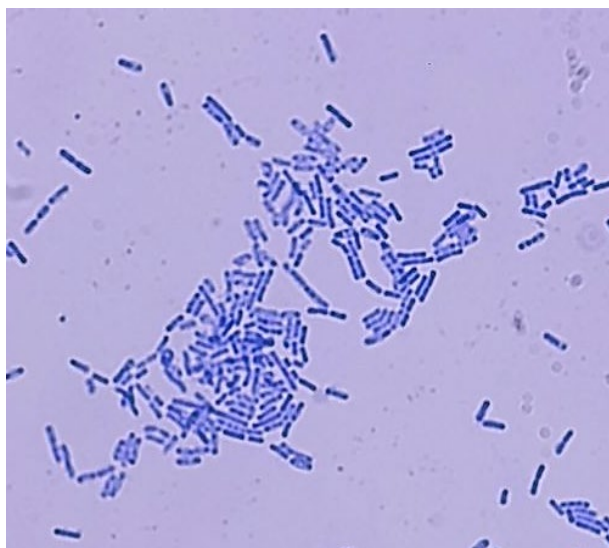


Figure 2. Showed the bacterial population by Gram stain

- **Culture Preparation:** A single colony was inoculated in a sterile nutritional broth and incubated at 37°C for 24 hours to achieve a high density bacterial culture for further use.

2. Standard Plate Count Technique

To determine the bacterial population density and evaluate how well salt and acid solutions inhibited bacterial growth, the conventional plate count approach was utilized. The steps were as follows:

- **Serial Dilution:** ten pipes, each included in 9 ml of phosphate buffer saline (PBS), were made. 1 ml of bacterial broth was added and well mixed into the first tube (pipe 1). Then the pipe was 1 to 1 ml transferred to pipe 2, and this process was repeatedly repeated to the pipe 10. Due to the weakening of this series, the concentration of bacteria in the pipes led to a logical deficiency.

- **Plating:** From Tube 8, 1 mL of the diluted sample was plated onto nutrient agar plates. The plates were then incubated at 37°C for 24 hours to allow bacterial colonies to grow.

- **Colony Counting:** After incubation, the number of visible colonies on the plate was counted. The bacterial population density was calculated using the formula:

$$\text{Number of bacteria/ml} = \text{Number of colonies on the plate} \times \text{Reciprocal of the dilution factor.}$$

In this technique we used 10 tubes and put 9 ml from pbs and add 1 ml from bacterial broth to tube No 1 and after that give 1 ml from tube No 1 and add to tube No 2 and continue to all tubes and finally we should discarded 1ml and give 1ml from tube No 8 and culturing on nutrient agar after 24 h, 37 c incubation make slide from each tube to see the number of diluted bacterial population and the The result showed that tube No. 8 contains 64*10⁹ bacteria/ml, as appears in **Figure 3a, b**.



a



b

Figure 3. Showed the serial dilutions (a) and No 8 dilution on nutrient agar (b)

3. Salt Solution Treatment

- **Preparation of Salt Solutions:** Salt solutions with concentrations of 1 % and 0.5 % (w/v) were prepared by dissolving sodium chloride (NaCl) in distilled water [9].

The antibacterial efficacy of the salt solutions was evaluated using the zone of inhibition method. A 1 mL aliquot of the bacterial broth was mixed with 1 % and 0.5 % salt solutions and incubated at 37°C for 24 hours. After incubation, serial dilutions were performed, and the samples were plated onto nutrient agar. The plates were incubated, and the number of colonies was counted to determine the reduction in bacterial density.

The 1 % salt solution demonstrated significant antibacterial activity (**Figure 4**), with fewer than 20 colonies were observed on the nutrient agar plate (**Figure 5**), which indicated a substantial reduction in bacterial viability due to osmotic stress and membrane disruption.

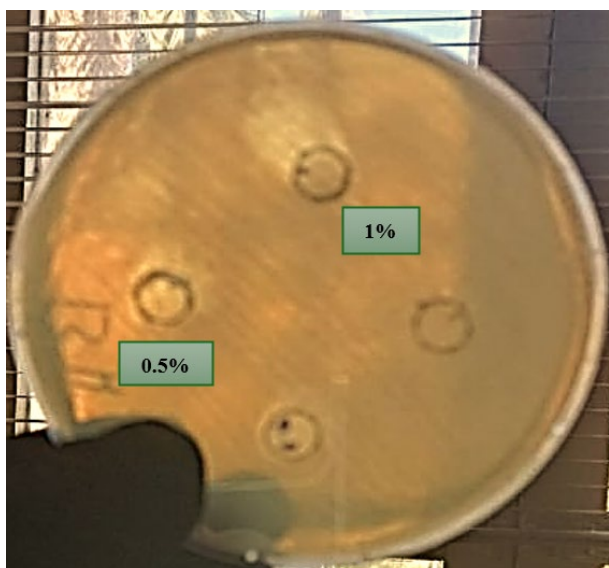


Figure 4. Showed the plate after put salt solution 1 % and 0.5 % in wells on nutrient agar in 37 c and 24 h.



Figure 5. Bacterial colony from No. 8 dilution tube

4. Acid Solution Treatment

- **Preparation of Acid Solutions:** Acidic solutions were prepared by adjusting the pH of distilled water to values below 6.5 using organic acids such as acetic acid. The bacterial broth was exposed to the acidic solutions, and the pH was monitored to ensure consistency. The samples were incubated at 37°C for 24 hours. The acidic environment caused an influx of protons (H^+) into the bacterial cells, leading to cytoplasmic acidification. This disrupted enzymatic activity, damaged cellular proteins and DNA, and impaired the bacteria's ability to maintain homeostasis. Organic acids further enhanced these effects by penetrating the bacterial membrane in their undissociated form and releasing protons intracellularly [10].

The same technical procedures were employed to evaluate the effect of vinegar as an acidic solution (5 % and 2.5 %) on bacterial growth, as illustrated in [Figure 6](#). When a swab was taken from the zone of inhibition of

acetic acid at a 5 % concentration of vinegar solution and subjected to serial dilution, the results indicated that the number of bacterial colonies in the No. 8 dilution tube was fewer than 5. This suggests that bacterial growth was completely inhibited, with no visible colonies observed on the nutrient agar, as depicted in [Figure 7](#) [11, 12].

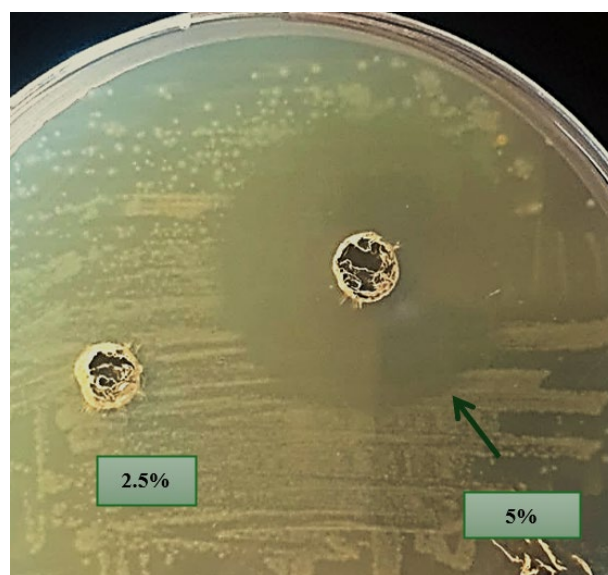


Figure 6. The result after put vinegar solution 5% and 2.5% in wells on nutrient agar in 37c and 24h.

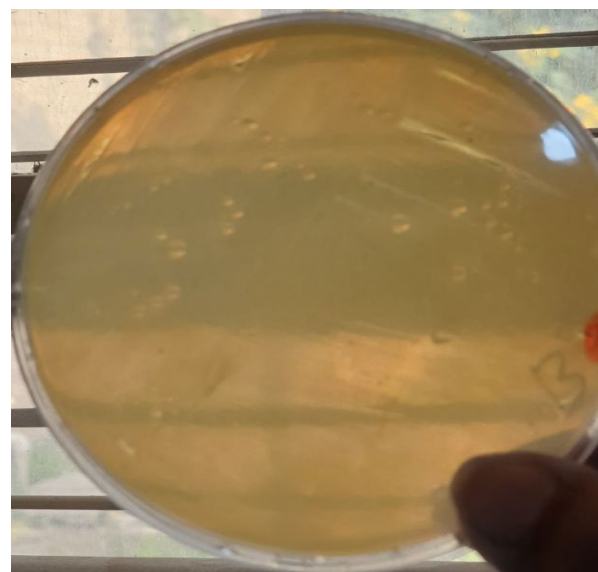


Figure 7. Showed the result of culturing from the No. 8 dilution tube

The findings above confirm that pH significantly impacts the structural integrity of macromolecules that constitute bacterial cells, including lipids, nucleic acids, proteins, and membrane potentials [13]. The acidic environment induces hydrolysis of lipids, triggering chemical reactions that disrupt the cell membrane [14]. In addition, the condition leads to low pH to hydrolysis of RNA and DNA, fractures phosphodiester bonds between separate bases and nitrogen bases (Deoxy) RIBOS groups [15]. She provides this resolution disrupts hydrogen bonding, which is necessary for DNA replication and

gene replication and gene replication and Gentral bypass and Gentrial Disriction.

In addition, the low pH environment changes the ionization of functional groups in amino acids, affects hydrogen bonding, and leads to protein renaturation [16]. This results in using a non-functional analogy [17]. Finally, changes in pH proton concentrations affect both inside and outside the bacterial cells. Since cellular respiration depends on a proton concentration gradient, the low pH position prevents the installation of membrane capacity and interferes with cellular functions [18, 19].

The results of the study show that both salt and acid solutions have strong antibacterial properties and effectively inhibit bacterial growth through a number of complementary mechanisms. The results further confirm the value of these solutions in controlling the bacterial population since they align with other studies on the antibacterial effects of osmotic stress and pH alteration.

Salt Solutions and Osmotic Stress

The observed prohibition of the development of bacteria by salt solutions can be attributed to the induction of osmotic stress. In a hypertonic environment, such as that made by high salt concentrations, water is extracted from bacterial cells through osmosis, causing cellular dehydration and shrinkage. This phenomenon disrupts important cellular functions, including enzyme activity, nutrient transport, and metabolic processes, eventually impairing the viability of bacteria [4]. Village-negative bacteria, with their lipopolysaccharide-rich outer membranes, are especially susceptible to osmotic stress, while gram-positive bacteria, despite their coarse peptidoglycan layer, long-term exposure [20] Are not completely resistant to.

Furthermore, by binding free water molecules, salt solution lowers water activity and restricts the amount of water needed for microbial life. This reduction in water activity not only induces osmotic shock but also restricts oxygen solubility, further impairing aerobic bacterial metabolism [5]. The energy expenditure required for bacterial cells to expel sodium ions under high-salt conditions further exacerbates cellular stress, contributing to the observed bacteriostatic and bactericidal effects [6].

Acidic Solutions and pH Modulation

The antibacterial efficacy of acidic solutions is primarily mediated by the disruption of pH homeostasis within bacterial cells. Most bacteria thrive in neutral or slightly alkaline environments (pH 6.5–7.5), and exposure to acidic conditions creates an unfavorable environment for their survival [7]. The influx of protons (H^+) into bacterial cells under acidic conditions leads to cytoplasmic acidification, which disrupts enzymatic activity, damages cellular proteins and DNA, and impairs the bacteria's ability to maintain internal pH balance [4].

Organic acids, such as citric acid and acetic acid, enhance these effects by penetrating bacterial membranes in their undissociated form. Once inside the cell, these acids dissociate, releasing protons and further acidifying the cytoplasm. This dual mechanism of action-direct membrane damage and intracellular acidification-makes organic acids particularly effective against a wide range of bacterial species [5]. The results of this study corroborate previous findings that highlight the

synergistic effects of low pH and organic acids in inhibiting bacterial growth [6].

Conclusions

This study confirms that salt and acid solutions effectively inhibit bacterial growth through osmotic stress and pH disruption. Salt solutions dehydrate cells and impair metabolism, while acidic conditions damage cellular functions and DNA. Both methods offer reliable, complementary approaches for bacterial control, supporting their use in antimicrobial applications.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Ifedinezi, O. V., Nnaji, N. D., Anumudu, C. K., Ekwueme, C. T., Uhegwu, C. C., Ihenetu, F. C., Obioha, P., Simon, B. O., Ezechukwu, P. S., & Onyeaka, H. (2024). Environmental antimicrobial resistance: implications for food safety and public health. *Antibiotics*, 13 (11), 1087. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13111087>
- Houpikian, P., & Raoult, D. (2002). Traditional and molecular techniques for the study of emerging bacterial diseases: One laboratory's perspective. *Emerging Infectious Diseases*, 8 (2), 122–131. <https://doi.org/10.3201/eid0802.010141>
- Li, F., Xiong, X.-S., Yang, Y.-Y., Wang, J.-J., Wang, M.-M., Tang, J.-W., Liu, Q.-H., Wang, L., & Gu, B. (2021). Effects of NaCl concentrations on growth patterns, phenotypes associated with virulence, and energy metabolism in *Escherichia coli* BW25113. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.705326>
- Doyle, M. P., & Buchanan, R. L. (Eds.). (2012). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. 4th Revised ed.* American Society of Microbiology Press <https://doi.org/10.1128/9781555818463>
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology. 7th edition.* Springer US.
- Ray, B., & Bhunia, A. (2013). Microbiology of Fermented Food Production. (2013). *Fundamental Food Microbiology*, 217–240. <https://doi.org/10.1201/b16078-22>
- Toder, K. (2012) *Online Textbook of Bacteriology*. Retrieved from: www.textbookofbacteriology.net
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., & Clark, D. P. (2018). *Brock Biology of Microorganisms* (15th ed.). Pearson. Retrieved from: https://api.pageplace.de/preview/D10400.9781292235196_A31976983/preview-9781292235196_A31976983.pdf
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2013). *Fundamentals of Analytical Chemistry (9th ed.)*. Brooks/Cole. Retrieved from: <https://library.tou.edu.kz/fulltext/buuk/b2539.pdf>
- Davidson, P. M., & Taylor, T. M. (2007). Chemical Preservatives and Natural Antimicrobial Compounds. In M. P. Doyle & L. R. Beuchat (Eds.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers, Third Edition*, 713–745. <https://doi.org/10.1128/9781555815912.ch33>
- Yue, X., Liu, H., Wei, H., Chang, L., Gong, Z., Zheng, L., & Yin, F. (2023). Reactive and microbial inhibitory mechanisms depicting the panoramic view of pH stress effect on common biological nitrification. *Water Research*, 231, 119660. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119660>
- Ryssel, H., Kloeters, O., Germann, G., Schäfer, Th., Wiedemann, G., & Oehlbauer, M. (2009). The antimicrobial effect of acetic acid – An alternative to common local antiseptics? *Burns*, 35 (5), 695–700. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2008.11.009>
- Willdigg, J. R., & Helmann, J. D. (2021). Mini review: Bacterial membrane composition and its modulation in response to stress. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.634438>
- Kocherginsky, N. (2009). Acidic lipids, H^+ -ATPases, and mechanism of oxidative phosphorylation. Physico-chemical ideas 30 years after P. Mitchell's Nobel Prize award. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 99 (1), 20–41. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2008.10.013>

15. Kornienko, I. V., Aramova, O. Yu., Tishchenko, A. A., Rudoy, D. V., & Chikindas, M. L. (2024). RNA stability: A review of the role of structural features and environmental conditions. *Molecules*, 29 (24), 5978. <https://doi.org/10.3390/molecules29245978>
16. Di Russo, N. V., Estrin, D. A., Martí, M. A., & Roitberg, A. E. (2012). pH-dependent conformational changes in proteins and their effect on experimental pKas: The case of Nitrophorin 4. *PLoS Computational Biology*, 8 (11), e1002761. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002761>
17. Martí, M. A., Estrin, D. A., & Roitberg, A. E. (2009). Molecular basis for the pH dependent structural transition of Nitrophorin 4. *The Journal of Physical Chemistry B*, 113 (7), 2135–2142. <https://doi.org/10.1021/jp808055e>
18. Lund, P. A., De Biase, D., Liran, O., Scheler, O., Mira, N. P., Cetecioglu, Z., Fernández, E. N., Bover-Cid, S., Hall, R., Sauer, M., & O'Byrne, C. (2020). Understanding how microorganisms respond to acid pH is central to their control and successful exploitation. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.556140>
19. Ratzke, C., & Gore, J. (2018). Modifying and reacting to the environmental pH can drive bacterial interactions. *PLOS Biology*, 16 (3), e2004248. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2004248>
20. Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., Stahl, D. A., & Brock, T. (2014). *Brock Biology of Microorganisms (14th Edition)*. Hardcover.

ORCID

- | | |
|--|---|
| M. A. K. Hameed  | https://orcid.org/0000-0001-8076-3371 |
| H. T. Mahdi  | https://orcid.org/0000-0002-1288-8591 |
| A. D. Salman  | https://orcid.org/0009-0001-5880-9051 |
| A. H. Alsafah  | https://orcid.org/0009-0003-8416-4028 |



© 2025 Hameed M. A. K. 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, № 1
2025

Підписано до друку з оригінал-макета 14.04.2025

Тираж 200 прим. Зам. № 1

Ум. друк. арк. 16,62. 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.