

2024

SCIENTIFIC

Progress & Innovations



Vol. 27
Nº4



Scientific Progress & Innovations

УДК 001

До 2022 року журнал виходив під назвою «Вісник Полтавської державної аграрної академії». У 2023 році журнал перереєстровано 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 № 5 від 24 грудня 2024 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

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. 5 of December 24, 2024)

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

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновано 10 рудня 1998 р.
Періодичність випуску: 4рази на рік

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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 передрукування 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.

SCIENTIFIC JOURNAL

Year of establishment: Since December 10, 1998.
Publication frequency: 4 times a year

EDITORIAL BOARD

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> | 6 | <i>Agriculture. Plant growing</i> |
|--|------------|---|
| Антонєць О. А., Силенко С. І., Силенко О. С., Барилко М. Г. Продуктивність сортів горошку посівного (ярого) (<i>Vicia sativa</i> L.) в умовах Південного Лісостепу України | 6 | Antonets O., Sylenko S., Sylenko O., Barylko M. Productivity of varieties of spring vetch (<i>Vicia sativa</i> L.) in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine |
| Бакалова А. В., Тимошук Т. М., Грицюк Н. В., Іващенко І. В. Стойкість сортів смородини чорної проти звичайного павутинного кліща в умовах Полісся України | 11 | Bakalova A., Tymoshchuk T., Gritsyuk N., Ivachenko I. Resistance of black currant varieties against the common spider mite in the Forest conditions of Ukraine |
| Антонєць О. А., Кочерга В. Я. Продуктивність кормових трав в умовах Південного Лісостепу України | 16 | Antonets O., Kocherga V. Productivity of fodder grasses in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine |
| Ляшенко В. В., Полежак Є. Ю. Врожайність пшениці твердої ярої в Лівобережному Лісостепу | 21 | Liashenko V., Polezhak Ye. Spring durum wheat yield capacity in the Left-Bank Forest-Steppe |
| Білявська Л. Г., Гарбузов Ю. Є. Перспективні неопушені сорти сої культурної | 26 | Biliavska L., Garbuzov Y. Promising non-pubescent varieties of cultivated soybean |
| Коба К. В., Маренич М. М. Ефективність фунгіцидів у різні фази розвитку материнських ліній кукурудзи та їх вплив на урожайність | 31 | Koba K., Marenych M. Effectiveness of fungicides at different stages of development of maize maternallinesandtheir impactonyield |
| Поспєлова Г. Д., Коваленко Н. П., Поспєлов С. В., Литвиненко С. О., Сиваш К. С. Ефективність застосування біопрепаратів на пшениці озимій | 37 | Pospelova G., Kovalenko N., Pospelov S., Lytvynenko S., Syvash K. The effectiveness of using bio-preparations on winter wheat |
| Рожко І. І., Кулик М. І., Гончаров М. О. Біологічні особливості та основні аспекти технології вирощування квасолі звичайної (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) на насіння | 43 | Rozhko I., Kulyk M., Honcharov M. Biological features and main aspects of the growing technology of common beans (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) from seeds |
| Сєвідов В. П. Ефективність позакореневого підживлення нітратом калію на розвиток і продуктивність помідора (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) | 53 | Sievidov V. Effectiveness of potassium nitrate foliar fertilization on development and productivity of tomato (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) |
| Харченко Л. Я., Харченко М. Ю., Поспєлова Г. Д., Поспєлов С. В., Лісовий В. М., Лавриненко І. Г. Оцінка стійкості зразків кукурудзи з колекції Устимівської дослідної станції рослинництва до основних шкідників та хвороб | 59 | Kharchenko L., Kharchenko M., Pospelova G., Pospelov S., Lisovyi V., Lavrynenko I. Evaluation of resistance of maize samples from the collection of the Ustymivka experimental plant production station to major pests and diseases |
| Юрченко С. О., Степаненко Б. В., Хачатурян А. Е. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від їх групи стиглості | 66 | Yurchenko S., Stepanenko B., Khachaturian A. Grain yield of corn hybrids depends on their maturity group |
| Шевніков М. Я., Лотиш І. І. Конкурентоспроможність рослин сої до бур'янів залежно від строків сівби та норми висіву | 72 | Shevnikov M., Lotysh I. The competitiveness of soybean plants against weeds depending on the timing of sowing and the rate of sowing |
| Антонєць О. А., Купріянова Т. М., Антонєць М. О. Кормова і харчова якість сортів картоплі | 79 | Antonets O., Kupriianova T., Antonets M. Feed and food quality of potato varieties |
| Четверіков Б. В., Бабій Л. В. Визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків у точному землеробстві | 84 | Chetverikov B., Babiy L. Definition of damaged crops using satellite imagery in precision agriculture |
| Екологія | 91 | Ecology |
| Шевчук С. М., Глухота В. О. Просторово-часові трансформації урболандшафтів міста Полтави | 91 | Shevchuk S., Hlukhota V. Space-time transformations of urban landscapes of the city of Poltava |
| Романчук Л. Д., Валерко Р. А. Органічне сільське господарство як чинник впливу на рівень нітратів у воді з нецентралізованих джерел сільських населених пунктів | 98 | Romanchuk L., Valerko R. Organic agriculture as a factor influence on the level of nitrates in water from non-centralized sources of rural settlements |
| Сільське господарство. Тваринництво | 105 | Agriculture. Animal breeding |
| Качанов І. О., Побережець Ю. М. Вплив пробіотичної кормової добавки на ріст молодяку перепелів | 105 | Kachanov I., Poberezhets Y. The effect of a probiotic feed additive on the growth of young quails |
| Сичов М. Ю., Пітера В. О., Ільчук І. І., Баланчук І. М., Голубєва Т. А., Вознюк Р. Р., Уманець Д. П., Шостя А. М., Усенко С. О. Огляд ролі глутамату та глутаміну в сучасному свинарстві | 109 | Sychov M., Pitera V., Ilchuk I., Balanchuk I., Holubieva T., Vozniuk R., Umanets D., Shostia A., Usenko S. A review on the role of glutamate and glutamine in modern swine production |
| Ветеринарна медицина | 115 | Veterinary medicine |
| Євстаф'єва В. О., Плахотна Є. В., Мельничук В. В. Юськів І. Д., Корчан Л. М., Канівець Н. С., Слинко В. Г. Особливості перебігу акарозів у собак, викликаних паразитуванням акариформних кліщів | 115 | Yevstafieva V., Plakhotna Y., Melnychuk V., Yuskiv I., Korchan L., Kanivets N., Slynko V. Characteristics of the course of acaroses in dogs caused by parasitism of acariform ticks |
| Альжобурі Н. А., Джавад М., Алхеснаві А. Ш. М., Алшімрі А., Алалі Ф. Поширення ендопаразитозів курей у провінції Кербела, Ірак | 120 | Aljoboury N. A., Jawad M., Alhesnawi A. Sh. M., Alshimry A., Alali F. Prevalence of internal parasites in local chicken in Karbala province, Iraq |
| Кручиненко О. В., Петренко М. О., Омєльченко Г. О., Авраменко Н. О., Натягла І. В. Поширення сказу тварин у Полтавській, Кіровоградській та Сумській областях | 126 | Kruchynenko O., Petrenko M., Omelchenko H., Avramenko N., Natiahla I. Spread of animal rabies in Poltava, Kirovohrad and Sumy regions |
| Левицька В. А., Кравченко А. І. Ефективність антигельмінтної терапії за елюростронгілозу котів | 132 | Levytska V., Kravchenko A. Effectiveness of anthelmintic therapy in the treatment of aelurostrongylosis in cats |
| Лівощенко Є. М., Павловський В. В. Особливості морфологічних показників крові у перепелів | 138 | Livoshchenko Ye., Pavlovskiy V. Peculiarities of morphological indicators of blood in quails |

| | | |
|---|-----|---|
| Кітченко А. С. Випробування ефективності удосконаленого способу копроовоскопії за шлунково-кишкових нематодозів собак | 145 | Kitichenko A. Testing the efficiency of the improved method of coproovoscopy for gastrointestinal nematodoses of dogs |
| Медвідь О. О., Щербакова Н. С., Передера С. Б. Доцільність застосування сертифікування щодо традиційних харчових продуктів відповідно до географічного походження | 151 | Medvid O., Shcherbakova N., Pereдера S. Applicability of certification regarding traditional food products according to geographical origin |
| Євстаф'єва В. О., Натяглий О. М. Порівняльна ефективність методів кількісної копроовоскопічної діагностики стронгілідозів травного тракту овець | 156 | Yevstafieva V., Natiahlyi O. Comparative efficiency of methods of quantitative coproovoscopic diagnostics of strongylidoses of the digestive tract of sheep |
| Погорелова Г. М. Порівняльна ефективність методів лабораторної діагностики токсокарозу собак | 161 | Pohorelova H. Comparative efficiency of laboratory diagnostic methods of dog toxocarosis |
| Пономаренко В. М. Ефективність способу кількісної копроовоскопічної діагностики нематодірозу великої рогатої худоби | 166 | Ponomarenko V. Efficiency of the method of quantitative coproovoscopic diagnostic of nematodirosis in cattle |
| Левицька В. А., Полюхович В. І. Оцінка ефективності досліджень на антиген у діагностиці дирофіляріозу собак | 171 | Levytska V., Poliukhovych V. Evaluation of the effectiveness of antigen testing in the diagnosis of canine dirofilariasis |
| Суворов Р. С., Мельничук В. В. Ефективність удосконаленого способу лабораторної діагностики цистоізоспорозу собак | 176 | Suvorov R., Melnychuk V. Efficiency of the improved method of laboratory diagnostics of canine cystoisosporosis |
| Ромазан І. В., Турко І. Б. Бактерицидна ефективність розробленого дезінфектанта «РабітДез» у виробничих умовах кролегосподарства | 181 | Romazan I., Turko I. Bactericidal effectiveness of the developed disinfectant "RabbitDez" in the production conditions of a rabbit farm |

Технічні науки

187

Technical sciences

| | | |
|--|-----|---|
| Кобець А. С., Алієв Е. Б., Теслюк Г. В., Золотовська О. В. Передумови інжинірингу біонічних технічних засобів обробітку ґрунту | 187 | Kobets A., Aliiev E., Tesliuk H., Zolotovska O. Prerequisites of the engineering of bionic technical tools for soil processing |
| Горик О. В., Брикун О. М., Геращенко Є. Ю., Тихоненко В. В. Основи енергетичного балансу ударного контакту металевої дробинки з пружно-пластичним півпростором | 200 | Goryk O., Brykun O., Herashchenko Ye., Tykhonenko V. Basics of energy balance of impact contact of metal shot with elastic-plastic half-space |

Productivity of varieties of spring vetch (*Vicia sativa* L.) in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine

O. Antonets¹ | S. Sylenko² | O. Sylenko² | M. Barylko³

Article info

Correspondence Author

O. Antonets

E-mail:

apisaaa61@gmail.com

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

² Ustymivka experimental station of plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine,
25, academician Vavylva str.,
v. Ustymivka, 39074, Ukraine

³ Poltava State Agricultural Experimental Station named after M. I. Vavilov of Institute of Pig Breeding and agroindustrial production of NAAS of Ukraine,
Shvedska St., 86, Poltava,
36014, Ukraine

Citation: Antonets, O., Sylenko, S., Sylenko, O., & Barylko, M. (2024). Productivity of varieties of spring vetch (*Vicia sativa* L.) in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 6–10. doi: 10.31210/spi2024.27.04.01

Among the annual leguminous grasses, spring vetch stands out, reaching harvest maturity two months after sowing. It has nodule bacteria on the root system and is able to accumulate 60 kg/ha of biological nitrogen during the growing season. This plant improves soil fertility and is a good precursor for many crops. One of the main tasks of breeding of spring vetch is to create high-yielding varieties in terms of fodder mass and grain with high adaptive potential. Therefore, the relevance of the topic lies in the identification of promising varieties of spring vetch in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine, which are high-yielding and can be used in various directions. The purpose of research is to find out adaptive potential of varieties in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine. To achieve the goal, the following tasks must be solved: 1) to evaluate varieties of spring vetch according to the yield of seeds, green mass and hay; 2) to identify varieties that can be used in production and in breeding practice to create new competitive varieties. The research was carried out in laboratory and field conditions of the Ustymivka experimental station of plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of the National academy of agricultural sciences of Ukraine which belongs to the central part of the Kremenchuk district of Poltava region and the southern part of the Forest Steppe zone of Ukraine. An evaluation of 17 varieties of spring vetch was carried out for the yield of seeds, green mass and hay for the years 2021–2023. 7 varieties exceeding the Bilotserkivska 88 standard (1.9 t/ha) were selected for seed yield. 7 varieties exceeding the Bilotserkivska 88 standard (28.6 t/ha) were also selected for the yield of green mass. According to the yield of hay, 10 varieties were selected, which significantly exceeded the Bilotserkivska 88 standard (3.44 t/ha). The Bilokvitkova variety reached almost the standard level (3.47 t/ha). To realize the productivity potential of spring vetch varieties, it is necessary to take into account their ecological features. Such varieties as Polinaria, Hibrydna 85, Iaroslava and Halynka are varieties of universal direction of use. These varieties are recommended for involvement in breeding practice for the creation of new competitive varieties.

Keywords: spring vetch (*Vicia sativa* L.), varieties, productivity, seeds, green mass, hay.

Продуктивність сортів горошку посівного (ярого) (*Vicia sativa* L.) в умовах Південного Лісостепу України

О. А. Антонець¹ | С. І. Силенко² | О. С. Силенко² | М. Г. Барилко³

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України,
с. Устимівка,
Полтавська область, Україна

³ Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція імені М. І. Вавилова Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України,
м. Полтава, Україна

Серед однорічних бобових трав виділяється горошок посівний (ярий), що набуває укісної стиглості через два місяці після сівби. На кореневій системі він має бульбочкові бактерії і здатний за вегетацію нагромадити 60 кг/га біологічного азоту. Ця рослина покращує родючість ґрунтів і є добрим попередником для багатьох культур. Одним з головних завдань селекції горошку посівного (ярого) є створення високопродуктивних сортів за кормовою масою і зерном з високим адаптивним потенціалом. Тому актуальність теми полягає у вияві перспективних сортів горошку посівного (ярого) в умовах Південного Лісостепу України, що є високоурожайними і можуть використовуватися в різних напрямках. Мета досліджень – з'ясувати адаптивний потенціал сортів в умовах Південного Лісостепу України. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: 1) здійснити оцінку сортів вики ярої за урожайністю насіння, зеленої маси та сіна; 2) виділити сорти, що можуть бути використані у виробництві та у селекційній практиці для створення нових конкурентоспроможних сортів. Дослідження проведено у лабораторних і польових умовах Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України, що належить до центральної частини Кременчуцького району Полтавської області та південної частини зони Лісостепу України. Здійснено оцінку 17 сортів горошку посівного (ярого) за урожайністю насіння, зеленої маси та сіна за 2021–2023 роки. За урожайністю насіння виділено 7 сортів, що перевищують стандарт Білоцерківська 88 (1,9 т/га). За урожайністю зеленої маси також виділено 7 сортів, що перевищують стандарт Білоцерківська 88 (28,6 т/га). За урожайністю сіна виділено 10 сортів, що значно перевищують стандарт Білоцерківська 88 (3,44 т/га). Сорт Білокіткова вийшов майже на рівень стандарту (3,47 т/га). Для реалізації потенціалу продуктивності сортів горошку посівного (ярого) необхідно враховувати їх екологічні особливості. Сорти Полінарія, Гібридна 85, Ярослав та Галинка є сортами універсального напрямку використання. Дані сорти рекомендовано для залучення у селекційну практику для створення нових конкурентоспроможних сортів.

Ключові слова: горошок посівний (ярий) (*Vicia sativa* L.), сорти, урожайність, насіння, зелена маса, сіно.

Бібліографічний опис для цитування: Антонець О. А., Силенко С. І., Силенко О. С., Барилко М. Г. Продуктивність сортів горошку посівного (ярого) (*Vicia sativa* L.) в умовах Південного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 6–10.

Introduction

Providing livestock with high-quality fodder in Ukraine is possible due to development of the latest strategies in fodder production. For this, "it is necessary to scientifically substantiate and introduce into production adaptive technologies for growing high-yielding legumes and leguminous crops, annual and perennial grasses" [1]. Annual leguminous grasses are a valuable group of herbaceous plants that strengthen the modern fodder base of the Forest Steppe of Ukraine. "For as the earth brings forth her bud" [2], fodder leguminous grasses are still grown today.

However, as noted by V. Petrychenko, O. Korniiuchuk and I. Voronetska, "transformational changes in the structure and functioning of Ukrainian ecosystems negatively affected the content of organic matter which acts as the bioenergetic basis of fertility and the regulator of all life processes in agriculture" [3]. V. Sichkar claims that "leguminous crops significantly increase soil fertility without significant costs" [4]. H. Demydas and S. Weiler note that "the need for nitrogen for fodder lands of Ukraine can be half covered due to the effective use of the potential of leguminous grasses by including them in fodder agrocenoses" [5].

Annual leguminous grasses are a necessary component of grass mixtures. "They can be sown at different times and you can receive green mass throughout the growing season. In addition, annual grasses can also be used for making hay and haylage" [6]. Among the annual leguminous grasses, spring vetch stands out, reaching harvest maturity two months after sowing.

Ukrainian scientists note that spring vetch is a "high-stemmed plant. Its dry mass contains 15–19 % digestible protein, 1.1–2.2 % calcium and 23–27 % fiber" [7]. O. Zinchenko, H. Demydas and A. Sichkar note that "the yield of the green mass of the spring vetch reaches up to 350 centners/ha and up to 70 centners/ha of fodder units" [8]. H. Birta and Y. Burhu claim that "100 kg of spring vetch hay contains 46 fodder units. The green mass of spring vetch that is well-leafed is up to 70%" [9]. L. Iermakova, R. Ivanovska and M. Shevnikov write that "in terms of fodder value, spring vetch is almost not inferior to perennial legumes. In forest steppe areas, the yield of winter wheat after fertilizing spring vetch for green fodder or hay is almost the same as for pure steam" [10].

S. Sakmacsi, A. Bilal, M. Karaka note that "this culture plays a significant role in fodder production in solving the problem of fodder protein. Spring vetch is a component of the green conveyor belt and is part of most annual leguminous-cereal mixtures grown for green fodder, hay, silage, haylage" [11]. A. Babych and A. Babych-Poberezhna claim that "spring vetch fodder, due to the increased content of crude protein, carotene, essential amino acids, is a valuable feed for all types of farm animals" [12]. V. Aralov writes that "thanks to nodule bacteria on the root system, spring vetch is able to accumulate 60 kg/ha of biological nitrogen during the growing season and is therefore a good precursor for many crops" [13].

It is noted that "one of the main tasks of breeding of spring vetch is creation of high-yielding varieties in terms

of fodder mass and grain with high adaptive potential" [14]. "However, the insufficient ecological plasticity and adaptability to the factors of the external environment of many varieties that are entered in the Register of varieties of Ukraine leads to a significant shortage of products in unfavorable growing weather conditions" [15]. As noted by S. Orlov, A. Hahin, S. Synohub, S. Brovko, "spring vetch is an agricultural crop that needs to be grown together with supporting crops. Therefore, in order to increase resistance to the influence of supporting crops (oats, white mustard), part of the hybrid material of the spring vetch is studied by the method of forming hybrid populations in ordinary agrocenoses" [16].

The creation and introduction into production of new varieties of spring vetch, which combine early maturity, high seed quality, resistance to extreme environmental factors, diseases and suitability for mechanized harvesting, is one of the research areas of the crop selection laboratory in Poltava state agricultural research station named after N. I. Vavilov of the Institute of pig breeding and agro-industrial production of the National academy of agricultural sciences of Ukraine» [17]. T. Aralova and I. Temchenko studied promising varieties of spring vetch, namely Volodymyr, Dionis and Vinner. These varieties are characterized by high fodder and seed productivity and high disease resistance [18]. "Involvement in the collection of the world's variety of spring vetch, study and selection of valuable economic traits among donors is the primary task of scientists of the Poltava state agricultural research station named after N.I.Vavilov of the Institute of pig breeding and agro-industrial production of the National academy of agricultural sciences of Ukraine. We studied spring vetch samples originating from: Turkey UREM 79, K17, K65, K13 and Firense Vessia; Germany – Blanchefleur and Peloponnes; Turkmenistan – K31; Serbia – K34; Spain – K44, Austria – Anhernska" [19].

Therefore, the relevance of the topic lies in the identification of promising varieties of spring vetch in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine, which are high-yielding and can be used in various directions.

The aim of the study

The purpose of research is to find out the adaptive potential of varieties in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine.

To achieve the goal, the following tasks must be solved:

- 1) to evaluate spring vetch varieties according to the yield of seeds, green mass and hay;
- 2) to identify varieties that can be used in production and breeding practice to.

Materials and methods

The research was carried out in laboratory and field conditions of the Ustymivka Experimental Station of Plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine (Ustymivka ESP), which belongs to the central part of the Kremenchuk district of Poltava region and the southern

part of the Forest Steppe zone of Ukraine. The Ustymivka ESP is located on the high, flat, open, completely treeless Poltava Plateau of the left-bank terraces of the Dnipro River. The soils of the station are medium-loamy, saline, strong chernozem with a humus content of up to 3.84 %. According to agroclimatic zoning, the territory of the experimental station is on the border of the central warm zone of insufficient moisture and the southern very warm arid zone. Therefore, this area is subject to the harmful effects of droughts which lead to a violation of the water balance.

The climate at the experimental station is moderately continental, with unstable humidity. The first autumn frosts on the soil surface are observed in September, and the last spring frosts are observed at the end of May. The average long-term air temperature is 8,2 °C. The number of days with snow cover varies from 70 to 110. The height of the snow cover is 20–60 cm. The soil freezes from 64 to 112 cm in winter. Dry spells occur 2–3 times a year. The amount of precipitation varies from 253.8 mm to 777.4 mm per year. The main amount of precipitation falls in the summer-autumn period. The water regime of the soil is provided exclusively by snow and rainwater.

The object of the research is 17 varieties of spring vetch of Ukrainian selection. These are the varieties of the Bilotserkivska Research and Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, the Poltava state agricultural research station named after N. I. Vavilov of the Institute of pig breeding and agro-industrial production of the National academy of agricultural sciences of Ukraine, the State Enterprise "Scientific Innovation and Technological Center of the Institute of Fodder and Agriculture of Podillia National

Academy of Sciences of Ukraine", Institute of Fodder and Agriculture of Podillia. Among them, the standard was the Bilotserkivska 88 variety that was placed after 10 numbers.

Collective crops were placed in a scientific, specially created five-field crop rotation. The predecessor is pure steam. Fertilizers and herbicides were not applied, irrigation was not carried out. The technology of soil preparation, sowing and crop care was typical for the southern Forest Steppe zone. Sowing was carried out at the optimal time, manually in three repetitions. Sowing scheme is 20 × 5 cm.

Phenological observations, assessment of resistance to adverse environmental factors, biometric analysis of samples were carried out according to methodological recommendations for the study of genetic resources of leguminous crops [20]. The study and assessment of collection samples were carried out for resistance to the most common diseases on a natural background. Research was conducted during 2021–2023.

Results and discussion

The meteorological conditions during the growing season and during the research period made it possible to analyze the varieties for adaptability to the conditions of the southern Forest Steppe and to quantitatively evaluate the material in terms of productivity. The vegetation period of the spring vetch (April – July) was characterized by contrasting hydrothermal indicators, especially the amount and distribution of precipitation. (*Table 1*).

Table 1
Meteorological conditions during the research period (2021–2023)

| Month | Decade | Amount of precipitation, mm | | | | Average monthly air temperature, °C | | | |
|-------------------------------|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| | | Year | | | X* | Year | | | X* |
| | | 2021 | 2022 | 2023 | | 2021 | 2022 | 2023 | |
| April | I | 0.0 | 0.0 | 9.6 | | 11.2 | 9.4 | 7.7 | |
| | II | 26.0 | 3.3 | 5.0 | | 8,9 | 10.1 | 10.0 | 8,9 |
| | III | 2.6 | 8.6 | 12.4 | | 14.7 | 12.8 | 9.7 | |
| | Σ | 28.6 | 11.9 | 27.0 | 44.0 | 348.0 | 323.0 | 274.0 | 267.0 |
| May | I | 49.6 | 15.3 | 15.4 | | 14.1 | 15.8 | 14.3 | |
| | II | 7.6 | 13.1 | 14.6 | | 20.2 | 14.8 | 17.3 | 15.9 |
| | III | 73.5 | 52.8 | 34.3 | | 21.1 | 13.7 | 18.6 | |
| | Σ | 130.7 | 81.2 | 64.3 | 50.0 | 574.1 | 456.7 | 520.6 | 492.9 |
| June | I | 61.6 | 17.4 | 36.7 | | 23.8 | 19.5 | 16.5 | |
| | II | 0.0 | 4.2 | 64.3 | | 25.9 | 26.6 | 22.1 | 19.5 |
| | III | 1.1 | 6.1 | 0.0 | | 24.0 | 25.5 | 25.8 | |
| | Σ | 62.7 | 27.7 | 101.0 | 57.0 | 737.0 | 716.0 | 644.0 | 585.0 |
| July | I | 5,6 | 15.4 | 4.8 | | 22.5 | 25.9 | 25.9 | |
| | II | 4.3 | 16.0 | 16.8 | | 20.9 | 21.6 | 26.5 | 21.0 |
| | III | 46.4 | 0.0 | 17.2 | | 23.5 | 24.5 | 25.3 | |
| | Σ | 56.3 | 31.4 | 37.8 | 72.0 | 692.5 | 744.5 | 802.3 | 651.0 |
| Total according to vegetation | | 278.3 | 152.2 | 232.1 | 223.0 | 2351.6 | 2240.2 | 2240.9 | 1995.9 |

Note: X* – average multi-year indicators.

As shown in Table 1, the lowest air temperature was 7.7 °C in April 2023, 13.7 °C in May 2022, 16.5 °C in June 2023 and 20.9 °C in July 2021. The highest air temperature was 14.7 °C in April 2021, 21.1 °C in May 2021, 26.6 °C in June 2022 and 26.5 °C in July 2023.

The long-term average monthly air temperature during the growing season is 16.3 °C. Precipitation by study year varied from 152.2 mm in 2022 to 278.3 mm in 2021. The long-term indicator of the amount of precipitation is 223.0 mm. According to the analysis of the data in

Table 1, the weather conditions of 2021 during the growing season were the most favorable for the growth and development of spring vetch.

As shown in **Table 2**, on average for the years 2021–2023, 7 varieties that exceed the standard Bilotserkivska 88 variety with a yield of 1.9 t/ha have

been selected for their seed yield. These 7 varieties are the following: Hibrydna 85 and Bilotserkivska 7 with a yield of 2.2 t/ha, Hibrydna 2 with a yield of 2.3 t/ha, Iaroslava and Bilokvitkova with a yield of 2.4 t/ha, Polinaria with a yield of 3 t/ha and Halynka with a seed yield of 2.8 t/ha.

Table 2
Productivity of spring vetch samples on average for 2021–2023

| № National directory | The name of the sample | Productivity, t/ha | | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------|------------|------|
| | | seed | green mass | hay |
| UD0900032 | Bilotserkivska 88, standard | 1.9 | 28.6 | 3.44 |
| UD0900039 | Hibrydna 85 | 2.2 | 33.6 | 7.5 |
| UD0900064 | Krasnohradaska 2 | 0.8 | 10.8 | 2.4 |
| UD0900070 | Hibrydna 2 | 2.3 | 34.5 | 1.33 |
| UD0900165 | Bilotserkivska 7 | 2.2 | 31.0 | 3.41 |
| UD0900205 | Prybuzka 19 | 1.0 | 21.4 | 5.5 |
| UD0900305 | Iaroslava | 2.4 | 34.8 | 5.6 |
| UD0900318 | Mutant shyrokolystyi | 0.7 | 18.0 | 3.26 |
| UD0900437 | Liliana | 1.5 | 27.3 | 5.5 |
| UD0900490 | Vladyslava | 1.2 | 25.2 | 5.6 |
| UD0900545 | Bilokvitkova | 2.4 | 35.2 | 3.47 |
| UD0900613 | Vorskla | 0.6 | 12.1 | 2.14 |
| UD0900777 | Ielizaveta | 1.0 | 23.2 | 4.7 |
| UD0900821 | Nadiia Podillia | 1.0 | 26.3 | 5.5 |
| UD0900822 | Pivdennobuzka | 1.0 | 23.2 | 4.7 |
| UD0900879 | Polinaria | 3.0 | 37.5 | 6.1 |
| UD0900894 | Halynka | 2.8 | 37.1 | 5.2 |

According to the yield of green mass on average for the years 2021–2023, 7 varieties that exceed the standard Bilotserkivska 88 variety with an indicator of 28.6 t/ha have been selected. These 7 varieties are the following: Hibrydna 85 with a yield of 33.6 t/ha, Hibrydna 2 with a yield of 34.5 t/ha, Bilotserkivska 7 with a yield of 31 t/ha, Iaroslava with a yield of 34.8 t/ha, Bilokvitkova with a yield of 35.2 t/ha, Polinaria with a yield of 37.5 t/ha and Halynka with a yield of 37.1 t/ha.

Among the studied material, 10 varieties that exceed the standard of Bilotserkivska 88 in terms of hay productivity of 3.44 t/ha have been selected. These 10 varieties are the following: Hibrydna 85 with a hay yield of 7.5 t/ha, Prybuzka 19, Liliana and Nadiia Podillia with a hay yield of 5.5 t/ha, Iaroslava and Vladyslav with a hay yield of 5.6 t/ha, Pivdennobuzka and Ielizaveta with a hay yield of 4.7 t/ha, Polinaria with a hay yield of 6.1 t/ha and Halynka with a hay yield of 5.2 t/ha.

Conclusions

1. An evaluation of 17 varieties of spring vetch has been carried out for the yield of seeds, green mass and hay for the years 2021–2023. According to seed yield, 7 varieties that exceed the Bilotserkivska 88 standard (1.9 t/ha) have been selected. According to the yield of green mass, 7 varieties that exceed the Bilotserkivska 88 standard (28.6 t/ha) have been also selected. According to the yield of hay, 10 varieties that significantly exceed the Bilotserkivska 88 standard (3.44 t/ha) have been selected. The Bilokvitkova variety has reached almost the standard level (3.47 t/ha).

2. To realize the productivity potential of spring vetch varieties, it is necessary to take into account their ecological features. Such varieties as Polinaria,

Hibrydna 85, Iaroslava and Halynka are varieties of universal direction of use. These varieties are recommended for involvement in breeding practice for the creation of new competitive varieties. Such varieties as Polinaria, Hibrydna 85, Iaroslava and Halynka are selection samples of Poltava state agricultural research station named after N. I. Vavilov of the Institute of pig breeding and agro-industrial production of the National academy of agricultural sciences of Ukraine.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Petrychenko, V. F., Korniiichuk, O. V., & Veklenko, Yu. A. (2020). Naukovi osnovy rozvytku kormovyrobnytstva v Ukraini. «Kormy i kormovyi bilok»: Materialy XII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii (Vinnytsia, 15 lypnia 2020 roku) (P. 55–59). Vinnytsia: Instytut kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia [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
- Petrychenko, V., Korniiichuk, O., & Voronetska, I. (2018). Biological farming in conditions of transformational changes in the agrarian production of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 5 (2), 3–12. <https://doi.org/10.15407/agrisp5.02.003>
- Sichkar, V. I. (2015). Stan i perspektyvy rozvytku vyrobnytstva zernobobovykh kultur u sviti ta Ukraini. *Zbirnyk Naukovykh Prats Selektsiino-Henetychnoho Instytutu-Natsionalnoho Tsentru Nasinneznavstva ta Sortovyvchennia*, 26 (66), 9–20. [in Ukrainian]
- Demidas, P., & Veiler, S. (2022). Feed productivity of the biomass of spring triticale and common vetch companion sowings depending on the elements of cultivation technology. *Feeds and Feed Production*, 94, 57–66. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202294-06>
- Veklenko, Y. A., Senyk, I. I., Sydoruk, H., & Pyrih, H. (1970). Formation of productivity of annual feed grass mixtures depending on technological measures of cultivation. *Feeds and Feed Production*, 93, 76–83. <https://doi.org/10.31073/10.31073/kormovyrobnytstvo202293-07>

7. Tsarenko, O. M., Trotsenko, V. I., Zhatov, O. H., & Zhatova, H. O. (2003). *Roslynyystvo z osnovamy kormovyrobnystva: navch.posibnyk*. Sumy: VTD «Universytetska knyha» [in Ukrainian]
8. Zinchenko, O. I., Demydas, H. I., & Sichkar, A. O. (2014). *Kormovyrobnystvo*. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD» [in Ukrainian]
9. Birta, H. O., & Burhu, Yu. H. (2014). *Osnovy roslynyystva i tvarynyystva*. Kyiv: Tsentruchovoi literatury [in Ukrainian]
10. Iermakova, L. M., Ivanovska, R. T., & Shevnikov, M. Ia. (2008). *Kormovyrobnystvo*. Kyiv: Intas [in Ukrainian]
11. Cakmakci, S., Aydinoglu, B., & Karaca, M. (2003). Determining relationships among yield and yield components using correlation and path coefficient analyses in summer sown common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 35 (3), 387–400.
12. Babych, A. A., & Babych-Poberezhna, A. O. (2010). Zernovi bobovi kultury u vyrishenni hlobalnoi prodovolchoi problemy. *Zbirnyk Naukovykh Prats*, 15 (55), 153–166. [in Ukrainian]
13. Aralov, V. I. (1997). Napriamky stvorennia vysokoproduktyvnoho selektsiinoho materialu vyky yaroï. *Zbirnyk Naukovykh Prats*, 93–97. [in Ukrainian]
14. Barylko, M. G., Kolisnyk, I. V., Zakharenko, V. A., & Kolisnyk, A. V. (1970). Estimation ecological plasticity and stability of perspective selected samples of spring pebble vetch. *Feeds and Feed Production*, 89, 66–73. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnystvo202089-06>
15. Aralov, V. I. (2012). Metody i rezultaty selektsii horoshku (*Vicia sativa* L.). *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 73, 93–96. [in Ukrainian]
16. Orlov, S. D., Hahin, A. O., Syniohub, S. V., & Brovko, S. M. (2022). Selection of vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes resistant to abiotic environmental factors in the agrocoenoses with various supporting crops. *The Scientific Journal Grain Crops*, 5 (2), 218–225. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0179>
17. Barylko, M. (2023). Inheritance of valuable economic characters in F1 hybrids of spring pebble vetch in the eastern part of the forest steppe of Ukraine. *Feeds and Feed Production*, 95, 65–73. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnystvo202395-05>
18. Aralova, T. S., & Temchenko, I. V. (2019). Promising pea varieties submitted for the State Variety Testing during 2017-2018. *Feeds and Feed Production*, 87, 34–38. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnystvo201987-05>
19. Barylko, M. H. (2023). Sources of economically valuable traits of spring vetch samples. *Genetični Resursi Roslin (Plant Genetic Resources)*, 33, 44–51. <https://doi.org/10.36814/pgr.2023.33.04>
20. Kobzyieva, L. N., Bezuhla, O. M., Sylenko, S. I., Kolotylov, V. V., Sokil, T. V., Dokukina, K. I., Vasylenko, A. O., Bezuhlyi, I. M., & Vus, N. O. (2016). *Metodychni rekomendatsii z vychennia henetychnykh resursiv zernobobovykh kultur*. Kharkiv. [in Ukrainian]

ORCID

- O. Antonets  <https://orcid.org/0000-0001-6741-9023>
 S. Sylenko  <https://orcid.org/0000-0001-7248-5463>
 O. Sylenko  <https://orcid.org/0000-0001-8879-3663>
 M. Barylko  <https://orcid.org/0000-0003-4231-2064>



© 2024 Antonets O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Resistance of black currant varieties against the common spider mite in the Forest conditions of Ukraine

A. Bakalova  | T. Tymoshchuk | N. Gritsyuk | I. Ivachenko

Article info

Correspondence Author
A. Bakalova
E-mail:
bakalova1970@ukr.net

Polissia National University,
Old 7 Boulevard, Zhytomyr,
10008, Ukraine

Citation: Bakalova, A., Tymoshchuk, T., Gritsyuk, N., & Ivachenko, I. (2024). Resistance of black currant varieties against the common spider mite in the Forest conditions of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 11–15. doi: 10.31210/spi2024.27.04.02

In recent years, the common spider mite has damaged blackcurrants on a large scale in the Polissia of Ukraine. The study of the resistance of different varieties of black currant to the common spider mite led to the excellent conclusion that the use of resistant varieties in the cultivation of black currant can, first of all, reduce the amount of phytophagous density by two times and improve the quality of black currant berries. The collection of varietal research was carried out on the varieties Sofia Kyivska, Chernecha, Kharkiv Veleten, Titania, Ukraine, that is, on five varieties of Ukrainian selection. The standard variety was assigned to the black currant variety Ukrainka, which was compared to it to determine the greatest resistance of the studied currant varieties. On average, a bush of black currant has about 0.85 square meters of leaf area inhabited by a common spider mite of the Ukrainian standard variety according to the indicators of our research. Resistant varieties have a well-developed leaf structure. In unstable varieties, the leaf plate is thin and weak, so leaves damaged by a common spider mite dry up and fall off. Over the years of research, larvae of different ages were observed, already at the fourth age the larvae stop feeding and become an adult imago. In the collection of researched varieties, the common spider mite begins its biological development cycle from the first decade of June. The phenological calendar developed during the study showed that in the conditions of the Zhytomyr region, a common spider mite can have up to 12 generations. The combination of the phenological system of phytophagous development with the phenological development of black currant allows for a clear assessment of the predicted yield. According to estimates of economic efficiency, the yield ranges from 4.7 to 6.4 tons of berries per hectare. According to these indicators, the most resistant varieties of black currant, in relation to the general population of common spider mite, were determined, namely: Sofia Kyivska, Chernecha, the yield of which was from 5.8 to 6.4 t/ha, profit 55128 to 60134 UAH/ha with a profitability of 390 %.

Keywords: variety, resistance, common spider mite, Chernecha.

Стійкість сортів смородини чорної проти звичайного павутинного кліща в умовах Полісся України

A. В. Бакалова | Т. М. Тимошук | Н. В. Грицюк | І. В. Іващенко

Поліський національний
університет
м. Житомир, Україна

В останні роки звичайний павутинний кліщ пошкоджує чорну смородину в умовах Полісся України великими масштабами. Дослідження стійкості різних сортів чорної смородини до звичайного павутинного кліща призвело до чудового висновку про те, що використання стійких сортів при вирощуванні чорної смородини може, перш за все зменшити щільність фітофага в два рази та покращити якість ягід чорної смородини. Колекція сортового дослідження проводилась на сортах Софія Київська, Чернеча, Харківський Велетень, Тітанія, Україна, тобто на п'яти сортах Української селекції. Сорт стандарт було присвоєно сорту чорної смородини Українка, до якого проведена прирівнена оцінка, для визначення найбільшої стійкості досліджуваних сортів смородини. Стійкі сорти мають добре розвинену структуру листя. У нестійких сортів листова пластинка тонка і слабка, тому пошкоджені звичайним павутинним кліщем листки засихають і опадають. За роки досліджень спостерігали за різновіковими личинками, вже у четвертому віці личинки припиняють живлення та стають дорослим імаго. У колекції досліджуваних сортів звичайний павутинний кліщ починає свій біологічний цикл розвитку з першої декади червня місяця. Фенологічний календар, розроблений під час дослідження, продемонстрував, що в умовах Житомирської області звичайний павутинний кліщ може мати до 12 поколінь. Поєднання фенологічної системи розвитку фітофага із фенологічним розвитком чорної смородини дозволяє чітко оцінити прогнозовану врожайність. Згідно з оцінками економічної ефективності, врожайність коливається від 4,7 до 6,4 тон ягід на гектар. За цими показниками визначено найбільш стійкі сорти чорної смородини, щодо загальної заселеності звичайним павутинним кліщем а саме: Софія Київська, Чернеча врожай яких становив від 5,8 до 6,4 т/га, прибуток 55128 до 60134 грн/га при рентабельності 390 %.

Ключові слова: сорт, стійкість, звичайний павутинний кліщ, Чернеча.

Бібліографічний опис для цитування: Бакалова А. В., Тимошук Т. М., Грицюк Н. В., Іващенко І. В. Стійкість сортів смородини чорної проти звичайного павутинного кліща в умовах Полісся України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 11–15.

Вступ

Смородинові агроценози нині набувають великих масштабів, в основному нетрадиційні ягідні культури, що на ринку є цілком затребувана галузь, оскільки клімат для цього є сприятливим [1].

Сисні фітофаги – нематоди, попелиці, кліщі в тому числі найпоширеніший є звичайний павутинний кліщ [2, 3].

Контроль шкідників повинен бути невід’ємною частиною технічного процесу управління пошкодження врожаю чорної смородини [4, 5].

Основний виклик у захисті плантацій смородини полягає в тому, щоб забезпечити захист насаджень при збереженні хороших умов навколишнього середовища [6–8].

Статистика свідчить, що кількість шкідників на ягідних плантаціях перевищує 40 видів, що уражують понад 20 збудників небезпечних хвороб а також на плантаціях росте понад 100 видів бур’янів, кожен з яких має свої особливості життєвого циклу [9, 10–13].

Економічні збитки від шкідників чорної смородини необмежені, а глобальні втрати протягом вегетаційного періоду сягають 13,4 % від потенційного врожаю [14, 15].

Раціональне застосування хімічних і біологічних засобів на плантаціях чорної смородини та раціональне використання природних комахоїдних, які безпосередньо регулюють біологічну рівновагу, призводить до підтримання високої якості врожаю [16–20].

Чорну смородину пошкоджують багато видів шкідників, в тому числі кліщі а саме звичайний павутинний кліщ який прогресує з нижньої сторони листка, відомі нематоди, після їх пошкодження рослини чорної смородини впадають у депресію а згодом листки змінюють забарвлення і з часом всихають. Тому, надзвичайно важливо вивчати сорти чорної смородини з різною стійкістю до цього фітофага.

Мета дослідження

Впровадити у виробництво стійкі сорти чорної смородини для боротьби з звичайним павутинним кліщем.

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні завдання:

- заселеність листової зони смородини чорної зимуючою самкою;
- періодичність різновікової личинки звичайного павутинного кліща в насадженнях чорної смородини;
- оцінка економічних, енергетичних та господарських показників ефективності.

Матеріали і методи

Дослідження сисних шкідників є досить трудомістким методом і тому потребує застосування статистичних та лабораторних методів. Статистичні методи дослідження базуються на відборі зразків листя, підрахунку та облік личинок, яйцекладок та імаго кліщів за допомогою бінокуляра.

Протягом досліджуваного періоду 2022–2024 рр. було проведено фітосанітарне моніторингове обстеження в Поліссі України, яке охопило біологічну площу 0,17 га по визначенню звичайного павутинного кліща на різних сортових ділянках.

У наших дослідженнях ґрунт в основному був суглинковий підзолистий, глейовий. Гумус в орному шарі за нашими дослідженнями становив 1,1 %, фосфор 65,0 мг/кг, калій 45 мг/кг, азот 50 мг/кг ґрунту.

Помірним за роки досліджень був клімат, але для звичайного павутинного кліща властивий мікроклімат смородинового агроценозу, який безпосередньо впливає на біологічний розвиток фітофага.

Температурний режим був особливо важливим, оскільки реактивація зимуючих самок відбувається лише тоді, коли ґрунт прогрівається на 10–15 °С в літку.

Снігопади також дуже важливі для дослідження, оскільки самки мають схильність до зимової діапаузи та за рахунок цього діапауза проходить успішно за наявності снігового покриву який є теплим «одіялом» для зимуючої самки.

Сніг спостерігався протягом основного безморозного періоду, що посприяло гарному виходу із зимівлі. Іншими словами, мінусові температури мали позитивний вплив і зимуюча стадія самки не витрачала багато поживних речовин під час виходу із зимівлі.

Ранньою весною схили плантацій чорної смородини активно розмірзлися до біологічного нуля, а більш тепліші ділянки сприяли активному росту та розвитку чорної смородини, а тому ми спланували поєднати фенологічний розвиток звичайного павутинного кліща з фенологічним календарем різних сортів чорної смородини згідно з програмою досліджень а саме: Софія Київська, Чернеча, Харківський Велетень, Тітанія, Україна.

Дослідні програми з вивчення стійкості різних сортів чорної смородини до звичайного павутинного кліща вимагають визначення стандартних сортів для проведення ретельної оцінки з точки зору ефективності (економічної, енергетичної та господарської).

Обстеження спочатку було зосереджено як на вивченні чисельності зимуючих самиць павутинного кліща так і на личинку. Підрахунки проводили методом ґрунтових розкопок, при якому ґрунт розкопували в декількох місцях на глибину 0,35 см. Після висипання ґрунту на плівку облік зимуючої самиці звичайного павутинного кліща підраховували в лабораторії, за допомогою бінокуляру та фіксували чисельність в польовому щоденнику.

За ступенем заселення смородини звичайним павутинним кліщем сортової стійкість визначали по формулі 1 [14].

$$K_3 = \frac{Q_o}{Q_c}, \quad (1)$$

де: Q_o – чисельність фітофага на дослідному сорті;
 Q_c – чисельність фітофага на сорті стандарті.

Рівень загальної стійкості урожайності визначили по формулі 2 [14].

$$R(\%) = \frac{Y_d - Y_c}{Y_c} \cdot 100, \quad (2)$$

де: Y_d – урожайність дослідного сорту, т/га;

Y_c – урожайність нестійкого сорту стандарту, т/га [14].

Популяції павутинного кліща при фітосанітарних обстеженнях кущів чорної смородини і Житомирської області були визначені Європейською шкалою, як показано в **таблиці 1**.

Таблиця 1

Європейська шкала прояву ознак заселення звичайним павутинним кліщем

| Бал | Ступінь прояву ознак | Характер прояву ознак | Охоплена площа, % |
|-----|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | відсутня або ледь помітна | поодинокі заселення | 1–5 |
| 2–3 | слабка | помірне | 6–25 |
| 4–5 | середня | дрібноосередковане | 26–50 |
| 6–7 | сильна | виражено осередковане | 51–75 |
| 8–9 | дуже сильна | сильне | > 75 |

Джерело: [14].

Результати та їх обговорення

Звичайний павутинний кліщ відноситься до ряду акариформних кліщів з неповним перетворенням [11]. Личинка первинна імагоподібна, з добре відокремленою головою та чотирма парами ніг, ротовий апарат колюче-сисного типу [12]. Ноги у імаго мають однаковий розвиток та однаковий розмір. Біологічний розвиток звичайного павутинного кліща починається з яйця, ембріональний розвиток якого сягає до 5–6 днів. Після чого настає постембріональний період в якому личинка розвивається на рахунок свого процесу живлення. Оскільки позашлунковий процес живлення дає можливість личинці швидше перейти вікову стадію, протягом від 2 до 3 діб. За такого пришвидшеного процесу звичайний павутинний кліщ може дати від 14 до 16 поколінь за рік [14]. Завданнями досліджень передбачено було визначити віковий склад личинки звичайного павутинного кліща, якими були заселені модельні кущі сортового складу, що приведені в **таблиці 2**.

Таблиця 2

Різновікова заселеність листової пластинки чорної смородини личинками звичайного павутинного кліща

| Сорт | Різновікова личинка, вік | | | |
|----------------------|--------------------------|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Софія Київська | 12 | 11 | 13 | 14 |
| Чернеча | 13 | 13 | 12 | 15 |
| Харківський Велетень | 15 | 14 | 12 | 16 |
| Тітанія | 18 | 14 | 16 | 17 |
| Україна (St) | 19 | 15 | 16 | 19 |

Примітки: 1–4 – віковий стан личинки.

Дані **таблиці 2** свідчать про те, що різновікова стадія личинки звичайного павутинного кліща на

чорній смородині чорної заселила всю листову поверхню на кущах за різною чисельністю. Згідно європейської шкали яка приведена в **таблиці 1**, поділені сорти чорної смородини за ступеневим рівнем заселеності. Так сорт Софія Київська від 11 до 14 личинок на листок, Чернеча від 12 до 15 личинок, Харківський Велетень від 12 до 16 личинок на листок. Залежність вікового діапазону фітофага проілюстровано на **рис. 1–4**.



Рис. 1. Личинкова стадія першого віку звичайного павутинного кліща



Рис. 2. Личинкова стадія другого віку звичайного павутинного кліща



Рис. 3. Личинкова стадія третього віку звичайного павутинного кліща



Рис. 4. Личинкова стадія четвертого віку звичайного павутинного кліща

За проведеним моніторингом ми продемонструвати класифікацію личинок різної личинкової стадії за сортовою стійкістю на смородині чорній, тому не менш важливим моментом є перехід личинок з вікової стадії у дорослу фазу кліща (*табл. 3*).

Таблиця 3

Період вікової стадії звичайного павутинного кліща за метаморфозом на смородині чорній

| Сорт | Червень місяць, декади | | |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| | Перша | Друга | Третя |
| Софія Київська | L ₁₋₃ | L ₄ Q *L ₁₋₂ | L ₃₋₄ Q |
| Чернеча | L ₁₋₄ Q * | L ₁₋₃ | L ₄ Q * |
| Харківський Велетень | L ₁₋₄ Q * | L ₁₋₄ Q* | L ₁₋₄ Q* |
| Тітанія | L ₁₋₄ Q * | *L ₁₋₄ Q* | *L ₁₋₄ Q |
| Україна (St) | L ₁₋₄ Q *L ₁ | L ₂₋₄ Q*L ₁ | L ₂₋₄ Q* |

Примітки: L1–2; 1-3; 1–4; 2–4; 3–4 – різновікова личинка; Q – партеногенетична самка; * – яйце.

Судячи з *таблиці 3* личинкова стадія звичайного павутинного кліща активно починає розмноження на смородині чорній в червні місяці, а тому проведені дослідження дають можливість встановити, що за сортовою стійкістю біологічний цикл розвитку звичайного павутинного кліща не однаково проходить фази метаморфозу. Сорт Софія Київська в порівнянні із сортом стандартом Україна, має подовжений постембріональний розвиток та одне повне покоління за три декади. Харківський Велетень, Тітанія, за сортовою стійкістю найбільшу дає популяцію, тому мають більше циклів біологічного метаморфозу.

Заселення та пошкодження листової поверхні чорної смородини звичайним павутинним кліщем негативно впливає на урожайність яка наведена в *таблиці 4*.

Таблиця 4

Господарська ефективність чорної смородини в умовах Житомирської області (2022–2024 рр.)

| Сорти | 2022 | 2023 | 2024 | середнє | +/- до стандарту |
|----------------------|------|------|------|---------|------------------|
| Софія Київська | 6,5 | 6,3 | 6,4 | 6,4 | 1,7 |
| Чернеча | 6,0 | 5,8 | 6,2 | 5,9 | 1,2 |
| Харківський Велетень | 6,1 | 5,5 | 4,6 | 5,4 | 0,7 |
| Тітанія | 5,2 | 5,6 | 4,8 | 5,2 | 0,5 |
| Україна (St) | 4,3 | 4,8 | 5,0 | 4,7 | – |
| НІР | 0,87 | 0,86 | 0,82 | – | – |

В *таблиці 4* показана урожайність смородини чорної за сортовою колекцією стійкості, де середня урожайність ягід становить від 4,7 до 6,4 т/га. Прибавка від 0,5 до 1,7 т/га. Найкраще себе зарекомендували сорти стійкі (Софія Київська, Чернеча, Харківський Велетень) до звичайного павутинного кліща і складають урожайність від 5,4 до 6,4 т/га. Обрахунки урожайності є достовірними, оскільки математично підтверджено найменшою істотною різницею, про те, що вона є меншою прибавки врожаю.

У сучасних розрахунках європейської структури обов'язковою умовою є вивчення та розрахунок енергоефективності, що входить у завдання наукової

роботи. Економічну ефективність чорної смородини прораховано та приведено в *таблиці 5*.

Таблиця 5

Енергетична оцінка стійкості різних сортів смородини чорної проти звичайного павутинного кліща

| Сорти | Урожай, т | Акумуляована енергія, мДж | Енерговитрати урожаю, мДж | КЕЕ |
|----------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|------|
| Софія Київська | 6,4 | 9521 | 5127 | 2,25 |
| Чернеча | 5,9 | 9356 | 5090 | 2,14 |
| Харківський Велетень | 5,4 | 9242 | 5164 | 2,11 |
| Тітанія | 5,2 | 8880 | 3445 | 1,90 |
| Україна (St) | 4,7 | 8490 | 3055 | 1,86 |

Згідно з розрахунками наведеними в *таблиці 5*, накопичена акумуляована енергія врожаю становить 8490–9521 мДж/га, енерговитрати на збирання врожаю 3055 до 5417 мДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності 1,86–2,25 одиниць. Найкращі результати в дослідженнях були отримані на стійких сортах чорної смородини до звичайного павутинного кліща, це Софія Київська, Чернеча та Харківський Велетень, з коефіцієнтами енергетичної ефективності 2,11, 2,14 та 2,25 одиниць.

Розрахунок економічної ефективності (*табл. 6*) базується на розроблених технологічних картах.

Таблиця 6

Економічна ефективність вирощування стійких сортів смородини чорної

| Сорт | Софія Київська | Чернеча | Харківський Велетень | Тітанія | Україна (St) |
|---------------|----------------|---------|----------------------|---------|--------------|
| Врожай, т | 6,4 | 5,9 | 5,4 | 5,2 | 4,7 |
| Вартість, грн | 76800 | 70800 | 64800 | 62400 | 56400 |
| Витрати, грн | 16666 | 15672 | 14672 | 13682 | 12672 |
| Прибуток, грн | 60134 | 55128 | 50128 | 48718 | 43728 |

З економічних розрахунків, наведених у *таблиці 6*, можна зробити висновок, що вартість зібраних ягід чорної смородини з колекції сортів коливаються від 56400 до 76800 грн/га. Щодо витрат, на отримання врожаю, показники складають від 12672 до 16666 грн. Прибуток у нашому дослідженні становить від 43728 до 60134 грн/га, при цьому окупність за рахунок стійкості сорту становить від двох до чотирьох разів. Стійкі сорти, які ми рекомендуємо для виробництва, є Софія Київська, Чернеча та Харківський Велетень.

Висновки

У Поліському регіоні Житомирської області на плантаціях чорної смородини виявлено звичайного павутинного кліща. За період дослідження було складено діаграму метаморфозу личинок. За стійкістю чорної смородини до звичайного павутинного кліща виділено найбільш стійкі сорти, які можна рекомендувати для виробництва: Софія

Київська, Чернеча та Харківський Велетень. Розраховано економічну ефективність вирощування цих сортів, яка становить 43728 до 61138 грн/га чистого прибутку, що свідчить про їх економічну доцільність.

Перспектива подальших досліджень. На основі наведених фенологічних даних біологічного розвитку звичайного павутинного кліща на смородині чорній, розробка логістичної моделі для прогнозування популяцій фітофага дозволить розробити короткочасові сезонні прогнози.




Конфлікт інтересів

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

References

1. Jones, A. T., Brennan, R. M., McGavin, W. J., & Lemmetty, A. (1998). Gallings and reversion disease incidence in a range of blackcurrant genotypes, differing in resistance to the blackcurrant gall mite (*Cecidophyopsis ribis*) and blackcurrant reversion disease. *Annals of Applied Biology*, 133 (3), 375–384. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1998.tb05837.x>
2. Plyta, S. (2007). Nowe perspektywy dla czarnej porzeczki. *NASLO Ogrodnicze*, 5, 90–91.
3. Dudar, I., Shuvar, I., Korpita, H., Balkovskiy, V., Shuvar, B., Shuvar, A., & Kropyvnytskyi, R. (2023). The effect of tillage method on the nutrient regime of soil during the growing of trifolium pratense. *Acta Technologica Agriculturae*, 26 (1), 29–35. <https://doi.org/10.2478/ata-2023-0004>
4. Moreno, A., Nebreda, M., Diaz, B. M., Garcia, M., Salas, F., & Ferreres, A. (2007). Temporal and spatial spread of Lettuce mosaic virus in lettuce crops in central Spain: factors involved in Lettuce mosaic virus epidemics. *Annals of Applied Biology*, 150 (3), 351–360. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00135.x>
5. Blaszczyńska, B. (2007). Przyszłość plantacji porzeczkowych. *Warzywa*, 6, 36–39.
6. Brennan, R. M., Robertson, G. W., Mcnicol, J. W., Fyffe, L., & Hall, J. E. (1992). The use of metabolic profiling in the identification of gall mite (*Cecidophyopsis ribis* Westw.)-resistant blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) genotypes. *Annals of Applied Biology*, 121 (3), 503–509. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1992.tb03460.x>
7. Roberts, I. M., Jones, A. T., & Amrine, J. W. (1994). Ultrastructure of the black currant gall mite, *Cecidophyopsis ribis* (Acari: Eriophyidae), the vector of the agent of reversion disease. *Annals of Applied Biology*, 125 (3), 447–455. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1994.tb04982.x>
8. Yanovskiy, Yu. P. (1994). Efektyvnist khimichnykh zakhodiv borotby iz sysnymy shkidnykamy yabluni v plodovomu rozsadyku. *Zakhyst Roslyn*, 41, 85–87. [in Ukrainian]
9. Chu, P. W. G., & Francki, R. I. B. (1982). Detection of lettuce necrotic yellows virus by an enzyme-linked immunosorbent assay in plant hosts and the insect vector. *Annals of Applied Biology*, 100 (1), 149–156. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1982.tb07201.x>
10. Ribes and Rubus crops Ribes et Rubus. (2002). *EPPO Bulletin*, 32 (2), 423–441. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2338.2002.00574.x>
11. Müller, C. B., Williams, I. S., & Hardie, J. (2001). The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology*, 26 (3), 330–340. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2001.00321.x>
12. Knapp, M. (2006). Population models for threshold-based control of *Tetranychus urticae* in small-scale Kenyan tomato fields and for evaluating weather and host plant species effects. *Experimental and Applied Acarology*, 11, 401–405.
13. Tertyshnyi, O. S. (1996). Ahrobiolohichne obruntuvannia zakhystu yabluni, slyvy, ta chornoj smorodyny vid shkidnykiv v umovakh Shkidnoho Lisostepu. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
14. Trybel, S. O. (Red.). (2001). *Metodyky vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. Kyiv: Svit [in Ukrainian]
15. Bakalova, A., & Derecha, O. (2016). Biological resistance of blackcurrant varieties to spider mite (*Tetranychus urticae*). *Scientific Horizons*, 2 (56), 87–94.
16. Bakalova, A. V., Tytarenko, V. E., Radko, V. H., Klymenko, T. V., & Trembitska, O. I. (2017). Udokonalennia elementiv konstruktivii opryskuvachiv dlia pokrashchennia tekhnolohii zakhystu smorodyny chornoj vid shkidnykiv. *Shkidno-Yevropeyskyi Zhurnal Peredovykh Tekhnolohii*, 3/1 (87), 3–10. [in Ukrainian]
17. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ivaschenko, I., & Kotkova, T. (2023). Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26 (3), 48–57. <https://doi.org/10.48077/scihor3.2023.48>
18. Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Tymoshchuk, T., Shlieina, L., Pokoptseva, L., Zoria, M., & Taranenko, H. (2022). The effects of weather factors on titrating acids accumulation in sweet cherry fruits *Future of Food: Journal on Food, Agriculture & Society*, 1, 1–15. <https://doi.org/10.17170/kobra-202210056938>
19. Myronova, H., Tymoshchuk, T., Voloshyna, O., Mazur, O., & Mazur, O. (2023). Formation of seed potato yield depending on the elements of cultivation technology. *Scientific Horizons*, 26 (2). [https://doi.org/10.48077/scihor.26\(2\).2023.19-30](https://doi.org/10.48077/scihor.26(2).2023.19-30)
20. Pylypchenko, A., Marenych, M., Hanhur, V., Tymoshchuk, T., & Malynka, L. (2023). Features of forming the productivity of modern hemp varieties using organic cultivation technology. *Scientific Horizons*, 26 (7). <https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.54>

ORCID

- A. Bakalova  <https://orcid.org/0000-0002-6803-6304>
T. Tymoshchuk  <http://orcid.org/0000-0001-8980-7334>
N. Grytsyuk  <http://orcid.org/0000-0002-4185-7495>
I. Ivachenko  <http://orcid.org/0000-0003-1588-3718>



2024 Bakalova 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.

Productivity of fodder grasses in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine

O. Antonets¹ | V. Kocherga²

Article info

Correspondence Author

O. Antonets

E-mail:

apisaaa61@gmail.com

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

² Ustyimivka experimental station of plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine,
25, akademician Vavylova str.,
v. Ustyimivka, 39074, Ukraine

Citation: Antonets, O., & Kocherga, V. (2024). Productivity of fodder grasses in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 16–20. doi: 10.31210/spi2024.27.04.03

Legume-cereal grasses provide an opportunity to significantly increase the productivity of grasslands. The economic value of plants on natural fodder grounds is determined by their productivity. The bird's-foot trefoil and crested weat grass have high fodder value. Among the fodder leguminous grasses, the bird's-foot trefoil is one of the most valuable pasture plants. This plant is a good component of the grass mixture, which ensures the accumulation of root mass. The crested weat grass is a fodder cereal that is also widely used in grass mixtures. Therefore, the urgency of the topic lies in the need to analyze collection samples of the bird's-foot trefoil and weat grasses for fodder and seed productivity in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine. This is important for finding good initial material in analytical selection breeding and solving the problem of seed production. The purpose of the research is to find out the adaptive potential of collection samples of the bird's-foot trefoil and weat grasses to reveal the productivity of these perspective fodder grasses. The research was conducted at the Ustyimivka Experimental Station of Plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine in 2022–2023. The object of the research was 21 collection samples of the bird's-foot trefoil and 23 collection samples of weat grasses, among which there were crested weat grass and desert weat grass. As a result of the research, an assessment of the collection samples of the bird's-foot trefoil was carried out according to the yield of green mass, hay and seeds. The best collection samples of UJ0500012, UJ0500100, UJ0500110 and UJ0500112 were selected for the yield of green mass (respectively 2063.80 g/m², 1798.0 g/m², 2200.40 g/m², 2262.30 g/m²) and hay (respectively 481.80 g/m², 439.0 g/m², 557.10 g/m², 576.10 g/m²). Collection samples of weat grasses were assessed for height before mowing, productivity of green mass after mowings, hay productivity after mowings, and seed productivity. The best sample of crested weat grass UDS00039 was selected out for the height of the plant before mowing (70.6 cm), the yield of green mass (810.1 g/m²) and the yield of hay (272.5 g/m²). The best collection samples of crested weat grass UDS00070, UDS00073, UDS00074 were selected for the yield of green mass (respectively 778 g/m², 962.8 g/m², 753.3 g/m²) and hay (respectively 255.2 g/m², 344.7 g/m², 270.5 g/m²). The best collection samples of crested weat grass UDS00076 and UDS00081 were selected for plant height before mowing (67.3 cm and 66.9 cm, respectively) and hay yield (259 g/m² and 256.9 g/m², respectively). The desert weat grasses sample UDS00018 also performed well in terms of plant height before mowing (65.3 cm) and seed yield (107.5 g/m²). Selected collection samples of the bird's-foot trefoil and weat grasses are recommended as initial material for analytical selection.

Keywords: bird's-foot trefoil, crested and desert weat grass, collection samples, height of the plant before mowing, yield of green mass, hay and seeds.

Продуктивність кормових трав в умовах Південного Лісостепу України

О. А. Антонєць¹ | В. Я. Кочєрга²

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України,
с. Устимівка,
Полтавська область, Україна

Бобово-злакові травостої дають можливість істотно підвищити продуктивність лучних угідь. Господарська цінність рослин на природних кормових угіддях визначається їх продуктивністю. Лядвенець рогатий і житняк гребінчастий мають високу кормову цінність. Серед кормових бобових трав лядвенець рогатий є однією з найцінніших пасовищних рослин. Ця рослина є гарним компонентом травосумішки, що забезпечує нагромадження кореневої маси. Житняк гребінчастий є кормовим злаком, що також широко використовується у травосумішках. Тому актуальність теми полягає у необхідності аналізу колекційних зразків лядвенцю рогатого і житняків на кормову і насінневу продуктивність в умовах Південного Лісостепу України. Це важливо для пошуку гарного вихідного матеріалу в аналітичній селекції та вирішення проблеми насінництва. Мета досліджень – з'ясувати адаптивний потенціал колекційних зразків лядвенцю рогатого і житняків для вияву продуктивності цих перспективних кормових трав. Дослідження проводилися на Устимівській дослідній станції рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України у 2022–2023 роках. Об'єктом дослідження був 21 колекційний зразок лядвенцю рогатого і 23 колекційних зразки житняків, серед яких був житняк гребінчастий та житняк пустельний. У результаті досліджень здійснено оцінку колекційних зразків лядвенцю рогатого за урожайністю зеленої маси, сіна і насіння. Виділено найкращі колекційні зразки лядвенцю рогатого UJ0500012, UJ0500100, UJ0500110 і UJ0500112 за урожайністю зеленої маси (відповідно 2063,80 г/м², 1798,0 г/м², 2200,40 г/м², 2262,30 г/м²) і сіна (відповідно 481,80 г/м², 439,0 г/м², 557,10 г/м², 576,10 г/м²). Здійснено оцінку колекційних зразків житняків за висотою перед укосом, урожайністю зеленої маси за укосами, урожайністю сіна за укосами і урожайністю насіння. Виділено найкращий зразок житняку гребінчастого UDS00039 за висотою рослини перед укосом (70,6 см), за урожайністю зеленої маси (810,1 г/м²) і за урожайністю сіна (272,5 г/м²). Виділено кращі колекційні зразки житняку гребінчастого UDS00070, UDS00073, UDS00074, за урожайністю зеленої маси (відповідно 778 г/м², 962,8 г/м², 753,3 г/м²) і сіна (відповідно 255,2 г/м², 344,7 г/м², 270,5 г/м²). Виділено кращі колекційні зразки житняку гребінчастого UDS00076 і UDS00081 за висотою рослини перед укосом (відповідно 67,3 см і 66,9 см) і урожайністю сіна (відповідно 259 г/м² і 256,9 г/м²). Також гарно себе проявив зразок житняку пустельного UDS00018 за висотою рослини перед укосом (65,3 см) і за урожайністю насіння (107,5 г/м²). Виділені колекційні зразки лядвенцю рогатого і житняків рекомендуються як вихідний матеріал для аналітичної селекції.

Ключові слова: лядвенець рогатий, гребінчастий і пустельний житняки, колекційні зразки, висота рослини перед укосом, урожайність зеленої маси, сіна і насіння.

Бібліографічний опис для цитування: Антонєць О. А., Кочєрга В. Я. Продуктивність кормових трав в умовах Південного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 16–20.

Introduction

After the end of this terrible war, Ukraine will need the restoration of natural fodder lands and the creation of highly productive sown pastures and hayfields. The Bible says that in time God will plant many plants in the territories that suffered from destruction. "And the earth shall yield her increase" and "I will raise up for them a plant of renown" [1]. V. Petrychenko and V. Kurgak claim that "the creation of sown leguminous-cereal grass stands on meadows makes it possible to significantly increase their productivity, protein content and energy content and significantly reduce the consumption of technical nitrogen" [2].

As O. Zinchenko, G. Demidas and A. Sichkar rightly note, "meadow fodder production is a source of high-quality fodder" [3]. "Perennial leguminous grasses guarantee the entry of organic mass into the soil environment, and with it, the main elements of plant nutrition, much more than annual fodder plants" [4]. It enriches soil fertility. Cereal perennial grasses are also an important component of meadow fodder production. On a cereal pasture, animals have sufficient amounts of the necessary nutrients. In terms of nutrition, 1 kg of cereal grass on pastures and hayfields corresponds to 0.22 fodder units. V. Vlokh, N. Kyrychenko and P. Kogut noted that "in green mass and hay collected in the early stages of grass development, there are many vitamins A, B₁, B₂ and C important for animals" [5].

The economic value of plants on natural fodder grounds is determined by their productivity. As noted by L. Yermakova, R. Ivanovska and M. Shevnikov, "the feed value depends on the biochemical composition of the green mass, in particular the content of protein, fat, fiber, ash elements, biologically active substances, animal consumption and digestibility" [6]. The bird's-foot trefoil and crested weat grass have high fodder value.

Among the forage leguminous grasses, the bird's-foot trefoil is one of the most valuable pasture plants. It is a good component of the grass mixture, which ensures the accumulation of root mass. V. Bugaiov notes that bird's-foot "combines well with all other plants on both acidic and normal soils. This perennial leguminous plant perfectly forms a vegetative mass and a huge number of flowers. It can withstand 3–4 mowings. The bird's-foot trefoil acts as a poison against slugs and snails. This is an unsurpassed sidereal culture" [7]. It "is characterized by high productivity and quality of fodder, durability, and resistance to trampling. The dry matter contains 23.2 % protein, 9.2 % fat and a relatively low percentage (23.1%) of fiber" [8]. This plant is an excellent honey bearer. When the bees are not yet flying, the flowering bird's-foot is pollinated by bumblebees and other insects.

The grazing of cattle on pastures where the bird's-foot grows leads to the production of delicious milk and high-quality cheese. The hay from the bird's-foot does not cause bloating in livestock. V. Nikolaychuk, I. Feketa, and I. Grigoryuk note that "one of the most valuable biological properties of the bird's-foot trefoil is its unpretentiousness to environmental conditions" [9]. I. Hryhoriuk discovered the sensitivity of the bird's-foot trefoil to the conditions of the soil environment, which affects its ability to withstand low temperatures [10].

G. Birta and Y. Burgu claim that "this is a moisture-loving plant and can withstand flooding with water for up to 30 days" [11]. F. Escaraya et al. note that «some of the bird's-foot species show a great potential for adaptation to a number of abiotic stresses. Therefore, they are relevant components of grassland ecosystems in environmentally constrained areas of several South American countries and Australia, where they are used for livestock production» [12].

V. Olifirovych, V. Osadchuk, O. Chinchyk, and V. Kravchenko note that "the root mass accumulation occurred more slowly on the grassy stand of the bird's-foot trefoil with timothy. In the soil layer of 0–30 cm, the mass was 8.33 t/ha. Cultivation of a grass mixture of bird's-foot trefoil with smooth brome spike contributed to an increase in the amount of root mass by 0.42–0.80 t/ha compared to cultivation of a grass mixture of bird's-foot trefoil with timothy" [13].

Ukrainian scientists studied the influence of the ratio of leaf mass to stem mass on individual indicators of biochemical composition, nutrition and productivity of *Lotus corniculatus* L. by phenological phases [14]. N. Dobryanska and G. Galatovych studied the influence of sowing dates and methods on the seed yield and fodder mass of the variety bird's-foot trefoil Verkhovynets in the conditions of Precarpathia [15]. The authors of the article analyzed the collection samples of bird's-foot trefoil for fodder qualities for 2022 and 2023 [16].

The crested weat grass is a fodder cereal that is widely used in grass mixtures with alfalfa to create cultivated hayfields and pastures. The yield of hay is up to 30 c/ha. 100 kg of hay corresponds to 53 fodder units and 4 kg of digestible protein. In 1896, V. Bohdan introduced this cereal into culture for the first time. The crested weat grass is a drought-resistant and winter-hardy plant. It is an early-ripening cereal and therefore is well used by animals in the spring. This plant is resistant to trampling and grazing. In Ukraine, crested weat grass grows in the southern part of the Forest-Steppe, Steppe and in mountainous areas.

This plant has long been used in the steppes and meadows of the USA and Canada. «Seedling emergence in crested wheatgrass was shown to be enhanced by inoculation with the soil diazotroph *Bacillus polymyxa*» [17]. Scientists from North America claim that crested wheatgrass can be used to restore pastures. «It increases rangeland carrying capacity, readily establishes from seed, has excellent drought resistance and winterhardiness, provides high quality early spring and fall feed, and produces substantially more forage yield than native species» [18]. S. Wilson and B. Vaness studied the distribution of crested wheatgrass in the local prairies in the northern Great Plains [19]. K. Davies, J. Bates, C. Boyd investigated the ability of crested wheatgrass to invade and exclude native vegetation by drill seeding crested wheatgrass into intact sagebrush steppe understories at five sites [20].

Therefore, the urgency of the topic lies in the need to analyze collection samples of the bird's-foot trefoil and weat grasses for fodder and seed productivity in the conditions of the Southern Forest Steppe of Ukraine. This is important for finding good starting material in analytical breeding and solving the problem of seed production.

The aim of the study

The purpose of the research is to find out the adaptive potential of collection samples of the bird's-foot trefoil and wheat grasses to reveal the productivity of these perspective fodder grasses.

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

1) to evaluate the collection samples of the bird's-foot trefoil in terms of yield of green mass, hay and seeds;

2) to evaluate the collection samples of wheat grasses according to the height before mowing, yield of green mass after mowings, yield of hay after mowings and seed yield.

Materials and methods

Research was conducted 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 2022–2023. 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 research station is located on the border of the central warm zone of insufficient moisture and the southern warm arid zone. Therefore, this area is subject to the harmful effects of droughts. 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 21 collection samples of the bird's-foot trefoil and 23 collection samples of wheat grasses. In the collection samples were a crested wheat grasses and a desert wheat grasses. The length of the plot, on which the bird's-foot trefoil and wheat grasses grow, is 5 m, the width is 1.4 m. Sowing took place in a row method with a row spacing of 0.70 m. Phenological observations and biometric analysis of collection samples are organized according to the method of conducting examination of plant varieties [21].

Results and discussion

As evidenced by the data in *Table 1*, as a result of the study, the evaluation of the collection samples of the bird's-foot trefoil in an average of two years showed that in terms of the yield of green mass, the best samples were UJ0500112 (2262.30 g/m²), UJ0500110 (2200.40 g/m²), UJ0500012 (2063.80 g/m²) and UJ0500100 (1798.0 g/m²). Samples UJ0500019 (818.50 g/m²), UJ0500030 (919.35 g/m²), UJ0500006 (921.35 g/m²) and UJ0500032 (971.30 g/m²) performed the worst.

Determining the yield of hay in an average of two mowings and in an average of two years, the collection samples UJ0500112 (576.10 g/m²), UJ0500110 (557.10 g/m²), UJ0500012 (481.80 g/m²), UJ0500100 (439.0 g/m²), UJ0500055 (427.10 g/m²) and UJ0500118 (418.0 g/m²) showed themselves to be the best. Samples UJ0500019 (175.70 g/m²), UJ0500030 (188.5 g/m²) and UJ0500006 (199.85 g/m²) had the lowest indicator.

The collection samples UJ0500006 (155.40 g/m²), UJ0500030 (140.75 g/m²), UJ0500007 (134.95 g/m²) and UJ0500019 (134.44 g/m²) was revealed by the highest yield of seeds from the plot on average for 2022–2023. The lowest seed yield was recorded in samples UJ0500014 (63.67 g/m²), UJ0500009 (75.99 g/m²), UJ0500100 (82.30 g/m²), UJ0500118 (88.10 g/m²) and UJ0500055 (89.80 g/m²).

Table 1

Productivity of collection samples of the bird's-foot trefoil on average for 2022–2023

| No. according to the national catalog | Yield, g/m ² | | |
|---------------------------------------|-------------------------|--------|--------|
| | green mass | hay | seeds |
| UJ0500006 | 921.35 | 199.85 | 155.40 |
| UJ0500007 | 1207.05 | 258.50 | 134.95 |
| UJ0500009 | 1019.90 | 232.80 | 75.99 |
| UJ0500012 | 2063.80 | 481.80 | 95.70 |
| UJ0500014 | 1328.50 | 289.90 | 63.67 |
| UJ0500019 | 818.50 | 175.70 | 134.44 |
| UJ0500023 | 1199.95 | 258.45 | 122.20 |
| UJ0500024 | 1137.05 | 252.75 | 120.45 |
| UJ0500026 | 1095.65 | 262.75 | 97.86 |
| UJ0500030 | 919.35 | 188.5 | 140.75 |
| UJ0500032 | 971.30 | 222.80 | 122.10 |
| UJ0500033 | 1228.50 | 267.05 | 110.75 |
| UJ0500055 | 1699.50 | 427.10 | 89.80 |
| UJ0500100 | 1798.0 | 439.0 | 82.30 |
| UJ0500110 | 2200.40 | 557.10 | 109.30 |
| UJ0500111 | 1542.80 | 337.60 | 116.90 |
| UJ0500112 | 2262.30 | 576.10 | 106.10 |
| UJ0500114 | 1322.80 | 308.50 | 129.50 |
| UJ0500118 | 1655.60 | 418.0 | 88.10 |
| UJ0500119 | 1376.60 | 351.90 | 105.80 |
| UJ0500122 | 1468.50 | 386.60 | 95.60 |

So, comparing the results of an average of two years of studies on the productivity of collection samples of the bird's-foot trefoil, the best samples UJ0500012, UJ0500100, UJ0500110 and UJ0500112 were selected for the yield of green mass and hay.

Table 2 presents 23 collection samples of the wheat grasses. Of them, 18 samples of crested wheat grass and 5 samples of desert wheat grass (UDS00014, UDS00015, UDS00016, UDS00018, UDS00066). As evidenced by the data in *Table 2*, as a result of the study, the assessment of collection samples of wheat grasses over an average of two years showed that in terms of plant height before mowing, the crested wheat grass UDS00030 (71.5 cm), UDS00039 (70.6 cm), UDS00010 (68 cm), UDS00076 (67.3 cm) and UDS00081 (66.9 cm) showed their best. Among desert wheat grasses, only sample UDS00018 had a good result (65.3 cm). The worst indicator was in sample UDS00093 (46.7 cm). It is appropriate to compare the results of studies of collection samples of wheat grasses in terms of productivity.

In terms of the yield of green mass in an average of two years, collection samples of wheat grass UDS00073 (962.8 g/m²), UDS00039 (810.1 g/m²), UDS00070 (778 g/m²) and UDS00074 (753.3 g/m²) were the best. The lowest yield of green mass was given by the sample of crested wheat grass UDS00020 (389.2 g/m²). Three samples of desert wheat grass also gave a low yield of green mass. These are UDS00014 (392.3 g/m²), UDS00066 (434.9 g/m²) and UDS00015 (467.5 g/m²).

Table 2

Productivity of collection samples of the weat grasses on average for 2022–2023

| No. according to the national catalog | plant height before mowing, cm | Yield, g/m ² | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------|-------|
| | | green mass | hay | seeds |
| UDS00009 | 55.4 | 547.6 | 223.8 | 58.4 |
| UDS00010 | 68 | 558.5 | 225.8 | 60 |
| UDS00017 | 64.5 | 506.4 | 174.2 | 83.3 |
| UDS00020 | 54.9 | 389.2 | 116.1 | 89.7 |
| UDS00030 | 71.5 | 677.6 | 234.2 | 84.9 |
| UDS00039 | 70.6 | 810.1 | 272. | 84 |
| UDS00042 | 56. | 588.6 | 220.9 | 87.7 |
| UDS00054 | 53.1 | 573.1 | 182.3 | 77.9 |
| UDS00063 | 53.1 | 697.0 | 229.3 | 98.5 |
| UDS00070 | 53.8 | 778.0 | 255.2 | 84.4 |
| UDS00073 | 63.9 | 962.8 | 344.7 | 80.4 |
| UDS00074 | 60.8 | 753.3 | 270.5 | 54.2 |
| UDS00076 | 67.3 | 703.8 | 259 | 72.8 |
| UDS00081 | 66.9 | 665.2 | 256.9 | 86.7 |
| UDS00088 | 55.1 | 580.8 | 246.7 | 63.6 |
| UDS00093 | 46.7 | 652.3 | 251.4 | 65.4 |
| UDS00096 | 61.9 | 579.1 | 341.8 | 64.8 |
| UDS00098 | 53.3 | 705.1 | 243. | 56.5 |
| UDS00014 | 52.5 | 392.3 | 133.9 | 44.4 |
| UDS00015 | 56.5 | 467.5 | 141.8 | 61.9 |
| UDS00016 | 62 | 507.5 | 179 | 73.6 |
| UDS00018 | 65.3 | 645.5 | 207.5 | 107.5 |
| UDS00066 | 52.3 | 434.9 | 192.3 | 120.5 |

Determining the yield of hay in an average of two mowings and in an average of two years, the collection samples UDS00073 (344.7 g/m²), UDS00039 (272.5 g/m²), UDS00074 (270.5 g/m²), UDS00076 (259 g/m²), UDS00081 (256.9 g/m²) and UDS00070 (253.2 g/m²) showed their best. Collection samples of crested weat grass UDS00020 (116.1 g/m²) and two samples of desert weat grass UDS00014 (133.9 g/m²) and UDS00015 (141.8 g/m²) showed themselves to be the worst.

Two samples of desert weat grass UDS00066 (120.5 g/m²) and UDS00018 (107.5 g/m²) and a sample of crested weat grass UDS00063 (89.5 g/m²) were found for the highest seed yield from the plot in 2022–2023. The desert weat grass UDS00014 (44.4 g/m²) gave the lowest seed yield from the plot.

So, comparing the results of an average of two years of research on the productivity of collection samples of weat grasses, the best sample of crested weat grass UDS00039 was selected. The samples of crested weat grass UDS00070, UDS00073, UDS00074, UDS00076, UDS00081 and desert weat grass UDS00018 also performed well.

Conclusions

The study of fodder and seed productivity of the bird's-foot trefoil and weat grasses will affect the productivity improvement of meadows and pastures in Ukraine. It is advisable to use these plants for the creation of cultural pastures and hayfields and their restoration after the war. As a result of the research for 2022–2023, the adaptive potential of collection samples of the bird's-foot trefoil and weat grasses was clarified to reveal the productivity of these perspective fodder grasses.

1. An evaluation of the collection samples of the bird's-foot trefoil was carried out according to the yield of green mass, hay and seeds. The best collection samples

of UJ0500012, UJ0500100, UJ0500110 and UJ0500112 were selected for the yield of green mass (respectively 2063.80 g/m², 1798.0 g/m², 2200.40 g/m², 2262.30 g/m²) and hay (respectively 481.80 g/m², 439.0 g/m², 557.10 g/m², 576.10 g/m²).

2. Collection samples of weat grasses were assessed for height before mowing, yield of green mass after mowings, hay productivity after mowings and seed yield. The best sample of the crested weat grass UDS00039 was selected out for the height of the plant before mowing (70.6 cm), the yield of green mass (810.1 g/m²) and the yield of hay (272.5 g/m²). The best collection samples of the crested weat grass UDS00070, UDS00073, UDS00074 were selected for the yield of green mass (respectively 778 g/m², 962.8 g/m², 753.3 g/m²) and hay (respectively 255.2 g/m², 344.7 g/m², 270.5 g/m²). The best collection samples of the crested weat grass UDS00076 and UDS00081 were selected for plant height before mowing (67.3 cm and 66.9 cm, respectively) and hay yield (259 g/m² and 256.9 g/m², respectively). The desert weat grass UDS00018 also performed well in terms of plant height before mowing (65.3 cm) and seed yield (107.5 g/m²).

Selected collection samples of the bird's-foot trefoil and weat grasses are recommended as initial material for analytical selection.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- 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
- Petrychenko, V. F., & Kurhak, V. H. (2013). *Kulturni sinozhzhati ta pasovyshcha Ukrainy*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian]
- Zinchenko, O. I., Demydas, H. I., & Sichkar, A. O. (2014). *Kormovyrobnystvo*. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD» [in Ukrainian]
- Sobko, M. H., Sobko, N. A., & Sobko, O. M. (2012). Rol bahatorichnykh bobovykh trav u pidvyshchenni rodiuchosti gruntu. *Kormy i kormovyrobnystvo*, 74, 53–57. [in Ukrainian]
- Vlokh, V. H., Kyrychenko, N. Ia., & Kohut, P. M. (2003). *Lukivnystvo*. Kyiv: Urozhai. [in Ukrainian]
- Iermakova, L. M., Ivanovska, R. T., & Shevnikov, M. Ia. (2008). *Kormovyrobnystvo*. Kyiv: Intas [in Ukrainian]
- Buhaiov, V. (2023). Dyvo: liadvenets rohatyi. «SontseSad», 2. [in Ukrainian]
- Baystruk-Hlodan, L., Konyk, H., Khomiak, M., & Zhapaleu, H. (2020). Evaluation of the *Lotus corniculatus* L. breeding material on slope lands of the Carpathian region. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, (68) 2, 8–23. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(68\)-2-1](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-2-1)
- Nikolaichuk, V. I., Feketa, I. Iu., & Hryhoriuk, I. P. (2003). Zymostiikist *Lotus corniculatus* L.v umovakh Karpat. *Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho Natsionalnoho Universytetu. Seriiia Biolohiia*, 13, 48–50. [in Ukrainian]
- Hryhoriuk, I. P. (2006). Osoblyvosti zrostantia liadventsiu rohatoho na hruntakh vysokohiria Zakarpattia. *Ahrarna Nauka i Osvita*, 7 (3-4), 61–65. [in Ukrainian]
- Birta, H. O., & Burhu, Yu. H. (2014). *Osnovy roslynnystva i tvarynnystva*. Kyiv: Tsentri uchbovoi literatury [in Ukrainian]
- Escaray, F. J., Menendez, A. B., Gárriz, A., Pieckenstein, F. L., Estrella, M. J., Castagno, L. N., Carrasco, P., Sanjuán, J., & Ruiz, O. A. (2012). Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant Science*, 182, 121–133. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.03.016>
- Olifirovich, V. O., Osadchuk, V. D., Chynchyk, A. S., & Kravshenko, V. S. (2018). Accumulation of the root mass of the leguminous grass, due to the composition of the mixture and fertilizer. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 201–208. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2018-93-1-201-208>

14. Kovtun, K. P., Veklenko, Yu. A., Korniiichuk, O. V., & Babych-Poberezhna, A.A. (2020). Biokhimichni sklad i kormova produktyvnist liadventsiu rohatoho *Lotus corniculatus* L. v umovakh Pravoberezhnoho Stepu Ukrainy. *Norwegian Journal of development of the International Science*, 45, 4–7. [in Ukrainian]
15. Dobrianska, N. A., & Halatovych, H. Ia. (2010). Formuvannia vrozhaui nasinnia ta kormovoi produktyvnosti liadventsiu rohatoho zalezno vid sposobiv i strokiv sivby. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 98, 220–227. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2010.70295> [in Ukrainian]
16. Antonets, O. A., & Kocherha, V. Ia. (2024). Kormova ta nasinnieva produktyvnist kolektsiinykh zrazkiv liadventsiu rohatoho. «Luchni ahrofitosenozy: innovatsiini aspekty ratsionalnoho vykorystannia v umovakh yevrointehratsii»: *Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (s. Obroshyne, 5 chervnia 2024 r.) (pp. 3–5.) Lviv-Obroshyne [in Ukrainian]
17. Holl, F. (1988). Response of crested wheatgrass (*Agropyron cristatum* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* and white clover (*Trifolium repens* L.) to inoculation with *Bacillus polymyxa*. *Soil Biology and Biochemistry*, 20 (1), 19–24. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90121-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90121-6)
18. Robins, J. G., & Jensen, K. B. (2020). Breeding of the *Crested wheatgrass* complex (*Agropyron* spp.) for North American temperate rangeland agriculture and conservation. *Agronomy*, 10 (8), 1134. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081134>
19. Vaness, B. M., & Wilson, S. D. (2007). Impact and management of crested wheatgrass (*Agropyron cristatum*) in the northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant Science*, 87 (5), 1023–1028. <https://doi.org/10.4141/cjps07120>
20. Davies, K. W., Bates, J. D., & Boyd, C. S. (2023). Is *Crested wheatgrass* invasive in Sagebrush Steppe with Intact Understories in the Great Basin? *Rangeland Ecology & Management*, 90, 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.03.004>
21. 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]

ORCID

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



2024 Antonets O. and Kocherha 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.

Spring durum wheat yield capacity in the Left-Bank Forest-Steppe

V. Liashenko✉ | Ye. Polezhak

Article info

Correspondence Author

V. Liashenko

E-mail:

viktor.liashenko@ukr.net

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Liashenko, V., & Polezhak, Ye. (2024). Spring durum wheat yield capacity in the Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 21–25. doi: 10.31210/spi2024.27.04.04

Spring durum wheat is a valuable food crop, from which high-quality flour is received for manufacturing macaroni products and grits having high nutritive value. Modern varieties of spring durum wheat can provide yields of 4.5–5.0 t/ha, in contrast to the varieties of winter durum wheat as the former ones are characterized by a considerable plasticity and stability to the environmental conditions as well as a short growing period. This allows introduce the crop into the structure of rotation systems in all zones of Ukraine and use it as an assurance crop for reseeding perished sown areas of winter wheat. The article deals with the increase in the volumes of growing spring durum wheat in Ukraine, which is stipulated by the corresponding conditions, including large areas under sowing and favorable climate. Owing to these factors, both the domestic market will be provided with high-quality raw materials for manufacturing products and the international market in the EU countries, which import grain from Canada, the USA, and Turkey. The experiments were conducted during 2022–2024 in Hlobyne district of Poltava region. Two varieties of spring durum wheat were used in the research: of Ukrainian selection (Nashchadok, of V. Ya. Yurieva Institute of Plant Growing of the National Academy of Agrarian Sciences), and of foreign selection (Acvilon, KVS Lohov GmbH, Germany). It has been determined that the variety of spring durum wheat of Ukrainian selection has the best yield indicators under unstable weather and climatic conditions – at the level of 4.2–4.5 t/ha. It was calculated that in the most favorable year of 2023 the yield of Acvilon variety was by 18.4 % lower than that of Nashchadok variety, and in 2022 and 2024 – by 22.9 % and 35.5 %, respectively. Moreover, the unfavorable weather conditions of 2024 resulted in the yield decrease of Nashchadok variety by 6.7 % and of Acvilon variety – by 18.4 %. It has been substantiated that under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, it is expedient to cultivate the regionalized Nashchadok variety fertilized with Macrostar NPK 8:15:15 (100 kg/ha) during the sowing period and with Naturamin WPS (0.2 kg/ha) fertilization in the layering phase.

Keywords: variety, growing period, climatic conditions, yield, fertilizers, profitability.

Врожайність пшениці твердої ярої в Лівобережному Лісостепу

В. В. Ляшенко | Є. Ю. Полежак

Полтавський державний

аграрний університет,

Полтава, Україна

Пшениця тверда яра – цінна продовольча культура, з якої отримують високоякісне борошно для виробництва макаронних виробів і круп з високою харчовою цінністю. Сучасні сорти пшениці твердої ярої можуть забезпечити врожайність у 4,5–5,0 т/га та, на відміну від озимих форм пшениці твердої, характеризуються достатньо високою пластичністю та стабільністю до умов довкілля, коротким вегетаційним періодом. Це дозволяє вводити культуру в структуру сівозмін в усіх зонах України та використовувати як страхову культуру для пересіву загублених посівів пшениці озимої. У статті зазначено про збільшення обсягів вирощування пшениці твердої ярої в Україні, що обумовлено наявністю відповідних умов, включно з великими посівними площами та сприятливим кліматом. Завдяки цьому буде забезпечено як внутрішній ринок високоякісною сировиною для виробництва продукції, так і зовнішній в країнах ЄС, які імпортують зерно з Канади, США, Туреччини. Дослідження проведено протягом 2022–2024 років у польових умовах Глобинського району Полтавської області. У дослідженні було використано два сорти пшениці твердої ярої вітчизняної (Нашадак, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН) та іноземної селекції (Аквілон, КВС Лохов ГмбХ, Німеччина). Визначено, що сорт пшениці твердої ярої вітчизняної селекції має найкращі показники врожайності за нестабільних погоднокліматичних умов на рівні 4,2–4,5 т/га. Розраховано, що в найбільш сприятливий 2023 рік врожайність сорту Аквілон на 18,4 % менше за сорт Нашадак, а у 2022 і 2024 роки – на 22,9 % і 35,5 % відповідно. При цьому несприятливі погодні умови 2024 року зменшили врожайність сорту Нашадак на 6,7 %, а сорту Аквілон – на 18,4 %. Обґрунтовано, що в умовах лівобережного Лісостепу України доцільно вирощувати районований сорт Нашадак з удобренням під час сівби Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) й у фазі кущення Натурамін WPS (0,2 кг/га).

Ключові слова: сорт, вегетаційний період, кліматичні умови, урожай, удобрення, прибутковість.

Бібліографічний опис для цитування: Ляшенко В. В., Полежак Є. Ю. Врожайність пшениці твердої ярої в Лівобережному Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 21–25.

Вступ

Пшениця тверда (*Triticum durum Desf.*) є основною продовольчою культурою й єдиним тетраплоїдним видом пшениці, що використовується в комерційних цілях і споживається як харчовий продукт [1]. Вирощується вона приблизно на 17 млн га в усьому світі, переважно в Середземноморському басейні, Канаді та Сполучених Штатах Америки [2, 3]. Світове виробництво пшениці твердої скоротилося на 10 % до 31,4 млн т у 2023/2024 маркетингових роках, а споживання перевищило виробництво на 2,6 млн т. У Канаді, найбільшому світовому експортері, виробництво твердих сортів пшениці знизилось на 30 % до 4,0 млн т через посуху в основних районах вирощування. В ЄС посуха в Іспанії скоротила виробництво, в результаті чого його загальний обсяг країнами ЄС склав 7,0 млн т, що на 7 % менше, ніж у попередньому році. Водночас дощі під час збирання врожаю в Італії погіршили якість врожаю твердих сортів. У результаті імпорту ЄС пшениці твердої зріс на 26 % до 3,4 млн т [4].

Україна займає шосте місце з-поміж країн-експортерів пшениці твердих сортів з обсягами 4,4 % від загального обсягу її експорту, що становить 589 млн дол. До основних покупців вітчизняної пшениці твердої входять Пакистан (7,75 %), Ліван (24,8 %), Ефіопія (27,8 %), Єгипет (32 %) [5].

Хоча, пшениця тверда як в Україні, так і в світі, належить до нішевих культур через незначні загальні площі під її вирощуванням, ця культура має великий потенціал збільшення обсягів виробництва й експорту продукції з неї [6]. Стабільний попит на пшеницю тверду обумовлений стійким запитом на високоякісні макаронні вироби й інші продукти харчування (крупни Артек, кук-кус і булгур) [7], а також використовуватись як поліпшувач при випіканні хліба [8].

Зерно пшениці твердої ярої характеризується особливим складом і високими хлібопекарськими та круп'яними якостями, вміщує більше за пшеницю озимую протеїну – до 15–18 %, клейковини – 28–40 % [9, 10]. Тому вона є єдиним джерелом сировини для виготовлення макаронних виробів найвищої якості, що характеризується високою міцністю, бурштиново-жовтим кольором, низькою засвоюваністю, незначною втратою речовин при варінні, приємним смаком і харчовою цінністю [11].

Доцільно відзначити, що продуктивність пшениці ярої та хімічний склад зерна можуть значно змінюватись. Сорт пшениці, добрива та агротехніка, а також рівень родючості ґрунту, погодні умови – все це впливає на врожайність та якість зерна [12–15]. Також, для підвищення стресостійкості рослин доцільно використовувати передпосівну обробку насіння стимуляторами росту й опромінювати ультрафіолетовим світлом у діапазоні С (100–280 нм), що додатково сприяє збільшенню врожайності від 8 % [16, 17].

Окрім того, Україна володіє відповідними умовами для вирощування пшениці твердої, включно з великими посівними площами та сприятливим кліматом. Вказані фактори сприяють високій якості та врожайності культури. А враховуючи її вищу ціну відносно м'яких сортів (наприклад, на американському ринку – на 23,7 % [4], а на внутрішньому – майже вдвічі [7]) та

існуючий дефіцит, вітчизняна продукція здатна зайняти своє місце на світовому ринку.

Таким чином, посівні площі під пшеницею твердою в Україні повинні становити більше 300 тис. га, тоді як поки що вони поступаються пшениці м'якій озимій. Враховуючи, що вітчизняні сорти пшениці твердої ярої характеризуються більшою адаптацією до ґрунтово-кліматичних умов України, вони мають значні переваги перед іноземними сортами. За достатньо високої урожайності сучасні сорти пшениці твердої ярої (5–6 т/га – Ізольда, Діана, Жизель), вони мають високу якість зерна. Тоді як головною проблемою, що стримувала її розвиток, була невисока врожайність на рівні 2,5 т/га [18]. Отже, вдосконалення технології вирощування, що сприятимуть підвищенню врожаю й якості зерна за умови менших витрат на виробництво цієї культури, забезпечить її рентабельність і привабливість в умовах нестабільного сільськогосподарського ринку [19]. За наявності значної кількості сортів пшениці твердої ярої необхідно обрати відповідну, що здатна реалізувати свій генетичний потенціал за певних агрокліматичних і технологічних факторів вирощування в умовах України [20].

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у виявленні факторів впливу на врожайність пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження: провести аналіз погодно-кліматичних умов за роки досліджень; дослідити врожайність пшениці твердої ярої різних сортів; за результатами визначити сорт пшениці, який є більш врожайним і рентабельним для вирощування.

Матеріали і методи

Дослідження закладено впродовж 2022–2024 років у польових умовах Глобинського району Полтавської області. Ґрунти дослідних ділянок характеризуються наступними показниками (*табл. 1*):

Таблиця 1

Аналіз ґрунту дослідних ділянок для вирощування пшениці твердої ярої

| Показник | Значення | |
|--|-----------|---------------------|
| | результат | рівень забезпечення |
| pH ґрунту (сольовий), од. pH | 7,20 | слаболужна |
| pH ґрунту (водний), од. pH | 8,02 | слаболужна |
| Органічна речовина, % | 3,70 | Н |
| Азот (N), мг/кг | 256,14 | В |
| Азот аміачний (NH ₄), мг/кг | 29,99 | В |
| Азот нітратний (NO ₃), мг/кг | 10,10 | С |
| Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг | 61,26 | С |
| Калій (K ₂ O), мг/кг | 191,74 | В |
| Кальцій (Ca), мг/кг | 5415,50 | ДВ |
| Магній (Mg), мг/кг | 205,95 | В |
| Сірка (S), мг/кг | 3,11 | Н |
| Мідь (Cu), мг/кг | 1,22 | В |
| Бор (B), мг/кг | 1,42 | С |
| Цинк (Zn), мг/кг | 0,41 | ДН |
| Марганець (Mn), мг/кг | 85,90 | С |
| Залізо (Fe), мг/кг | 41,02 | Н |
| Молибден (Mo), мг/кг | 0,16 | В |
| Кобальт (Co), мг/кг | 0,76 | ДВ |

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

Матеріалом дослідження було обрано два сорти пшениці твердої ярої – Нащадок і Аквілон (*табл. 2*). Попередник – ріпак ярий. Розмір дослідних

ділянок: посівної – 80 м², облікової – 50 м², за чотирьох разового повторення. Розміщення ділянок – систематичне.

Таблиця 2

Сортові характеристики дослідних сортів пшениці твердої ярої

| Рік реєстрації | Рекомендована зона вирощування | Стійкість, бал | Маса 1000 зерен, г | Вміст білка, % | Вміст клейковини, % | Врожайність, ц/га |
|--|--------------------------------|---|--------------------|----------------|---------------------|---|
| Нащадок (оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН) | | | | | | |
| 2008 | Лісостеп, Полісся, Степ | до посухи: 7,0–8,5 до полягання: 7,2–8,3 до осипання: 8,2–8,9 до хвороб: середня | 40,5–44,4 | 13,5–15,7 | 31–34 | 55,0 |
| Аквілон (оригінатор – КВС Лохов ГмбХ, Німеччина) | | | | | | |
| 2016 | Полісся, Лісостеп | до посухи: 6,6–8,1 до полягання: 8,9–9,0 до осипання: 8,9–9,0 до окремих видів шкідників (хвороб): борошниста роса – 8,1–9,0 іржа бура – 8,2–8,9 фузаріоз – 8,8–9,0 | 32,4–38,9 | 14,1 | 28,8–30,0 | Степ: 21,6 Лісостеп: 38,4 Полісся: 36,5 |

Джерело: побудовано за [21, 22].

Обробіток ґрунту проводився шляхом закриття вологи та передпосівної культивування на глибину 3–4 см. Передпосівне протруювання насіння здійснено Ламардор Про 180 FS (0,5 л/т) і Гаучо Плюс 466 FS (0,3 л/т). Разом з посівом у рядок вносили мінадобриво Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га).

Норма висіву сорту Нащадок – 250 кг/га (5 млн шт.). Агротехніка вирощування передбачала внесення:

- у фазі куцання:

фунгіцид Альто Супер 330 ЕС (1 л/га); інсектицид Джеронімо (0,2 кг/га); фунгіцид Рекс дуо 0,5 (0,3 л/га); добриво Грінфорд Натурамін WPS (0,2 кг/га) з амінокислотним складом: 7,81 % аспарагінової кислоти; 11,69 % глутамінової кислоти; 14,48 % серину; 8,5 % гліцину; 1,63 % histidine; 6,12 % аргініну; 5,34 % треоніну; 5,31 % аланіну; 12,38 % проліну; 0,76 % тірозіну; 5,87 % валіну; 0,58 % метіоніну; 3,75 % ізолейцину; 7,38 % лейцину; 5,50 % фенілаланіну; 1,63 % лізіну; 1,28 % цистеїну

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

Норма висіву сорту Аквілон – 185 кг/га (6 млн шт.). Агротехніка вирощування передбачала внесення:

у фазі куцання: фунгіциди Грінфорд КД 500 (250 л/га) і Грінфорд ФФ 250 (250 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); гербіцид Квелекс (55 г/га); мікродобриво Амінофоска (12 % азоту, 15 % фосфор, 15 % калію, 14 % сірки);

у фазі цвітіння: фунгіцид Грінфорд Супер (250 л/га); інсектицид Грінфорд ІЛ 200 (200 л/га); мікродобриво Ружверт Турбо (2 л/га) на основі трьох форм азоту й екстракту водоростей.

У дослідженні використана методика дослідної справи [23] з урахуванням науково-практичних рекомендацій з вирощування пшениці твердої ярої. Використана загальноприйнята технологія вирощування культури в умовах лівобережного Лісостепу України.

Розрахунок врожайності проведено подільночно з використанням методу суцільного обмолоту за прямого комбайнування. Обробку урожайних даних проведено статистичними методами з використанням Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Технологія вирощування пшениці твердої ярої є простою, але сама культура є вимогливою до якості посівного матеріалу, попередників, стану ґрунтів і кліматичних умов сезону. Тож, якщо навіть забезпечити відповідність трьох перших чинників, то вплинути на температурний і водний режим – не можливо.

Необхідно відзначити, що формування елементів продуктивності забезпечується на основних етапах органогенезу протягом вегетаційного періоду, тривалість якого визначається погодними умовами. Водний і температурний режими – визначальні фактори у формуванні величини врожаю та якості зерна пшениці твердої [24]. Тому завдяки аналізу погодних умов можна визначити їх вплив на врожайність культури за інших сталих умов.

За роки досліджень кліматичні умови на дослідних полях відрізнялись значними коливаннями (*рис. 1, 2*), що є загальною тенденцією в Україні, та вимагає від виробників постійно пристосовуватись до них. Відмічено, що в Україні середньорічна температура зростає втричі швидше, порівняно з тенденціями у всьому світі. З кожним роком у всіх сезонах відслідковується стабільне прискорення інтенсивності температурного росту, що порівняно з багаторічними нормативами складає +2,5...+3,0 °С [25].

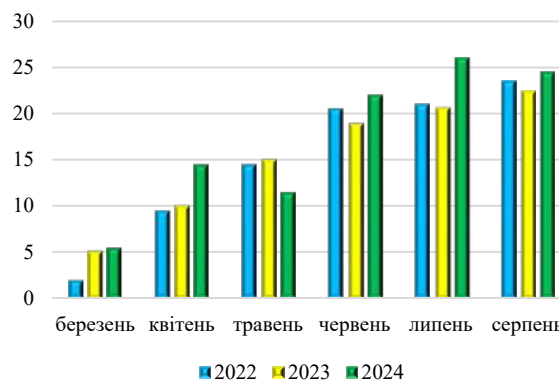


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря, 2022–2024 роки, °С

Як видно з *рис. 1* сівба у 1 декаді березня супроводжувалась сприятливим температурним режимом, що продовжувався протягом всієї весни. При цьому найбільш теплими були березень 2023–2024 років, квітень 2024 року і травень 2022–2023 років. При цьому влітку найбільш помірні температури були у 2023 році, а максимальні – в 2024 році.

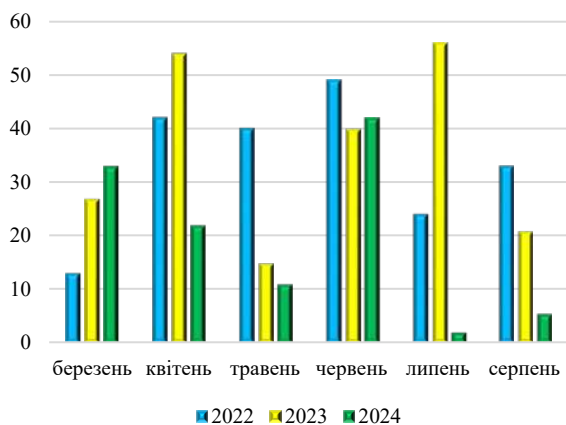


Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів, 2022–2024 роки, мм

Таблиця 3

Врожайність дослідних сортів пшениці твердої ярої, 2023–2024 роки

| Сорт | Врожайність за роками, т/га | | | | Приріст/зниження врожайності, % | |
|---------|-----------------------------|------|------|---------|---------------------------------|-----------|
| | 2022 | 2023 | 2024 | середня | 2023/2022 | 2024/2023 |
| Нашадок | 4,3 | 4,5 | 4,2 | 4,3 | 4,7 | -6,7 |
| Аквілон | 3,5 | 3,8 | 3,1 | 3,5 | 8,6 | -18,4 |
| Середня | 3,9 | 4,2 | 3,7 | 3,9 | 6,7 | -12,6 |

Отже, за даними *табл. 3* найбільш врожайним виявився сорт Нашадок, який забезпечив у 2022 році врожай 4,3 т/га, у 2023 році – в 4,5 т/га, а у 2024 році – 4,2 т/га, що в середньому за три роки складає 4,3 т/га. Сорт Аквілон за найбільш сприятливого 2023 р. забезпечив врожайність на рівні 84,4 % від сорту Нашадок, а у 2022 і 2024 роках – відповідно 81,4 % і 73,8 %.

Найбільший вплив на врожайність за дослідні роки були спричинені погодно-кліматичними умовами, що призвело до зменшення середньої врожайності на 12,6 %. У 2024 р. відносно 2022 і 2023 років температура повітря була значно вище з квітня по серпень, а кількість опадів – значно менше у критичні для рослини періоди (див. *рис. 1, 2*).

Таким чином, за екстремальних погодних умов найкраще себе показав сорт пшениці твердої ярої Нашадок, який районований до умов Лісостепу України та має генетично вищу врожайність (див. *табл. 2*). За його удобрення Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) під час сівби, як і сорту Аквілон, та Грінфорд Натурамін WPS (0,2 кг/га) у фазі кушення дозволяє отримати більшу за три роки врожайність у середньому на 0,8 т/га (22,9 %), що дозволяє отримати додатковий прибуток у розмірі приблизно 10,4 тис. грн/га (з розрахунку вартості зерна – 13 тис. грн). А якщо враховувати додаткове удобрення пшениці сорту Аквілон у фазу цвітіння мікродобривом Ружверт Турбо (2 л/га), то витрати

За показниками забезпечення вологи кожного року спостерігається нерівномірність і значні коливання. Так, у 2022 році протягом вегетаційного періоду випало 201 мм опадів, тоді як у 2023 і 2024 роках – відповідно 106,0 % і 57,5 % від його рівня.

Відомо, що пшениця яра достатньо вимоглива до вологи, особливо у фазі кушення та виходу в трубку. За достатнього рівня вологи в ґрунті рослина здатна витримати збільшення температури до +30 °С без втрат для врожаю. Пшениця тверда завдяки кращій поглинальній здатності кореневої системи є більш стійкою до ґрунтової посухи, тому здатна краще переносити повітряну посуху. Однак, вона дуже чутлива щодо вмісту вологи у міжфазний період кушіння – вихід в трубку. За нестачі вологи в цей період відбувається зростання кількості безплідних колосків. Взагалі, вегетаційний період пшениці ярої за вологоспоживанням можна розглядати наступним чином: 5–7 % у фазі сходів, 15–20 % – кушення, 50–60 % – стеблуння–колосіння, 20–30 % – молочної стиглості, 3–5 % – воскової [26].

За подібних вимог рослини пшениці твердої ярої дослідних сортів отримали кращі умови розвитку у 2023 році, а найгірші – у 2024 році, що вплинуло на середні показники її врожайності (*табл. 3*).

на її вирощування зростуть на його вартість (2900 грн за 10 л) та витрат на ПММ і заробітну плату працівникам.

Висновки

За результатами досліджень здійснено аналіз урожайності сортів пшениці твердої ярої різних оригінаторів (Україна та Німеччина) в агрокліматичних умовах лівобережного Лісостепу. Визначено, що найкращі показники врожайності за нестабільних погодно-кліматичних умов має сорт пшениці твердої ярої вітчизняної селекції. Розраховано, що в найбільш сприятливий 2023 рік врожайність сорту Нашадок на 18,4 % більше за сорт Аквілон, а у 2022 і 2024 роки – на 22,9 % і 35,5 % відповідно. При цьому несприятливі погодні умови 2024 року зменшили врожайність сорту Нашадок на 6,7 %, а сорту Аквілон – на 18,4 %. Це свідчить про доцільність вирощування районованого сорту Нашадок за удобрення під час сівби Macrostar NPK 8:15:15 (100 кг/га) й у фазі кушення Натурамін WPS (0,2 кг/га).

Перспективи подальших досліджень направлені на визначення якості зерна пшениці твердої озимої в умовах лівобережного Лісостепу України.

Конфлікт інтересів

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

References

1. 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 (2), 283–294. <https://doi.org/10.1007/s42976-022-00305-x>
2. Careddu, M. L., Giunta, F., & Motzo, R. (2023). Lessons from the Varietal Evolution of Durum Wheat in Italy. *Agronomy*, 14 (1), 87. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010087>
3. Cereals for the production of grain (including seed) by area, production and humidity. *Eurostat*. <https://doi.org/10.2908/TAG00027>
4. Ledford, T. (2024). Shifted trade flows: Black Sea durum enters the global market. *U.S. Wheat Associate*. Retrieved from: <https://www.uswheat.org/wheatletter/shifted-trade-flows-black-sea-durum-enters-the-global-market/>
5. Tverda pshenytsia: populiami sorty ta osoblyvosti vyroshchuvannya. *Tetra-Agro*. Retrieved from: https://tetra-agro.com.ua/news/tverda_psenicya_populyarni_sorty_ta_osoblyvosti_vyroshchuvannya?srsltid=Afm-BOoro2iket4IHj8EXLuOVb-zHwNNq_vHXg9O_V6ZighsDly-lahoGJ [in Ukrainian]
6. V Ukraini prohnouzietsia zbilshennia ploshch pid tvrdoiu pshenyseiu. *Agronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/tsogorich-v-ukrayini-prognozuetsya-zbilshennia-ploshch-pid-tvrdoiu-pshenyseiu> [in Ukrainian]
7. Popyt na nasinnia yaroi pshenytsi tverdikh sortiv zrostantia. *IAS "Ahrarii razom"*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/popyt-na-nasinnia-yaroi-pshenytsi-tverdikh-sortiv-zrostantia> [in Ukrainian]
8. Kalenska, S. M., & Shutyi, O. I. (2015). Formuvannya pokaznykiv struktury vrozhaiv pshenytsi tvrdoi yaroi zalezho vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya Ahronomiia i Biolohiia*, 3 (29), 170–173 [in Ukrainian]
9. Manko, K. M., & Usov, O. S. (2017). Udobrennia pshenytsi tvrdoi yaroi. *Ahronomiia Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8881-udobrennia-pshenytsi-tvrdoi-yaroi.html> [in Ukrainian]
10. Andriichenko, L. V. (2006). Shliakhy pidvyshchennia vrozhaivosti ta yakosti zerna pshenytsi yaroi tvrdoi na pivdni Ukrainy. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomor'ia*, 33 (1), 33–38 [in Ukrainian]
11. Hospodarenko, H., Mostoviak, 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\(3\).2022.16-25](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-25)
12. Wang, X., Cai, D., Grant, C., Hoogmoed, W. B., & Oenema, O. (2015). Factors controlling regional grain yield in China over the last 20 years. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (3), 1127–1138. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0288-z>
13. Mukherjee, A., Wang, S.-Y. S., & Promchote, P. (2019). Examination of the climate factors that reduced wheat yield in Northwest India during the 2000s. *Water*, 11 (2), 343. <https://doi.org/10.3390/w11020343>
14. Xue, C., Matros, A., Mock, H.-P., & Mühling, K.-H. (2019). Protein composition and baking quality of wheat flour as affected by split nitrogen application. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00642>
15. Zörb, C., Ludewig, U., & Hawkesford, M. J. (2018). Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. *Trends in Plant Science*, 23 (11), 1029–1037. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.08.012>
16. Korotkova, I., Chaika, T., Romashko, T., & Rybalchenko, A. (2022). Photosynthetic pigments content in emmer wheat plants as criteria of productivity in traditional and organic farming technology. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 6 (1), 31–39. <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.1.255277>
17. Chaika, T., Korotkova, I., Barabolia, O., Shokalo, N., Chetveryk, O., Bilenko, O., & Krykunova, V. (2021). Technological peculiarities of growing mustard and two-grained spelt (*Triticum Dicoccum* (Schrank) Schuebl) by organic farming methods. *International Journal of Botany Studies*, 6 (6), 205–210.
18. Kalenska, S. M., & Shutyi, O. I. (2016). Formation of productivity and quality of durum spring wheat depending on a mineral nutrition in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 19–24. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.03.04>
19. Ploshcha pid tvrdoiu pshenyseiu v Ukraini maie stanovyty ne menshe 300 tys. ha. *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://super-agronom.com/news/441-ploshcha-pid-tvrdoiu-pshenyseiu-v-ukrayini-maye-stanoviti-ne-menshe-300-tis-ga> [in Ukrainian]
20. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Bobro, M. A., Chyhryn, O. V., & Antal, T. V. (2015). *Upravlinnia produktyvnosti posiviv pshenytsi tvrdoi yaroi v Livoberezhnomu ta Pivnichnomu Lisostepu Ukrainy*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
21. Nasinnia pshenytsi yaroi Nashchadok. *Agrostadion*. Retrieved from: <https://agrostadion.com/catalog/nasinnia-polovykh/nasinnia-pshenytsi/nasinnia-pshenytsi-iaroi-nashchadok-tvrda-elita> [in Ukrainian]
22. Sort KVS AKVILON. *IAS "Ahrarii razom"*. Retrieved from: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/kvs-akvilon> [in Ukrainian]
23. Didora, V. H., Smahlii, O. F., & Ermantraut, E. R. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzen v ahronomii: navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian]
24. Antal, T. V. (2010). Produktivnist pshenytsi tvrdoi yaroi zalezho vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v pravoberezhnii chastyni Lisostepu Ukrainy. *Candidate's thesis*. Natsionalnyi universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy, Kyiv [in Ukrainian]
25. Pohodni umovy 2020: opady, temperatura gruntu ta povitria. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/782-pogodni-umovi-2020-opadi-temperatura-gruntu-temperatura-povitrya> [in Ukrainian]
26. Kozelets, H., Ishchenko, V., & Haidenko, O. (2021). Yara pshenytsia – kliuchovi momenty produktyvnosti. *Ahronomiia Sohodni*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20149-yara-pshenytsia-kliuchovi-momenty-produktyvnosti.html> [in Ukrainian]

ORCID

V. Liashenko 

<https://orcid.org/0000-0003-0177-6209>



2024 Liashenko V. and Polezhak Ye. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Promising non-pubescent varieties of cultivated soybean

L. Biliavska  | Y. Garbuzov

Article info

Correspondence Author

L. Biliavska

E-mail:

bilyavska@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Biliavska, L., & Garbuzov, Y. (2024). Promising non-pubescent varieties of cultivated soybean. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 26–30. doi: 10.31210/spi2024.27.04.05

Soybean – *Glycine max* (L.) Merr.) occupies the world's largest area among legumes and ranks fourth in terms of production after wheat, corn and rice. At the present stage of soybean cultivation, the role of the variety is significantly increasing. The article presents the results of studying the indicators of economic suitability of new breeding lines and varieties of soybeans created at Poltava State Agrarian University. Morion, Serdolik, and Citrine are unique because they have no pubescence on all parts of the plant. There are no pubescent varieties in the State Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine. The purpose of our research was to determine the level of manifestation of the main economically valuable indicators of the newly developed varieties and breeding lines in comparison with the best registered varieties. The field studies were conducted (2022–2023) in the conditions of the Farm “Gryga” (Poltava district, Poltava region). Soil – podzolized black soil, predecessor – winter wheat. The object of research is three new varieties without pubescence: Morion, Serdolik and Citrine. These varieties have a growing season of 99–100 days, so they were compared to the standard variety Anthracite. Over the two years of study in the competitive variety trial, the seed yield of the Morion variety was 3.7 t/ha, which is at the level of the standard. In the variety carmelian, the yield was significantly higher than its value in the standard variety and amounted to 3.8 t/ha. The Citrine variety had the same yield as the standard – 3.6 t/ha. The yield of conditioned seeds in all non-dusted varieties was higher than in the standard Anthracite. The largest weight of 1000 seeds was demonstrated by the variety serdolik – 225 g, which is 6 g more than the standard variety. In the varieties Morion and Citrine, this figure was significantly lower and amounted to 179 and 160 g, respectively. The protein content in the seeds of the varieties without pubescence was at the level of the standard variety and amounted to 39 %. And in terms of fat content, all three varieties without pubescence were inferior to the Anthracite variety, whose seeds contain 24 % fat. In the Morion variety, this figure was 22 %, and in the Serdolik and Citrine varieties – 21 %. In 2024, the Morion, Serdolik and Citrine varieties were submitted for state qualification examination in order to obtain rights to them.

Keywords: soybeans, line, variety, economic suitability, difference, yield, quality.

Перспективні неопушені сорти сої культурної

Л. Г. Білявська | Ю. Є. Гарбузов

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Соя – *Glycine max* (L) Merr.) займає найбільші у світі площі серед зернобобових культур і посідає четверте місце за обсягами виробництва після пшениці, кукурудзи та рису. На сучасному етапі вирощування сої значно зростає роль сорту. У статті представлено результати вивчення показників господарської придатності нових селекційних ліній і сортів сої культурної, які створені у Полтавському державному аграрному університеті. Сорти Моріон, Сердолік і Цитрин є унікальними, тому що у них повністю відсутнє опушення на всіх частинах рослини. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні сорти без опушення відсутні. Метою наших досліджень було встановлення рівня прояву головних господарсько-цінних показників новостворених сортів і селекційних ліній у порівнянні з кращими зареєстрованими сортами. Польові дослідження проводили (2022–2023 рр.) в умовах ФГ «Грига» (Полтавський район Полтавської області). Ґрунт – чорнозем опідзолений, попередник – пшениця озима. Об'єкт досліджень – три нових сорти без опушення Моріон, Сердолік і Цитрин. Ці сорти мають тривалість вегетаційного періоду 99–100 діб, тому їх порівнювали із сортом стандартом Антрацит. За два роки вивчення у конкурсному сортовипробуванні урожайність насіння у сорту Моріон становила 3,7 т/га, що на рівні стандарту. У сорту Сердолік, урожайність була достовірно вищою від її значення у сорту-стандарту і становила 3,8 т/га. Сорт Цитрин мав таку ж урожайність як і стандарт – 3,6 т/га. Вихід кондиційного насіння у всіх неопушених сортів був більшим ніж у стандарту Антрацит. Найбільшу масу 1000 насінин продемонстрував сорт Сердолік – 225 г, що на 6 г більше ніж у сорту-стандарту. У сортів Моріон і Цитрин цей показник був достовірно нижчим і становив 179 і 160 г, відповідно. Уміст білку в насінні сортів без опушення був на рівні стандартного сорту і становив 39 %. А за вмістом жиру всі три сорти без опушення поступались сорту Антрацит, насіння якого містить 24 % жиру. У сорту Моріон цей показник був на рівні 22 %, у сортів Сердолік і Цитрин – 21 %. У 2024 році сорти Моріон, Сердолік і Цитрин передані на державну кваліфікаційну експертизу з метою отримання прав на них.

Ключові слова: соя, лінія, сорт, господарська придатність, відмінність, врожайність, якість.

Бібліографічний опис для цитування: Білявська Л. Г., Гарбузов Ю. Є. Перспективні неопушені сорти сої культурної. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 26–30.

Вступ

Згідно сучасної ботанічної класифікації соя відноситься до родини Бобові (*Fabaceae Lindl.*), підродини Метеликові (*Papilionoideae DC.*), триби Квасолеві (*Faseoleae D.*), підтриби Гліцинові (*Gyciniinae Benth.*), роду *Glycine Willd.* До роду *Glycine Willd.* відносять 17 видів, які належать до двох підродів: *Glycine* та *Soja (Moench) Fj.Herm. K.* Підрід *Glycine* об'єднує 15 диких видів, які походять здебільшого з Австралії. З числа представників підроду *Glycine Soja (Moench)* найбільш поширеними є два види: культивген *Glycine max (L) Merr.* і дикоросла усурійська соя (*Glycine soja Sieb. et Zucc.*), яка поширена у Китаї, Японії і Кореї. Сучасні зареєстровані сорти належать до виду Соя культурна *Glycine max (L) Merr.* Цей вид об'єднує чотири підвиди – *Subsp. gracilis*, *Subsp. max.*, *Subsp. manshurica*, *Subsp. ligulata*. Підвид *Subsp. max.* об'єднує більше 50 різновидностей – *var. max*, *var. similis*, *var. vulgaris*, *var. ochroleuca*, *var. luteola*, *var. subpraeco* *var. nucata* та багато інших [1].

Соя – одна з чотирьох основних культур у світовому сільському господарстві. Вона є основою піраміди рослинного білка та олії у світі. Найбільшими виробниками цієї культури є Бразилія, США та Аргентина, які виробляють 80 % світового врожаю сої. Україна з 2006 року посідає перше місце в Європі за обсягами виробництва та восьме місце серед усіх 64 країн, де вирощують цю бобову культуру [2].

Близько 60 % всіх посівних площ сої зосереджено в Лісостеповій зоні України. На Поліссі – 24 %, а в Степу – 16 % посівних площ [3]. Дослідження ряду вчених показали, що основними факторами, які визначають урожайність, є генетичні особливості сорту, агрометеорологічні умови та норми внесення мінеральних добрив [4, 5].

Сортові ресурси є важливим фактором ефективного виробництва цієї культури. Головним у селекції сої є створення генотипів, які мають комплекс господарсько-цінних ознак і властивостей і, відповідно, формують високі врожаї [6]. Важливе значення для підвищення рентабельності вирощування культури має впровадження новітніх сортів певних груп стиглості, з високим рівнем компонентів насінневої продуктивності та адаптивності до несприятливих біотичних і абіотичних факторів [7]. Сучасні сорти повинні бути адаптивними до умов їх вирощування та забезпечувати стабільно високі врожаї за мінливих умов навколишнього середовища [8]. А дотримання комплексу елементів сортової технології вирощування дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал сорту [9, 10].

В умовах глобальних змін клімату в Лівобережному Лісостепу України, на фоні зменшення кількості опадів та збільшення посухи, роль сорту зростає. Тому в останні роки створено та впроваджено в сільськогосподарське виробництво сучасні сорти, адаптовані до різних ґрунтово-кліматичних умов. Вони мають високу адаптивність і стійкість до цілого ряду факторів навколишнього середовища [11–14].

Сорт на сьогодні є найефективнішим засобом підвищення врожайності. Встановлено, що сорти сої на 30–60 % визначають рівень майбутнього врожаю [15]. Ряд вчених стверджують, що саме генетичні особливості сорту значною мірою визначають врожайність та якість насіння [16–20]. Наразі в Україні існує великий вибір сортів.

Для створення високоврожайних сортів сої, адаптованих до конкретних умов, необхідно використовувати добре підібраний вихідний матеріал. Чим різноманітніший селекційний матеріал, тим більша ймовірність того, що будуть створені сорти сої, які відповідатимуть вимогам виробництва.

У науковій лабораторії селекції, насінництва та сортової агротехніки сої Полтавського державного аграрного університету, методом гібридизації сорту Кобра із полтавськими сортами та перспективними селекційними лініями, створено новий вихідний матеріал сої без опушення. Нами сформована колекція ліній без опушення, яка налічує більше 35-ти зразків. Ці лінії різняться за морфологічними, біологічними і господарськими ознаками. Ряд новостворених ліній за показниками господарської придатності не поступаються кращим селекційним лініям, зокрема лінія під назвою Анаконда [21]. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні сорти без опушення відсутні [22]. Залучені до селекційної роботи нові перспективні лінії та сучасні сорти дало можливість створити якісно новий вихідний матеріал для виведення сортів різних напрямів використання.

Мета дослідження

Мета досліджень – визначення рівня господарсько-цінних ознак новостворених ліній без опушення та порівняти їх показників із кращими зареєстрованими сортами.

Для досягнення поставленої мети, визначали тривалість періоду вегетації сортів сої, урожайність, вихід кондиційного насіння, масу 1000 насінин, вміст у насіння бульку і жиру.

Матеріали і методи

Дослідження проводили в умовах фермерського господарства «Грига» (Полтавський район, Полтавська область) з 2021 по 2023 рік. Тип ґрунту – чорнозем опідзолений легкосуглинковий. Ці ґрунти мають високу поглинальну здатність, а їхня кислотність нейтральна або слабокисла (рН 6,3). Ці ґрунти є родючими. Чорноземи опідзолені легкосуглинкові. Містять 3,6 % гумусу. Глибина гумусового горизонту становить 30–50 см. Глибина орного шару – 27–30 см. Ці ґрунти мають добре виражену зернисту структуру. Насиченість основами становить 90–95 %. Вміст поживних речовин в мг на 100 г ґрунту наступний: N – 100,8; P₂O₅ – 66,8; K₂O – 80,0.

Місце проведення дослідів - зона недостатнього зволоження. Клімат помірно-континентальний, відносно теплий. Річна кількість опадів коливається по роках і становить 280–510 мм. Сума t° вище 10°C

становить 2700–2900°C. Тривалість цього періоду становить 165–184 дні. Максимальна кількість опадів припадає на серпень-липень і зазвичай має зливовий характер. Волога є лімітуючим фактором, який обмежує формування врожаю. Однак використання сучасних технологій вирощування сої частково усуває лімітуючий вплив дефіциту вологи.

Погодні дані отримані від Полтавського центру з гідрометеорології (рис. 1 та рис. 2).

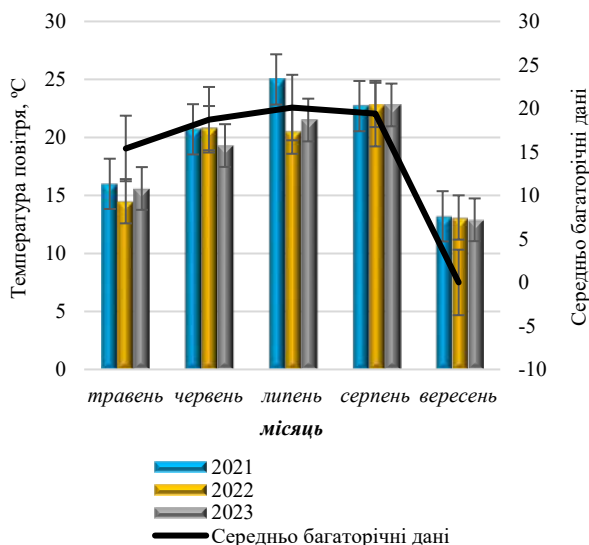


Рис. 1. Середньмісячна температура повітря (°C) у роки досліджень (2021–2023 рр.)

У 2021 році, навпаки, травень був спекотним (на 0,6°C вище середньобагаторічної норми). Червень був досить прохолодним. Липень характеризувався значним підвищенням температури повітря – на 5°C вище за середню багаторічну. У 2022 році погодні умови відрізнялися від попередніх років. Травень, червень і липень були значно прохолоднішими, ніж зазвичай. Проте також спостерігалось перевищення середніх багаторічних значень.

У 2023 році погодні умови були сприятливими. Травень був звичайним місяцем. Середньомісячна температура повітря в травні була на 0,2°C вищою за середню багаторічну (15,4°C). Ці середньомісячні температури повітря перевищували середні багаторічні показники: у червні – на 0,6°C, у липні – на 1,4°C, у серпні – на 3,4°C. Вересень був прохолодним.

В посушливих умовах Полтавської області, де спостерігається недостатня кількість вологи, опади можуть сприяти підвищенню врожайності. В той же час, вони можуть звести нанівець зусилля виробників.

Так, кількість опадів протягом кожного року дослідження розподілялася нерівномірно (рис. 2).

2021 рік був дуже посушливим, особливо в період вегетації рослин сої. Найвища середньомісячна температура повітря була зафіксована у травні-серпні – 20,7–25,0°C. Проте в кожному місяці кількість опадів була близькою до середньої багаторічної (оптимальної) і коливалася в межах 38–67,4 мм. За 5–9 місяців випало лише 261,6 мм. 2022 рік характеризувався складними умовами для появи сходів та їх розвитку. В подальшому кількість опадів (червень-липень-серпень) була достатньою

для оптимального росту і розвитку рослин та формування повноцінного зерна.

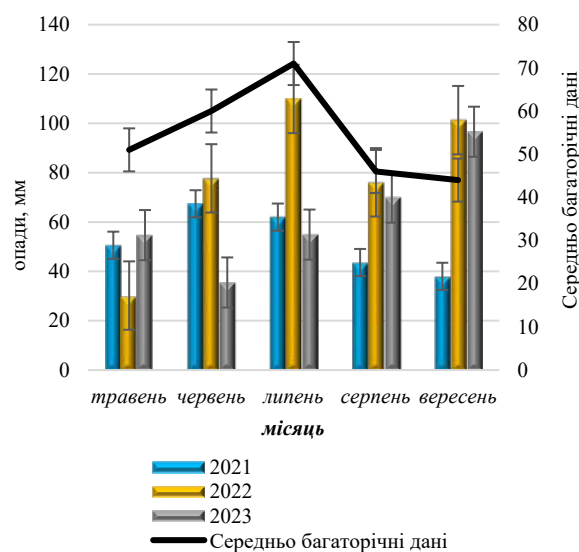


Рис. 2. Кількість опадів (мм) у роки досліджень (2021–2023 рр.)

У 2023 році умови розподілу опадів були сприятливими. Так, у травні випало 54,7 мм опадів. Це на 3,7 мм вище середнього багаторічного показника. У червні та липні, навпаки, було менше середньобагаторічної норми (60–71 мм) – 35,5 мм та 54,9 мм відповідно. У серпні випало 69,9 мм, що більш ніж на 20 мм більше за середню багаторічну норму. Найбільша кількість опадів випала у вересні – 96,6 мм (у 2022 році у вересні випало 101,3 мм), що більш ніж удвічі перевищує середню багаторічну норму. Таким чином, зміна та значні коливання показників погодних умов безпосередньо мають вплив на розвиток рослин та дозрівання насіння. Отже, можна зробити наступне заключення: більша частина Полтавської області належить до недостатньо вологої агрокліматичної зони. Середня багаторічна сума середньодобових температур вище 10 градусів становить 2780 градусів за Цельсієм. До несприятливих погодно-кліматичних умов слід віднести: нерівномірний розподіл опадів в теплом періоді року, можливість зливових дощів у період збирання врожаю, суховійні явища.

Використовували сорти та селекційні лінії сої, що створені впродовж 2015–2023 рр. у лабораторії селекції, насінництва і сортової агротехніки Полтавського ДАУ МОН України. Попередником сої в досліді слугувала пшениця озима. Сівбу проводили у першій декаді травня сівалкою «Клен». Повторність досліджень – чотириразова. Площа ділянки – 25 м². Обліки та спостереження проводили згідно відповідних методик [23–24].

Аналізували посівні якості насіння: масу 1000 насінин, лабораторну схожість, вихід кондиційного насіння. Технологія – загальноприйнята. Отримані показники обробляли на персональному комп'ютері за використання спеціальних програм Excel 7.0 та Statistica 6,0 [25].

Результати та їх обговорення

У зв'язку з відсутністю у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для вирощування в Україні сортів сої без опушення, нами у 2024 році було передано на державну кваліфікаційну експертизу три сорти сої культурної: Моріон, Сердолік, Цитрин.

Таблиця 1

Показники господарської придатності нових ліній сої, 2022–2023 рр.

| № | Походження | Вегетаційний період, діб | Урожайність, т/га | Вологість насіння, % | Вихід кондиційного насіння, % | Маса 1000 насінин | Вміст у насінні, % | |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|------|
| | | | | | | | білку | жиру |
| 1 | Аметист/Краса Поділля | 103 | 4,3 | 12,4 | 83 | 207 | 42 | 20 |
| 2 | Аметист/Мяо-ян-доу | 105 | 4,4 | 14,3 | 88 | 165 | 43 | 20 |
| 3 | Аметист/Альтаір | 100 | 3,8 | 11,6 | 86 | 218 | 42 | 22 |
| 4 | Авантюрин | 98 | 3,2 | 11,2 | 82 | 219 | 40 | 22 |
| 5 | Моріон | 99 | 3,7 | 10,6 | 80 | 179 | 42 | 21 |
| 6 | Сердолік | 100 | 3,8 | 14,1 | 79 | 225 | 44 | 21 |
| 7 | Адамос | 100 | 3,3 | 11,0 | 84 | 211 | 38 | 24 |
| 8 | Цитрин | 100 | 3,6 | 10,7 | 82 | 160 | 44 | 21 |
| 9 | (Юг-30/№29)/Анаконда | 98 | 3,3 | 11,8 | 80 | 165 | 42 | 22 |
| 10 | Александрит | 101 | 2,7 | 14,0 | 80 | 197 | 38 | 21 |
| 11 | Антрацит | 98 | 3,6 | 10,9 | 73 | 219 | 42 | 24 |
| 12 | Аметист/Краса Поділля | 104 | 4,2 | 11,5 | 83 | 203 | 41 | 22 |
| 13 | Красноградська 86/Альтаір | 99 | 4,7 | 10,8 | 75 | 169 | 41 | 24 |
| 14 | Анніт | 107 | 4,5 | 11,0 | 87 | 185 | 38 | 23 |
| Середнє | | 100,9 | 3,8 | 11,9 | 81,6 | 194,4 | 39,6 | 41,2 |
| HIP _{0,5} | | 0,65 | 0,15 | 0,30 | 1,08 | 4,70 | 0,43 | 0,45 |

У сорту Сердолік урожайність була достовірно вищою від її значення у сорту-стандарту і становила 3,8 т/га. Сорт Цитрин мав таку ж урожайність як і стандарт – 3,6 т/га. Такий показник як вихід кондиційного насіння у всіх неопушених сортів був більшим ніж у стандарту Антрацит і був у межах 79–82 %. Найкрупніше насіння – 225 г, що на 6 г більше ніж у сорту-стандарту Антрацит, формував сорт Сердолік. У сортів Моріон і Цитрин цей показник був достовірно нижчим і становив 179 і 160 г відповідно. Вміст білку в насінні сортів без опушення, достовірно вищим був у сортів Сердолік та Цитрин і становив 44 %. У сорту Моріон цей показник якости – 42 %, що є вищим середнього його значення досліді. А за вмістом жиру всі три сорти без опушення поступались сорту Антрацит, насіння якого містить 24 % жиру. У сортів Моріон, Сердолік і Цитрин цей показник становив 21 %.

Таким чином, нові сорти сої культурної без опушення мають гарні показники якості насіння.

Висновки

За результатами проведених досліджень в умовах Лівобережного Лісостепу України проаналізовано показники господарської придатності новостворених сортів сої без опушення. Встановлено, що сорти Моріон, Сердолік і Цитрин мають вегетаційний період 99–100 діб. Урожайність насіння у сорту Моріон становила 3,7 т/га, що на рівні стандарту Антрацит. У сорту Сердолік урожайність була достовірно вищою від її значення у сорту-стандарту і становила 3,8 т/га. Сорт Цитрин мав таку ж урожайність як і стандарт – 3,6 т/га.

У таблиці 1 представлені результати вивчення цих сортів у конкурсному сортовипробуванні. Новостворені сорти без опушення, в середньому за роки досліджень, мали вегетаційний період 99–100 діб. Тому всі показники їх господарської придатності ми порівнювали із стандартним сортом Антрацит. Так, урожайність насіння у сорту Моріон становила 3,7 т/га, що на рівні стандарту.

Вихід кондиційного насіння у всіх неопушених сортів є більшим ніж у стандарту Антрацит і знаходиться у межах 79–82 %. Найбільшою у досліді масою 1000 насінин володів сорт Сердолік – 225 г. У насінні неопушених сортів вміст білку в насінні був вищим середнього значення у досліді: у Сердоліка та Цитрина – 44 %, а у Моріона – 42 %. А вміст жиру у насінні всіх сортів без опушення становив 21 %, що на 3 % менше ніж у сорту Антрацит. У нових сортів Моріон, Сердолік і Цитрин цей показник також був високим.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Kyrychenko, V. V. (Red.). (2009). *Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur (horokh, soia): navchalnyi posibnyk*. Kharkiv : IR im. V.Ia. Yurieva UAAN [in Ukrainian]
2. Petrychenko, V. F., Lykhochvor, V. V., & Ivaniuk, S. V. (2016). *Soia: monohrafiia*. Vinnytsia: Dilo [in Ukrainian]
3. Korobko, A. (2021). Dynamics of soybean production in Ukraine and the world. *Balanced Nature Using*, 4, 125–134. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098>
4. Vozhegova, R., Borovyk, V., Marchenko, T., & Rubtsov, D. (2020). The influence of plant density and doses of fertilizers on photosynthetic activity and yield of soybean of middle-ripening variety Sviatohor in conditions of irrigation. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (4), 62–68. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-09>
5. Tsekhmeistruk, M. H., Sheliakiv, V. O., Shevnikov, M. Ya., & Lytvynenko, O. S. (2018). Vplyv strokiv sivyby na urozhainist sortiv soi. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 35–41. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.05> [in Ukrainian]

6. Baenziger, P. S., Russell, W. K., Graef, G. L., & Campbell, B. T. (2006). Improving lives: 50 years of crop breeding, genetics, and cytology (C-1). *Crop Science*, 46 (5), 2230–2244. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.11.0404gas>
7. Shevnikov, M. Ya., Milenko, O. H., & Lotysh, I. I. (2018). Urozhainist sortiv soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 15–21. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.02> [in Ukrainian]
8. Biliavska, L. H., Biliavskiy, Yu. V., Shapoval, O. S., & Panchenko, S. S. (2020). Suchasnyi stan ta perspektyvy nasinnystva soi v Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 45–52. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.05> [in Ukrainian]
9. Milenko, O. H., Antonets, M. O., Kopan, D. V., Dobrovolskyi, S. O., & Lukina, A. R. (2021). Urozhainist skorostyhylykh sortiv soi zalezno vid normy vysivu nasinnia. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 103–111. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.13> [in Ukrainian]
10. Dudka, A. A., & Romanko, Yu. O. (2022). Varietal features of soybean performance formation according to the fertilizer system under the conditions of the Northeastern Forest-Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 128, 77–83. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.11>
11. Sichkar, V., Orekhivskiy, V., Bilyavskaya, L., Kryvenko, A., Solomonov, R., & Diyanova, A. (2022). Use of soybean genetic resources to create highly adaptive varieties. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 12 (1), 41–48. <https://doi.org/10.31407/ijeec12.106>
12. Tkachuk, O., & Alekseev, O. (2022). Technological and agroecological indicators of groups of soybean varieties by maturity. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 48 (2), 165–172. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.22>
13. Kostiukievych, T., Tolmachova, A., Kolosovska, V., & Barsukova, E. (2021). Agroecological assessment of soybean productivity in the Western Forest-Steppe of Ukraine in the face of climate changing. *Ecological Sciences*, 35 (2), 99–103. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.17>
14. Mazur, V. A., Tkachuk, O. P., Pantsyreva, H. V., & Verholuk, S. D. (2022). Technologicality, ecologicality and productivity of medium-earring matching soybean varieties. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 1 (95). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.006>
15. Vyshnivskiy, P. S., & Furman, O. V. (2020). Soybean productivity depending on elements of growing technology in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant and Soil Science*, 11 (1), 13–22. <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.013>
16. Biliavska, L. H., Biliavskiy, Yu. V., Diianova, A. O., & Myrnyi, M. V. (2021). Sorty soi dlia Stepu ta Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 135–140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.16> [in Ukrainian]
17. Biliavska, L., Biliavskiy, Y., Mazur, O. & Mazur, O. (2021). Adaptability and breeding value of soybean varieties of Poltava breeding. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27 (2), 312–322.
18. Biliavska, L. H., Biliavskiy, Yu. V., Diianova, A. O., & Harbuzov, Yu. Ye. (2021). Novi selektsiini formy soi dlia kormovyrobnystva. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 58–65. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.07> [in Ukrainian]
19. Vozhehova, R. A., Borovik, V. O., Bindina, I. A., Rubtsov, D. K., & Marchenko, T. Y. (2018). Features of studying of introduced soy samples (*Glycine max.* (L.) Merr.) in the conditions of irrigation of the south of Ukraine. *Genetični Resursi Roslin (Plant Genetic Resources)*, 23, 40–48. <https://doi.org/10.36814/pgr.2018.23.03>
20. Stotska, S. V., Kotkova, T. M., Klymenko, T. V., & Panchyshyn, V. Z. (2023). Formation of productivity of new soy varieties in the conditions of the Forest-Step. *Taurian Scientific Herald*, 129, 132–138. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.17>
21. Biliavska, L. H., Biliavskiy, Yu. V., Diianova, A. O., & Harbuzov, Yu. Ye. (2020). Selection value of nonpubescent soybean lines [*Glycine max* (L.) Merrill] for different uses. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16 (3), 284–290. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.3.2020.214921>
22. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2024 rik. *Ukrainskyi Instytut Ekspertyzy Sortiv Roslyn*. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reiestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian]
23. Volkodav, V. V. (Red.). (2003). Metodyka provedennia ekspertyzy ta derzhavnogo vyprovuvannia sortiv roslyn zernovykh krupian-ykh ta zernobobovykh kultur. *Okhorona Prav na Sorty Roslyn. Ofitsiynyi Biuletyn*, 2. (pp. 218–239). Kyiv: Alefa [in Ukrainian]
24. Tkachyk, S. O. (Red.). (2016). Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna. Kyiv: Niland-LTD. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e5c0ed8332.p> [in Ukrainian]
25. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh danykh v paketi Statistica 6.0: metodychni vkazivky*. Kyiv: Polihraf Konsal'tynh [in Ukrainian]

ORCID

L. Biliavska  <https://orcid.org/0000-0003-3856-7718>
 Y. Garbuzov  <https://orcid.org/0000-0001-8634-8355>



© 2024 Biliavska L. and Garbuzov Y. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Effectiveness of fungicides at different stages of development of maize maternal lines and their impact on yield

K. Koba  | M. Marenych

Article info

Correspondence Author

K. Koba

E-mail:

kristinakoba3@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Koba, K., Marenych, M. (2024). Effectiveness of fungicides at different stages of development of maize maternal lines and their impact on yield. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 31–36. doi: 10.31210/spi2024.27.04.06

Maize is one of the most widely cultivated cereal crops in the world. Consequently, the productivity of its maternal lines plays a crucial role in ensuring the stability and quality of hybrid seeds. This study investigates the efficacy of fungicides applied at different growth stages of maize maternal lines and their direct impact on yield. The main objective of the research was to identify optimal strategies for protecting maternal lines from fungal infections to enhance their productivity. Experiments conducted in the Central Forest-Steppe region of Ukraine evaluated the efficacy of three fungicides (Acanto Plus, Abacus, and Coronet) applied at different stages: the 8-leaf stage (V8/BBCH18), the tasseling stage (VT/BBCH63), and their combination (V8+VT). The results showed that the highest yield was achieved with Abacus applied at the V8+VT stages (average yield — 5.01 t/ha), which was 25 % higher compared to the control. Combined application at the V8+VT stages demonstrated the highest effectiveness for all products, emphasizing the importance of protection at all stages of plant development. Analysis of variance (ANOVA) confirmed the significant impact of application stages (58 % of total variation) and fungicide type (42 %) on yield, while the interaction of these factors was negligible. Additionally, the results highlighted the substantial influence of weather conditions across different years on fungicide efficacy, indicating the necessity of adapting protection technologies to specific climatic conditions. Further analysis indicates that weather stresses such as drought or excessive moisture can alter the response of plants to fungicide treatments. This highlights the importance of monitoring weather conditions to ensure timely application. The obtained data provide practical insights for improving the protection system of maize maternal lines, particularly in selecting fungicide application stages and products. This approach can significantly increase seed yield and quality while ensuring the efficient use of agronomic practices. Furthermore, the findings can be used to refine recommendations for sustainable hybrid maize seed production.

Keywords: maize, maternal lines, fungicides, yield, growth stages.

Ефективність фунгіцидів у різні фази розвитку материнських ліній кукурудзи та їх вплив на урожайність

К. В. Коба | М. М. Маренич

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Кукурудза є однією з найпоширеніших зернових культур у світі. А отже, продуктивність її материнських ліній відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності та якості гібридного насіння. У цій роботі досліджено ефективність фунгіцидів, застосованих на різних фазах розвитку рослин материнських ліній кукурудзи та їхній прямиий вплив на урожайність. Основною метою дослідження було визначити оптимальні стратегії захисту материнських ліній від грибкових інфекцій для підвищення їхньої продуктивності. В дослідженнях, які були проведені в умовах Центрального Лісостепу України, оцінювали ефективність трьох фунгіцидів (Аканто Плюс, Абакус та Коронет), які застосовувалися на різних фазах: у фазі 8 листків (V8/BBCH18), фазі викидання волоті (VT/BBCH63) та їх комбінації (V8+VT). Результати показали, що найбільшу урожайність забезпечило внесення фунгіциду Абакус у фазах V8+VT (середній показник – 5,01 т/га), що на 25 % більше порівняно з контролем. Комбіноване внесення у фазах V8+VT продемонструвало найвищу ефективність для всіх препаратів, що підкреслило важливість захисту на усіх етапах розвитку рослин. Дисперсійний аналіз (ANOVA) підтвердив статистично достовірний вплив фаз внесення (58 % загальної варіації) та типу фунгіциду (42 %) на урожайність, тоді як взаємодія цих факторів була незначною. Окрім цього, результати дослідження показали суттєвий вплив погодних умов різних років на ефективність фунгіцидів, що свідчить про необхідність адаптації технологій захисту до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Додатковий аналіз вказує на те, що погодні стреси, такі як посуха або надмірна вологість, можуть змінювати реакцію рослин на фунгіцидну обробку. Це підкреслює важливість моніторингу погодних умов для своєчасного внесення препаратів. Отримані дані мають практичне значення для вдосконалення системи захисту материнських ліній кукурудзи, зокрема у виборі фаз внесення фунгіцидів та препаратів. Це дозволяє значно підвищити урожайність і якість насіння, забезпечуючи ефективне використання агротехнічних заходів. Крім того, результати досліджень можуть бути використані для вдосконалення рекомендацій щодо сталого виробництва гібридного насіння кукурудзи.

Ключові слова: кукурудза, материнські лінії, фунгіциди, урожайність, фази росту.

Бібліографічний опис для цитування: Коба К. В., Маренич М. М. Ефективність фунгіцидів у різні фази розвитку материнських ліній кукурудзи та їх вплив на урожайність. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 31–36.

Вступ

Кукурудза (*Zea mays* L.) – одна з найважливіших зернових культур у світі, яка служить основним продуктом харчування, кормом для тварин і промисловою сировиною [1]. Виробництво високоякісних гібридів кукурудзи значною мірою залежить від продуктивності батьківських ліній, особливо материнських, які є ключовими для створення стабільних і високоврожайних гібридів [2].

Материнські лінії кукурудзи – це спеціально відібрані генетично однорідні рослини, які широко використовуються у виробництві гібридного насіння. Ці лінії ретельно створюються методом селекції щоб мати бажані ознаки, такі як стійкість до хвороб, потенціал врожайності та адаптованість до конкретних умов вирощування. Вони служать основою для виробництва гібридного насіння. Саме їхні генетичні характеристики поєднуються з особливостями батьківських ліній для створення високоврожайних і стійких гібридів, здатних протистояти хворобам і стресовим факторам [3].

Продуктивність материнських ліній безпосередньо впливає на якість і врожайність гібридного насіння. Комплексне управління процесом вирощування материнських ліній є критичним аспектом сучасного сільського господарства. Однак, через їх генетичну однорідність, материнські лінії часто сприйнятливіші до екологічних стресів і хвороб, особливо грибкових інфекцій [4]. Ці хвороби можуть знизити життєздатність рослин, порушити цілісність насіння і, в кінцевому підсумку, загрожують всьому циклу вирощування якісного насіннєвого матеріалу [5, 6].

Основною метою гібридного насінництва є максимізація якості та кількості насіння, зібраного з материнських рослин. Грибкові захворювання не тільки знижують урожайність, але також можуть погіршити якість насіння через погану схожість, загивання насіння та зараження мікотоксинами [7].

Фунгіциди відіграють життєво важливу роль у захисті материнських ліній від грибкових збудників. Їхнє застосування не тільки захищає здоров'я цих рослин, але й забезпечує їхню фізіологічну стабільність, що має вирішальне значення для досягнення оптимального виробництва насіння [8–11].

В Україні кукурудза страждає від багатьох поширених і шкідливих хвороб, які негативно впливають на продуктивність і якість культури. Іржа (*Puccinia polysora*), фузаріоз (*Fusarium moniliforme*), пухирчаста (*Ustilago zaeae*) та летюча сажка (*Sogosporium zeilianum*) та гелмінтоспоріоз (*Helminthosporium turcicum*) є найпоширенішими та найшкідливішими хворобами кукурудзи [12, 13]. Крім того, кукурудзу перевіряють на бактеріоз, пліснявіння насіння, кореневі та стеблові гнилі та інші проблеми, які залежать від місця вирощування [14].

Материнські лінії, які часто відбираються за певними агрономічними ознаками, можуть не мати стійкості до різного спектру хвороб. В свою чергу застосування фунгіцидів пригнічує ріст грибів і

запобігає поширенню інфекції, що робить їх дієвим методом боротьби з цими хворобами [15, 16].

Терміни та спосіб застосування фунгіциду особливо важливі, оскільки різні етапи росту можуть потребувати спеціальних заходів для максимальної ефективності [17, 18].

Фаза росту рослин кукурудзи під час внесення фунгіцидів так само важлива, як і вибір відповідного препарату та його діючої речовини. Фунгіциди, як правило, є найефективнішими якщо застосовуються для профілактики або на початкових етапах розвитку хвороби [19]. Під час критичних етапів розвитку рослини, наприклад, вісім листків (ВВСН 18) і вихід шовку (ВВСН 63), використання фунгіцидів має вирішальне значення, щоб запобігти проблемам з листям і забезпечення її успішного репродуктивного розвитку. Застосування в пізніші строки може знизити ефективність заходів боротьби з хворобою. Важливо, що для усунення вторинних інфекцій та розширення захисту, можливе багаторазове внесення фунгіцидів протягом вегетаційного періоду [20–22].

Тривала затримка внесення може призвести до постійної шкоди, зменшуючи ефективність стратегій боротьби з хворобами. Крім того, повторне застосування протягом періоду росту може бути важливим для викорінення наступних інфекцій і продовження профілактики захворювань [23–25].

Фунгіциди називають інвестицією в стійкість гібридних систем виробництва насіння. Хоча початкові витрати на фунгіциди та їхнє застосування можуть бути значними, економічні переваги від збільшення врожайності та кращої якості насіння їх перевершують. Постійна продуктивність материнських ліній є важливою для виробників гібридного насіння щоб задовольнити потреби ринку.

Використання фунгіцидів у посівах материнських ліній кукурудзи є основою сучасного гібридного насінництва. Захищаючи від грибкових хвороб, зберігаючи ефект фотосинтезу, фунгіциди відіграють важливу роль у підвищенні врожайності материнських ліній. Оскільки попит на високопродуктивні гібриди кукурудзи продовжує рости, важливість використання фунгіцидів для збереження здоров'я і продуктивності материнських ліній не можна переоцінити. Інтеграція фунгіцидів у складні стратегії управління продуктивністю сільськогосподарських культур залишаються важливими для сталого виробництва кукурудзи в усьому світі.

Мета дослідження

Мета досліджень – оцінити ефективність фунгіцидів, які застосовуються на різних стадіях росту материнської лінії кукурудзи, виявити шляхи підвищення врожайності насіння завдяки ним.

Завдання досліджень: визначити ключові стадії росту материнських ліній кукурудзи, які найбільш сприйнятливі до грибкових захворювань та проаналізувати ефективність різних фунгіцидів у боротьбі з грибковими інфекціями на цих критичних стадіях росту.

Матеріали і методи

Експериментальні дослідження проводилися в умовах нестійкого зволоження Центрального Лісостепу.

Материнська лінія: P4/440 (ФАО 440) – спеціально адаптована для отримання зерна та виробництва спирту. Характеризується високою продуктивністю, здатністю до швидкої втрати вологи під час дозрівання та відмінною посухостійкістю. Лінія має середній рівень стійкості до сажкових хвороб, таких як пухирчаста сажка (*Ustilago zeae*) та летюча сажка (*Sporisorium reilianum*), звідси потреба у додатковому фунгіцидному захисті. Добре адаптована до вирощування в монокультурі. Проте не придатна до пізнього збирання через підвищений ризик пошкодження врожаю під час несприятливих погодних умов (дощів або заморозків). Дуже чутлива до мінімального обробітку ґрунту, що проявляється у зниженій польовій схожості через недостатній контакт насіння з ґрунтом, погіршенні аерації, а також у підвищеній вразливості до бур'янів та патогенів.

Сівбу варто здійснювати в оптимальні терміни, для забезпечення належного розвитку та проростання. Рекомендована зона вирощування – Степ та Лісостеп.

Ґрунти дослідної ділянки характеризуються добрими агрономічними властивостями та є досить родючими. Вміст гумусу в орному шарі становить 3,8–4,2%. У метровому шарі запас гумусу досягає 500–550 тон на гектар, що свідчить про значний потенціал для сільськогосподарського виробництва.

Щодо елементів живлення: вміст рухомого фосфору знаходиться у межах 22–24,3 мг/кг ґрунту, що відповідає середньому рівню забезпеченості; вміст обмінного калію становить 264–290 мг/кг, що характеризується середнім рівнем; вміст нітратного азоту перед посівом міститься лише 9,8–10,2 мг/кг, що вказує на низьку забезпеченість азотом і потребу в додатковому азотному удобренні. Ґрунти мають досить щільну структуру (густина 1,15–1,36 г/см³), та високу ємність поглинання – 40 мг еквівалентів на 100 г ґрунту.

Реакція ґрунтового розчину від слабо кислої до нейтральної (рН 5,9–7,1), що є сприятливим для більшості культур. Така реакція не створює умов для токсичності та блокування елементів живлення.

В цілому, ґрунти дослідної ділянки є сприятливими для сільського господарства, але для досягнення високої врожайності рекомендується додаткове внесення азотних добрив і, залежно від культури, регулювання рівня фосфору та калію.

Основними параметрами експерименту були:

- *фунгіциди*: досліджувалися три препарати – Аканто Плюс (1,0 л/га), Абакус (1,75 л/га) та Коронет (0,8 л/га);

- *час застосування*: фунгіциди застосовувалися на різних стадіях розвитку кукурудзи – у фазі 8 листків (V8), фазі викидання волоті (VT) та у комбінації цих двох фаз (V8+VT).

Облікова площа ділянки становила 1 га, повторність трикратна, розміщення варіантів – рандомізоване. На контрольному варіанті фунгіциди

не застосовувалися. Це дозволило точно оцінити вплив обробок, виключаючи сторонні чинники. Збирання та облік урожаю та визначення вологості проводили в фазу повної стиглості зерна комбайном ОХВО 2460 з кожної ділянки досліду. Урожайність зерна кукурудзи перераховували на стандартну вологість 14%.

Аканто Плюс – двокомпонентний фунгіцид на основі стробілурину з вираженим фізіологічним ефектом для захисту багатьох культур. Вміст діючих речовин – пікоксістробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л. Є фунгіцидом з вираженим фізіологічним ефектом для захисту широкого спектру культур.

Абакус – двокомпонентний фунгіцид, має різний механізм дії та розподілу діючих речовин. Епоксиконазол (62,5 г/л) активно поглинається листовою пластиною та системно переміщується у рослині, має захисну та лікувальну дію. Піраклостробін (62,5 г/л) пригнічує ріст міцелію та спороношення у грибів шляхом інгібування дихання.

Коронет – комбінований фунгіцид мезосистемної дії проти широкого спектру хвороб. Володіє високою профілактичною та лікувальною дією проти іржі та гелмінтоспориозу кукурудзи. Трифлуксістробін (100 г/л) належить до стробілуринів, – порушує процес дихання в мітохондріях клітин патогена. Тебуконазол (200 г/л) належить до триазолів, його дія полягає у пригніченні розвитку гіфів та грибиці за рахунок порушення біосинтезу стеролів у клітинній мембрані.

Результати та їх обговорення

Аналізуючи дані досліджень, встановлено, що материнська лінія P4/440 продемонструвала значну варіацію урожайності залежно від фунгіцидів, що використовувалися та фаз їх внесення (*табл. 1*). В середньому за роки досліджень (2021–2023 рр.) найбільша урожайність була зафіксована на варіанті де застосовували фунгіцид Абакус у фазах V8+VT – 5,01 т/га, що на 25% більше порівняно з контролем.

Використання фунгіциду Аканто плюс у фазах V8+VT, демонструє максимальну врожайність 5,00 т/га. Внесення цього ж препарату у фазу кукурудзи V8 забезпечило середню урожайність 4,43 т/га, а внесення у фазі VT – 4,90 т/га.

У порівнянні з двома попередніми препаратами Коронет показав нижчі результати. Максимальну врожайність зафіксовано у разі застосування у фазах V8+VT – 4,55 т/га. Середня урожайність у фазі внесення V8 – 4,39 т/га та у фазі VT – 4,45 т/га відповідно.

У порівнянні з двома попередніми препаратами Коронет показав нижчі результати. Максимальну врожайність зафіксовано у разі застосування у фазах V8+VT – 4,55 т/га. Середня урожайність у фазі внесення V8 – 4,39 т/га та у фазі VT – 4,45 т/га відповідно.

Контрольний варіант без використання фунгіцидів демонстрував найнижчу урожайність, яка в середньому за три роки становила 4,02 т/га, що підтверджує значущість фунгіцидного захисту для підвищення врожайності.

Таблиця 1

Урожайність материнської лінії Р4/440 залежно від фунгіцидів та їх фази внесення (т/га)

| Гібрид | Препарат | Норма внесення, л/га | Фаза внесення | Роки проведення | | | середнє |
|--------|-------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|------|------|---------|
| | | | | 2021 | 2022 | 2023 | |
| Р4/440 | Аканто плюс | Контроль (без фунгіцидів) | | 4,11 | 3,79 | 4,17 | 4,02 |
| | | 1,0 | V8 | 4,39 | 4,28 | 4,63 | 4,43 |
| | | 1,0 | VT | 4,98 | 4,75 | 4,97 | 4,90 |
| | | 1,0 | V8+VT | 5,05 | 4,86 | 5,09 | 5,00 |
| | Абакус | 1,75 | V8 | 4,55 | 4,18 | 4,63 | 4,45 |
| | | 1,75 | VT | 4,94 | 4,66 | 5,03 | 4,88 |
| | | 1,75 | V8+VT | 5,15 | 4,72 | 5,16 | 5,01 |
| | Коронет | 0,8 | V8 | 4,35 | 4,23 | 4,58 | 4,39 |
| | | 0,8 | VT | 4,5 | 4,02 | 4,84 | 4,45 |
| | | 0,8 | V8+VT | 4,65 | 4,15 | 4,86 | 4,55 |
| НІР | | | Роки | | | 0,05 | |
| НІР | | | Фунгіцид | | | 0,06 | |
| НІР | | | Фаза внесення | | | 0,06 | |
| НІР | | | Роки*Фунгіцид | | | 0,09 | |
| НІР | | | Роки*Фунгіцид*Фаза внесення | | | 0,16 | |

Аналізуючи варіацію за роками встановлено, що у 2023 році, через сприятливіші погодні умови, усі варіанти показали вищі показники урожайності порівняно з 2021 та 2022 роками. Для прикладу, урожайність на варіантах із застосуванням фунгіциду Абакус у фазах V8+VT у 2023 році склала 5,16 т/га, що перевищує середнє значення за роками.

Результати також підкреслюють, що навіть за умов середньої стійкості до хвороб у материнської лінії Р4/440, використанням фунгіцидів значно збільшує його продуктивність. Це особливо важливо

для умов монокультури, де хвороби можуть мати кумулятивний ефект.

Аналіз отриманих результатів підтвердив значний вплив фунгіцидного захисту на урожайність материнської лінії Р4/440, а також доцільність вибору оптимальних фаз внесення для препарату. Проте для ширшого розуміння взаємодії факторів, таких як тип фунгіциду, фаза внесення та роки досліджень, був проведений дисперсійний аналіз (ANOVA). Цей аналіз дозволив визначити не лише головні ефекти, але й взаємодії між факторами, що суттєво впливають на урожайність (табл. 2).

Таблиця 2

Результати дисперсійного аналізу впливу факторів на врожайність кукурудзи (т/га)

| Effect | SS | Deg. of Freedom | MS | F | p |
|-----------------------------|----------|-----------------|----------|----------|----------|
| Intercept | 1739,261 | 1 | 1739,261 | 174248,8 | 0,000000 |
| Роки | 2,834 | 2 | 1,417 | 141,9 | 0,000000 |
| Фунгіцид | 3,383 | 2 | 1,691 | 169,5 | 0,000000 |
| Фаза внесення | 4,614 | 2 | 2,307 | 231,1 | 0,000000 |
| Роки*Фунгіцид | 0,35 | 4 | 0,087 | 8,8 | 0,000016 |
| Роки*Фаза внесення | 0,031 | 4 | 0,008 | 0,8 | 0,544588 |
| Фунгіцид*Фаза внесення | 0,008 | 4 | 0,002 | 0,2 | 0,936407 |
| Роки*Фунгіцид*Фаза внесення | 0,203 | 8 | 0,025 | 2,5 | 0,019934 |
| Error | 0,539 | 54 | 0,01 | - | - |

Примітки: SS – сума квадратів; MS – середній квадрат; F – значення критерію Фішера; p – рівень статистичної значущості.

Виходячи з даних дисперсійного аналізу встановлено, що головні фактори – роки досліджень, тип фунгіциду та фаза внесення мали статистично значущий вплив на врожайність кукурудзи ($p < 0,000001$). Найбільший ефект у загальну варіацію врожайності внесли фази внесення фунгіцидів ($F = 231,1$) та вибір фунгіциду ($F = 169,5$).

Взаємодії між факторами також показали істотний вплив. Відтак, взаємодія Роки*Фунгіцид була значущою ($p < 0,000001$), що свідчить про те, що погодні умови та агрокліматичні особливості кожного року дослідження мали значний вплив на ефективність окремих препаратів. Наприклад, у сприятливих погодних умовах 2023 року фунгіцид Абакус у фазах V8+VT забезпечив максимальний показник урожайності – 5,16 т/га, тоді як у менш сприятливому 2022 році урожайність знизилася до 4,72 т/га. Взаємодії Роки * Фаза внесення та

Фунгіцид*Фаза внесення не мали статистично значущого впливу на врожайність. В свою чергу взаємодія трьох факторів (Роки*Фунгіцид*Фаза внесення) була досить значущою – $p = 0,0199$, що вказує на можливий складний комбінований вплив цих факторів.

На *рисунку 1* показано, як різні фактори (фунгіциди, фази внесення, їх взаємодія та інші) впливають на варіацію врожайності кукурудзи, відповідно до результатів дисперсійного аналізу.

Аналіз даних демонструє, що найбільший вплив на варіацію врожайності материнської лінії має фаза внесення фунгіцидів – 39 % від загального. Це означає те, що підбір фази кукурудзи під час застосування препарату є ключовим у забезпеченні ефективності фунгіцидного внесення.

Наступним фактором за значущістю є вибір самого препарату (28 %), що вказує на високу

залежність урожайності від біологічних властивостей препарату, таких як спектр дії, стійкість до патогенів та його ефективність за конкретних агротехнічних умов. Цікаво, що такий результат демонструє, що навіть найкращий фунгіцид не зможе забезпечити максимальну ефективність, якщо його застосовувати у невідповідний час або у фазі, що не оптимальна для розвитку рослин чи дії препарату.

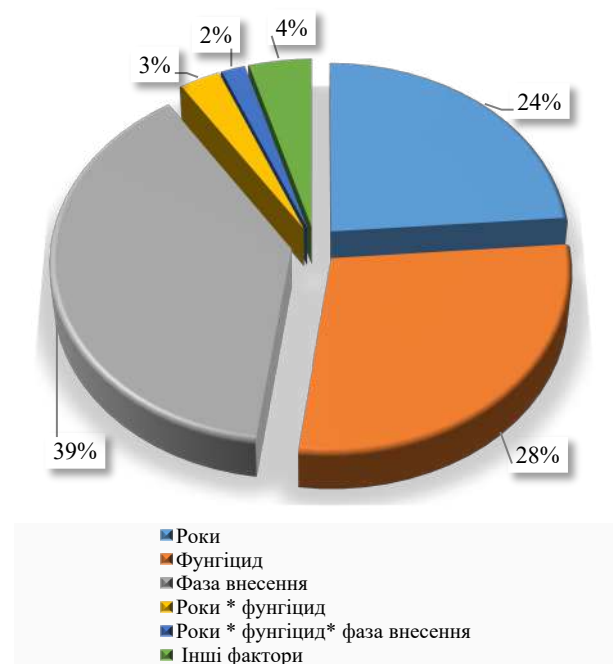


Рис. 1. Частка впливу досліджуваних факторів

Фактор "Роки", який охоплює вплив погодних умов і агрокліматичних змін, забезпечив 24 % варіації. Це демонструє суттєву залежність результативності фунгіцидного захисту від кліматичних умов кожного року. Взаємодія між факторами, такими як Роки * фунгіцид (3 %) та Роки * фунгіцид * фаза внесення (2 %), мала менший вплив, що свідчить про незалежний характер більшості досліджених факторів.

Інші фактори, що включають можливі похибки та непрямі впливи, становлять лише 4 % варіації, що підтверджує точність дослідження та правильність обраної методики.

Отримані результати ще раз підкреслюють важливість комплексного підходу до планування агротехнічних заходів. Зокрема, врахування фази росту рослини і специфічних характеристик фунгіцидів, дозволяє значно підвищити продуктивність материнських ліній, знижуючи при цьому ризики недоотримання врожаю через хвороби.

Висновки

На основі проведених трирічних досліджень встановлено значний вплив фунгіцидного захисту, фаз внесення препарату та погодних умов різних років на урожайність материнської лінії гібриду

P4/440. Отримані результати дозволяють зробити такі висновки:

1. Ефективність внесення фунгіцидів: препарат Абакус забезпечив найвищу врожайність, особливо при застосуванні його у фазах V8+VT, середній показник 5,01 т/га. Два інші фунгіциди Аканто плюс і Коронет, також продемонстрували суттєве підвищення урожайності у порівнянні з контролем, проте їхня ефективність була меншою.

2. Вибір фази внесення: комбіноване внесення фунгіцидів у дві ключові фази розвитку кукурудзи (V8+VT) забезпечує максимальний захист рослин та стабільно високі показники врожайності. Це свідчить про важливість захисту як на вегетативному етапі розвитку рослини, так і у фазі формування репродуктивних органів.

3. Роль погодних умов: результати дисперсійного аналізу підтвердили, що погодні умови різних років мають суттєвий вплив на ефективність фунгіцидів, що підкреслює важливість адаптації технологій захисту до конкретних кліматичних умов.

Перспективи подальших досліджень. За допомогою отриманих даних визначено основні напрями подальших досліджень:

- вивчити вплив застосованих фунгіцидів не лише на врожайність, але й на якісні показники зерна, зокрема вміст білка та крохмалю, важливі для спиртового виробництва;
- дослідити ефективність фунгіцидного захисту на інших гібридах кукурудзи для узагальнення результатів;
- розглянути взаємодію фунгіцидного захисту з іншими агротехнічними факторами, такими як густина посіву та рівень забезпеченості елементами живлення.

Загалом, отримані висновки дозволяють визначити практичне значення для вдосконалення системи захисту материнських ліній кукурудзи. Це сприяє підвищенню їх продуктивності та ефективного використанню агротехнічних заходів у виробництві насіння.

Конфлікт інтересів

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

References

1. van Ittersum, M. K. (2015). Crop Yields and Global Food Security. Will Yield Increase Continue to Feed the World? *European Review of Agricultural Economics*, 43 (1), 191–192. <https://doi.org/10.1093/erae/jbv034>
2. Bahtiar, B., Zauddin, B., & Azrai, M. (2020). Advantages of hybrid corn seed production compared to corn grain. *International Journal of Agriculture System*, 8 (1), 44–56. <https://doi.org/10.20956/ijas.v8i1.2327>
3. Bahatchenko, V. V., & Zhemoida, V. L. (2015). Pidvyshchennia nasinnievoi produktyvnosti batkivskykh komponentiv – osnova vysokykh vrozhaiv kukurudzy. *Stan i perspektyvy rozvytku selektsii ta nasinnytstva kukurudzy v umovakh zminy klimatu: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (7–9 lypnia 2015 r.)*. (pp. 15–16). Kharkiv: NAAN, Instytut roslynnytstva im. V. Ia. Yurieva

4. Guo, B., Ji, X., Ni, X., Fountain, J. C., Li, H., Abbas, H. K., Lee, R. D., & Scully, B. T. (2017). Evaluation of maize inbred lines for resistance to pre-harvest aflatoxin and fumonisin contamination in the field. *The Crop Journal*, 5 (3), 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.10.005>
5. El-Baky, N. A., & Amara, A. A. A. F. (2021). Recent approaches towards control of fungal diseases in plants: an updated review. *Journal of Fungi*, 7 (11), 900. <https://doi.org/10.3390/jof7110900>
6. Giorni, P., Bertuzzi, T., & Battilani, P. (2019). Impact of fungi co-occurrence on mycotoxin contamination in maize during the growing season. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01265>
7. Oldenburg, E., Höppner, F., Ellner, F., & Weinert, J. (2017). Fusarium diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed. *Mycotoxin Research*, 33 (3), 167–182. <https://doi.org/10.1007/s12550-017-0277-y>
8. Wise, K. A., Smith, D., Freije, A., Mueller, D. S., Kandel, Y., Allen, T., Bradley, C. A., Byamukama, E., Chilvers, M., Faske, T., Friskop, A., Hollier, C., Jackson-Ziems, T. A., Kelly, H., Kemerait, B., Price, P., Robertson, A., & Tenuta, A. (2019). Meta-analysis of yield response of foliar fungicide-treated hybrid corn in the United States and Ontario, Canada. *PLOS ONE*, 14 (6), e0217510. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217510>
9. Masiello, M., Somma, S., Ghionna, V., Logrieco, A. F., & Moretti, A. (2019). In vitro and in field response of different fungicides against *Aspergillus flavus* and *Fusarium* species causing ear rot disease of maize. *Toxins*, 11 (1), 11. <https://doi.org/10.3390/toxins11010011>
10. Czembor, E., Stepień, L., & Waśkiewicz, A. (2015). Effect of environmental factors on *Fusarium* species and associated mycotoxins in maize grain grown in Poland. *PLOS ONE*, 10 (7), e0133644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133644>
11. Rosburg, A., & Menapace, L. (2018). Factors Influencing Corn Fungicide Treatment Decisions. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 43 (2), 151–171. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.273444>
12. Anderson, N. R., Romero Luna, M. P., Ravellette, J. D., & Wise, K. A. (2017). Impact of foliar fungicides on gibberella ear rot and deoxynivalenol levels in indiana corn. *Plant Health Progress*, 18 (3), 186–191. <https://doi.org/10.1094/php-01-17-0010-rs>
13. Telenko, D. E. P., Chilvers, M. I., Byrne, A. M., Check, J. C., Da Silva, C. R., Kleczewski, N. M., Roggenkamp, E. E., Ross, T. J., & Smith, D. L. (2022). Fungicide efficacy on tar spot and yield of corn in the Midwestern United States. *Plant Health Progress*, 23 (3), 281–287. <https://doi.org/10.1094/php-10-21-0125-rs>
14. Hao, J.-J., Zhu, W.-L., Li, Y.-Q., Liu, J.-Z., Xie, S.-N., Sun, J., & Dong, Z.-D. (2020). Efficacy and profitability of fungicide use to manage *Curvularia* leaf spot of maize. *Crop Protection*, 132, 105126. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105126>
15. Mallowa, S. O., Esker, P. D., Paul, P. A., Bradley, C. A., Chapara, V. R., Conley, S. P., & Robertson, A. E. (2015). Effect of maize hybrid and foliar fungicides on yield under low foliar disease severity conditions. *Phytopathology*, 105 (8), 1080–1089. <https://doi.org/10.1094/phyto-08-14-0210-r>
16. Hollis, M. E., Pate, R. T., Mideros, S., Fellows, G. M., Akins, M., Murphy, M. R., & Cardoso, F. C. (2019). Foliar fungicide application effects on whole plant BMR and flouy corn varieties, and whole plant corn silage composition. *Animal Feed Science and Technology*, 257, 114264. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114264>
17. Thapa, S., Xue, Q., Becker, J., Jessup, K. E., Bell, J., Marek, T., Sirmon, P., & Bean, B. (2024). Effect of foliar fungicide application timing on corn yield across different water regimes. *Journal of Crop Improvement*, 38 (5), 550–567. <https://doi.org/10.1080/15427528.2024.2376712>
18. Emerson, M., & Faske, T. R. (2024). Evaluation of foliar fungicides for frogeye leaf spot control and yield protection in soybean in Arkansas. *Crop Protection*, 178, 106572. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106572>
19. Thompson, M., & Raizada, M. (2018). Fungal pathogens of maize gaining free passage along the Silk Road. *Pathogens*, 7 (4), 81. <https://doi.org/10.3390/pathogens7040081>
20. Lanubile, A., Maschietto, V., Borrelli, V. M., Stagnati, L., Logrieco, A. F., & Marocco, A. (2017). Molecular basis of resistance to fusarium ear rot in maize. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01774>
21. Telenko, D. E. P., Chilvers, M. I., Ames, K., Byrne, A. M., Check, J. C., Da Silva, C. R., Jay, W. S., Mueller, B., Ross, T. J., Smith, D. L., & Tenuta, A. U. (2022). Fungicide efficacy during a severe epidemic of tar spot on corn in the United States and Canada in 2021. *Plant Health Progress*, 23 (3), 342–344. <https://doi.org/10.1094/php-02-22-0012-br>
22. Ons, L., Bylemans, D., Thevissen, K., & Cammue, B. P. A. (2020). Combining biocontrol agents with chemical fungicides for integrated plant fungal disease control. *Microorganisms*, 8 (12), 1930. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121930>
23. Kusstatscher, P., Wicaksono, W. A., Thenappan, D. P., Adam, E., Müller, H., & Berg, G. (2020). Microbiome management by biological and chemical treatments in maize is linked to plant health. *Microorganisms*, 8 (10), 1506. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8101506>
24. Blandino, M., Scarpino, V., Testa, G., Vanara, F., & Reyneri, A. (2022). The effect of foliar fungicide and insecticide application on the contamination of fumonisins, moniliformin and deoxynivalenol in maize used for food purposes. *Toxins*, 14 (7), 422. <https://doi.org/10.3390/toxins14070422>
25. Bradley, C. A., Kenimer, R. C., Shockley, J. M., & Wise, K. A. (2020). Effect of Benzovindiflupyr + Azoxystrobin + Propiconazole fungicide applied at different growth stages on foliar disease severity, grain yield, and economic benefit of hybrid corn grown in Kentucky. *Plant Health Progress*, 21 (3), 162–165. <https://doi.org/10.1094/php-12-19-0099-rs>

ORCID

K. Koba  <https://orcid.org/0009-0003-8223-4862>
M. Marenych  <https://orcid.org/0000-0002-8903-3807>



© 2024 Koba K. and Marenych M. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The effectiveness of using bio-preparations on winter wheat

G. Pospelova  | N. Kovalenko | S. Pospelov | S. Lytvynenko | K. Syvash

Article info

Correspondence Author

G. Pospelova

E-mail:

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

Citation: Pospelova, G., Kovalenko, N., Pospelov, S., Lytvynenko, S., & Syvash, K. (2024). The effectiveness of using bio-preparations on winter wheat. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 37–42. doi: 10.31210/spi2024.27.04.07

Modern scientific and practical views were systematized on introducing environmentally safe technologies that envisage decreasing or refusing synthetic mineral fertilizers and chemical plant protection means and maximal using biological agents to improve soil fertility, inhibit the development of harmful organisms as well as taking the complex of measures aimed at improving the conditions of yield formation. Agro-biological modernization of plant protection is impossible without developing and introducing modern assortment of microbiological and chemical means of plant protection having lenient action. Possessing anti-stress properties, such preparations activate protective mechanisms of plant resistance to over-wetting, drought, and frosts. Taking into account all the above mentioned, the active use of poly-functional combinations will enable to raise the effectiveness of cultivation technologies for the majority of crops, including winter wheat. The purpose of the study was to find out the impact of poly-functional preparations of natural origin on the level of winter wheat disease development and the crop productivity. According to the results of investigations conducted during 2022–2024, the positive effect of pre-sowing winter wheat seed treatment with the solutions of Phytocide and Bio-Mag on field plant germination and their anti-stress properties was detected. The improvement of phyto-sanitary condition of grain agro-ecosystem was noted by decreasing the spread of root rots to economically unappreciable level (7.5 and 5.2 % during the years of research) and prolonged effect of seed treatment with the tested bio-preparations on the formation of yield structure elements (on the average, the productive plant layering capacity increased by 10.3 %, grain content – by 12.2 %, kernel weight per spike – by 8.3 %). The fungi-static effect of the bio-preparations as to the causative agents of root rots was revealed. The effect is ensured by the manifestation of elicitoral impact at the expense of producing plant resistance inductors to diseases. The highest level of anti-fungal impact was manifested at composite application of bio-preparations: the technical effectiveness concerning root rots made 51.8 %.

Keywords: bio-preparations, winter wheat, phyto-sanitary condition, stimulating effect, effectiveness of bio-preparations, seed sowing qualities.

Ефективність застосування біопрепаратів на пшениці озимій

Г. Д. Поспелова | Н. П. Коваленко | С. В. Поспелов | С. О. Литвиненко | К. С. Сиваш

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Систематизовано сучасні наукові та практичні погляди на впровадження екологічно безпечних технологій, що передбачають скорочення або відмову від синтетичних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин за максимального використання біологічних агентів підвищення родючості ґрунтів, пригнічення розвитку шкідливих організмів, а також здійснення комплексу заходів, спрямованих на покращення умов формування врожаю. Агробіологічна модернізація захисту рослин неможлива без розробки і впровадження сучасного асортименту мікробіологічних і хімічних засобів захисту рослин щадної дії. Володіючи антистресовими властивостями такі препарати активізують захисні механізми стійкості рослин до перезволоження, посухи, високих температур та приморозків. З огляду на це, активне використання поліфункціональних сполук дасть змогу підвищити ефективність технологій вирощування переважної більшості сільськогосподарських культур, в тому числі і пшениці озимої. Метою даного дослідження було з'ясувати вплив поліфункціональних препаратів природного походження на рівень розвитку хвороб і продуктивність пшениці озимої. За результатами досліджень проведених впродовж 2022–2024 рр. виявлено позитивний вплив допосівної аплікації насіння пшениці озимої біопрепаратами Фітоцид, р. та БіоМаг, р. на польову схожість рослин та їх антистресові властивості. Відмічено покращення фітосанітарного стану зернового агроценозу за рахунок зменшення поширення корневих гнилей до економічно невідчутного рівня (7,5 і 5,2 % за роками дослідження) та пролонгований ефект аплікації насіння тестованими біопрепаратами на формування елементів структури врожаю (в середньому продуктивна куцистість зросла на 10,3 %, озерненість колосу – на 12,2 %, маса зерна з колосу – на 8,3 %). Виявлено фунгістатичний ефект біопрепаратів відносно збудників корневих гнилей, який забезпечується проявом елісаторного ефекту за рахунок продукування індукторів стійкості рослин до хвороб. Найвищий рівень антифугальної дії проявився за композитного використання біопрепаратів: технічна ефективність відносно корневих гнилей становила 51,8 %.

Ключові слова: біопрепарати, пшениця озима, фітосанітарний стан, стимулюючий ефект, ефективність біопрепаратів, посівні якості насіння.

Бібліографічний опис для цитування: Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Поспелов С. В., Литвиненко С. О., Сиваш К. С. Ефективність застосування біопрепаратів на пшениці озимій. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 37–42.

Вступ

В сучасних умовах аграрного виробництва активно розробляються і впроваджуються екологічно безпечні технології, що передбачають скорочення або відмову від синтетичних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин за максимального використання біологічних агентів підвищення родючості ґрунтів, пригнічення розвитку шкідливих організмів, а також здійснення комплексу заходів, спрямованих на покращення умов формування врожаю [14, 18, 27, 29, 30].

Дослідженнями вітчизняних і закордонних науковців доведено імуностимулюючий вплив на рослини деяких поліфункціональних препаратів [3, 15]. Крім того, агробіологічна модернізація захисту рослин неможлива без розробки і впровадження сучасного асортименту мікробіологічних і хімічних засобів захисту рослин щадної дії [8, 21].

Володіючи антистресовими властивостями такі препарати активізують захисні механізми стійкості рослин до перезволоження, посухи, високих температур та приморозків. З огляду на це, активне використання поліфункціональних сполук дасть змогу підвищити ефективність технологій вирощування переважної більшості сільськогосподарських культур, в тому числі і пшениці озимої [2, 9, 12, 23].

Наразі в світі нараховується понад 5,5 тис. поліфункціональних препаратів [3, 28], більша частина яких – фізіологічні або структурні аналоги фітогормонів, здатні активно впливати на основні функції рослинного організму, а саме на запуск і перебіг фізіологічних і морфогенетичних процесів [3, 15, 31].

Увага науковців спрямована на вирішення проблеми підвищення адаптивних можливостей рослин. Важливою в даному аспекті є індукція набутого імунітету тобто фітоімунореакція (принципово новий підхід до захисту рослин від хвороб; індуктор стійкості активізує захисні функції, але не впливає безпосередньо на патоген) [3, 4, 11]. На відміну від фунгіцидів індуктори імунітету не викликають формування резистентності [18]. Окрім того, вони інтенсифікують фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, підсилюють власний імунітет і на цій основі індукують у рослин комплексну неспецифічну стійкість до несприятливих погодних факторів середовища і різних видів патогенів, сприяють прояву рістстимулюючих процесів в рослинах [17, 26].

В Україні добре зарекомендували себе біопрепарати на основі бактерій-антагоністів фітопатогенів родів *Bacillus* і *Pseudomonas* та їх метаболітів [30]. Вони рекомендовані як для обробки посівного матеріалу, так і для обприскування рослин в період активного росту (проти пліснявіння насіння, яке викликається переважно сапрофітними грибами, яке викликається сірою і білою гнилями, бактеріальними хвороб) [24]. Серед біоагентів грибної природи найчастіше використовують гриби роду *Trichoderma*, які здатні стимулювати ріст рослин та викликати системну індуквану стійкість [5, 10, 25, 32].

Також, в якості діючих речовин використовують синтезовані мікроорганізмами антибіотики здатні пригнічувати життєдіяльність фітопатогенних

мікроміцетів [18, 30]. Із вітчизняних антибіотиків найбільш поширений фітобактеріоміцин, який володіє широким спектром бактерицидної і фунгіцидної дії [20].

Ще одним напрямом покращення стану агроценозів є використання фітогормонів (фізіологічно активні речовини (ФАР) синтезовані рослинами). В малих концентраціях вони (10^{-9} - 10^{-15} М) впливають на обмін речовин вищих рослин, що призводить до помітних змін в їх рості і розвитку. До даної групи ФАР відносяться гібереліни, ауксини, цитокініни, абсцизова і жасмонова кислоти, етилен та ін. [3, 23, 31].

Мета дослідження

Мета досліджень: з'ясувати вплив поліфункціональних препаратів природного походження на рівень розвитку хвороб і продуктивність пшениці озимої.

Завдання дослідження: оцінити вплив біопрепаратів на фітосанітарний стан і урожайність пшениці озимої; визначити технічну ефективність передпосівної обробки насіння біологічними фунгіцидами; з'ясувати вплив досліджуваних препаратів на елементи структури урожаю пшениці озимої.

Матеріали і методи

Лабораторні досліді проводили у 2022–2024 роках на кафедрі захисту рослин Полтавського державного аграрного університету, польові в СФГ «Татіана» Лубенського району Полтавської області. В якості тест-об'єкту використовувався сорт пшениці озимої Благодарка одеська.

Досліджувалися біопрепарати Фітоцид, р. (5 л/т) та БіоМаг (Азогран А), р. (2 л/т) для допосівної обробки насіння.

Визначення посівних якостей насіння здійснювали методом пророщування у вологій камері в чашках Петрі на фільтрувальному папері, згідно стандарту [6, 7]. Насіння інкубували при температурі +20–25 °С. Облік енергії проростання і лабораторної схожості проводили на 5-й та 10-й день. Облік кореневих гнилей пшениці озимої та визначення польової схожості і виживаності рослин проводили за загальноприйнятою методикою [13, 16]. Схема досліді:

1. Контроль – без обробки насіння біопрепаратами;
2. Фітоцид, р., (5 л/га) – обробка насіння;
3. Біомаг, р. (2 л/т) – обробка насіння;
4. Фітоцид, р. (5 л/т) + Біомаг, р. (2 л/т) – обробка насіння [1, 19].

Площа облікової ділянки становила 2 м², облік урожаю проводили з усієї площі ділянки. Аналіз структури урожаю здійснювали у навчально-науковій лабораторії захист рослин Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології ПДАУ.

Результати та їх обговорення

Істотний вплив на формування продуктивності пшениці озимої мають тривалість фенологічних фаз

та етапи органогенезу. Найважливішою є перша фаза розвитку будь-якої рослини – проростання насіння. За сучасних технологій вирощування сільсько-господарських культур передбачається оздоровлення посівного матеріалу з використанням рістрегулюючих речовин сумісно з мікроелементами та пестицидами, що не тільки покращує посівні показники

насіння, а й в подальшому позитивно впливає на урожайність та якість продукції [33].

Протягом 2022–2024 рр., нами проводились дослідження по вивченню впливу біопрепаратів Фітоцид, р., БіоМаг, р. та їх композиції на посівні якості насіння пшениці озимої сорту Благодарка одеська (*табл. 1*).

Таблиця 1

Вплив біопрепаратів на посівні якості насіння пшениці озимої Благодарка одеська

| Варіанти | Енергія проростання, % | | | Лабораторна схожість, % | | |
|--------------------------|------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
| | 2022 р. | 2023 р. | середнє | 2022 р. | 2023 р. | середнє |
| Контроль (обробка водою) | 82,5 | 86,0 | 84,3 | 92,5 | 95,2 | 93,9 |
| Фітоцид, р. | 85,5 | 91,5 | 88,5 | 95,3 | 97,0 | 96,15 |
| БіоМаг, р. | 84,0 | 90,3 | 87,2 | 95,0 | 96,3 | 95,7 |
| Фітоцид, р + Біомаг, р. | 87,3 | 92,5 | 88,8 | 97,5 | 98,3 | 97,9 |
| НІР ₀₅ | 4,5 | 4,9 | | 4,3 | 2,7 | |

В усіх варіантах з використанням біопрепаратів спостерігалась позитивна тенденція до збільшення енергії проростання і лабораторної схожості насіння. В контролі енергія проростання насіння пшениці озимої для посівної 2022 року становила в середньому 82,5 %, а у 2023 році – 86,0 %. У варіантах з обробкою насіння Фітоцидом, р. і БіоМагом, р. даний показник збільшився на 3,0–5,5 % і 2,5–3,7 %, тоді як використання композиції даних препаратів викликало активізацію ростових процесів і енергія проростання у варіанті досягла 87,3–92,5 %, що на 4,8 % вище контролю.

Аналогічна тенденція простежувалась відносно лабораторної схожості. В цілому, даний показник у насіння пшениці озимої в контролі відповідав кондиційним якостям посівного матеріалу згідно стандарту, тобто перевищував 92 %, але аплікація насіння досліджуваними біопрепаратами дозволила підвищити лабораторну схожість в середньому по варіанту з Фітоцидом, р. до 95,3 % (2022 р.) і до 97,0 % (2023 р.). Деяко нижчі показники зареєстровані у варіанті з використанням БіоМагу, р. – 95,0 % та 96,3 % відповідно років дослідження. Істотне збільшення схожості відмічалось у варіанті з

обробкою насіння сумішшю зазначених препаратів. Рівень показника досягав 97,5 % та 98,3 %. Отже, чітко простежується стимулюючий ефект біопрепаратів на показники посівної якості насіннєвого матеріалу.

Також вивчався вплив біопрепаратів на польову схожість озимої пшениці сорту Благодарка одеська і виживаність після перезимівлі. У контрольному варіанті (насіння оброблене водою) польова схожість становила в 2022 році 76,0 % (342 шт/м²), а у 2023 – 74,3 % (334 шт/м²). За допосівної обробки насіння біопрепаратом БіоМаг, р. даний показник збільшився на 2,4 % у 2022 р. і на 1,2 % у 2023 р.; кількість рослин дорівнювала 354 і 340 шт/м² відповідно (*табл. 2*). У варіанті з використанням Фітоцида, р. спостерігалась аналогічна тенденція, тобто збільшення польової схожості в середньому за роки дослідження було на рівні 2,2 %. Вищий відсоток реєструвався у варіанті із композицією Фітоцида, р. і БіоМага, р. – 79,2 та 77,0 % (360 шт/м² і 346 шт/м² відповідно до років дослідження). Після відновлення вегетації ми визначали рівень виживаності рослин. У контрольному варіанті він становив у середньому за роки спостережень 91,4 %.

Таблиця 2

Рістстимулююча активність біопрепаратів за допосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Благодарка одеська

| Варіанти | 2022–2023 рр. | | | 2023–2024 рр. | | |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| | кількість рослин, шт./м ² | польова схожість, % | виживаність рослин, % | кількість рослин, шт./м ² | польова схожість, % | виживаність рослин, % |
| Контроль (обробка водою) | 342,0 | 76,0 | 91,5 | 334,0 | 74,3 | 91,2 |
| Фітоцид, р. | 352,0 | 78,2 | 94,7 | 344,0 | 76,5 | 94,9 |
| БіоМаг, р. | 354,0 | 78,6 | 94,4 | 340,0 | 75,5 | 93,9 |
| Фітоцид, р + Біомаг, р. | 360,0 | 79,2 | 94,9 | 346,0 | 77,0 | 96,3 |

По варіантах з допосівною аплікацією біопрепаратами виживаність рослин зафіксована на більш високому рівні порівняно з контролем. Так, в середньому у варіанті з Фітоцидом, р. показник становив 94,8 %, з БіоМагом, р. – 94,2 % і за комплексного використання біопрепаратів – 95,6 %. Отже, допосівна аплікація досліджуваними продуктами не тільки позитивно вплинула на польову

схожість рослин пшениці озимої, але й виявила антистресові властивості тестованих препаратів, що дозволило більшій кількості рослин вижити за несприятливих умов.

Крім того, за допосівної обробки біопрепаратами Фітоцид, р., БіоМаг, р. і композиції Фітоцид, р. + БіоМаг, р. виявився значний фунгістатичний вплив на розвиток фузаріозно-гельмінтоспоріозних кореневих

гнилей. Поширеність хвороби в 2022 році у контролі становила 15,4 %, а в 2023 році – 12,5 %. Використання препарату Фітоцид, р. дозволило зменшити прояв корневих гнилей майже вдвічі (*рис. 1*).

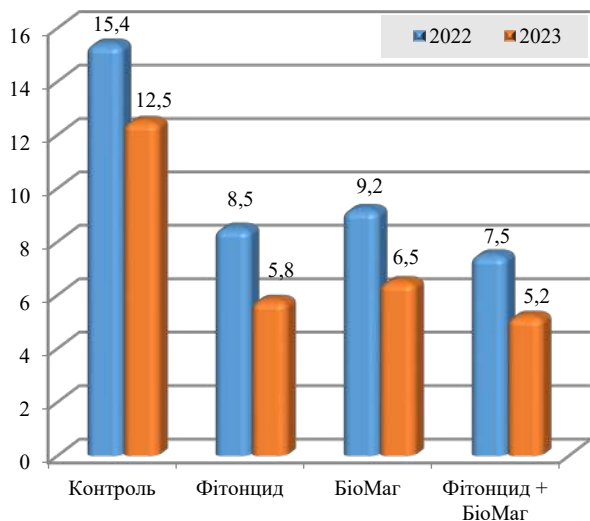


Рис. 1. Вплив допосівної обробки біопрепаратами на поширення фузаріозно-гельмінтоспориозної кореневої гнилі на рослинах пшениці озимої сорту Благодарка одеська

Таблиця 3

Вплив допосівної обробки насіння біопрепаратами на елементи структури урожаю пшениці озимої сорту Благодарка одеська (середнє за роки досліджень)

| Варіант | Продуктивна куцистість, шт./м ² | Кількість продуктивних стебел | | Озерненість колосу | | Середня маса зерна в колосі | |
|--------------------------|--|-------------------------------|-------|--------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | | шт./м ² | % | шт. | % | г. | % |
| Контроль (обробка водою) | 1,3 | 406 | 100,0 | 19,7 | 100,0 | 0,72 | 100 |
| Фітоцид, р. | 1,4 | 420 | 103,4 | 21,2 | 107,6 | 0,75 | 104,2 |
| БіоМаг, р. | 1,4 | 435 | 107,1 | 21,4 | 108,6 | 0,75 | 104,2 |
| Фітоцид, р + Біомаг, р. | 1,5 | 448 | 110,3 | 22,1 | 112,2 | 0,78 | 108,3 |

Підсумковою оцінкою будь-якого скринінгу пестицидів і агрохімікатів є аналіз ефективності впливу тестованих препаратів на фітосанітарний стан культури і реалізацію продуктивності рослин.

Таблиця 4

Технічна ефективність використання біопрепаратів в контролі кореневої гнилі та їх вплив на зернову продуктивність рослин пшениці озимої сорту Благодарка одеська (середнє за роки досліджень)

| Варіант дослідю | Норма витрати, л/т, л/га | Технічна ефективність, % | Урожайність, т/га | +/- до контролю | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|-----|
| | | | | т/га | % |
| Контроль (обробка водою) | – | – | 5,66 | – | – |
| Фітоцид, р. | 1,0 | 49,2 | 5,92 | 0,26 | 4,6 |
| БіоМаг, р. | 1,0 | 44,2 | 5,91 | 0,25 | 4,4 |
| Фітоцид, р + Біомаг, р. | 1,0+1,0 | 51,8 | 5,97 | 0,31 | 5,5 |

В цілому, препарат Фітоцид, р. виявив більш виражену фунгістатичну дію, забезпечивши зниження поширення корневих гнилей на 49,2 %, що на 5,0 % вище за показники препарату БіоМаг, р. (44,2 %). Наявність антифугальної дії в даному випадку можна пояснити проявом еліситорного ефекту, внаслідок якого активується імунна система рослин за рахунок продукування індукторів

Аплікація насіння БіоМагом, р. була менше фективною і поширеність хвороби в цьому варіанті становила 9,2 % у 2022 р. і 6,5 % – у 2023 р. Найкращі результати були отримані у варіанті з використанням композиції тестованих препаратів. Рівень прояву хвороби зменшився до економічно невідчутного рівня 7,5 і 5,2 % відповідно років дослідження.

На нашу думку, лікувальний ефект Фітоцида, р. підсилюється стимулюючою дією БіоМага, р. Отже, сумісне використання цих препаратів дає змогу стримувати поширеність кореневої гнилі на початкових етапах органогенезу рослин пшениці озимої.

Результати досліджень свідчать про пролонгований ефект обробки насіння тестованими біопрепаратами на ріст і розвиток рослин протягом всієї вегетації, що позитивно вплинуло на формування елементів структури врожаю (*табл. 3*). Так, препарати Фітоцид, р. і БіоМаг, р. сприяли зростанню озерненості колоса на 7,6 і 8,6 % відповідно, а комплексне їх застосування підвищило кількість зерен в колосі на 12,2 % відносно контролю. Виявлено зростання продуктивної куцистості у варіанті з обробкою насіння пшениці комплексом біопрепаратів – на 10,3 % порівняно з контролем, тоді як з БіоМагом, р. – на 7,1 %, з Фітоцидом, р. – на 3,4 %. Відмінність показника середньої маси зерна з колосу у різних варіантах досліду була незначною.

Представлені в *таблиці 4* результати досліджень свідчать про цілком прийнятний рівень комплексного позитивного впливу досліджуваних біопрепаратів протягом онтогенезу рослин пшениці озимої.

стійкості [22]. Комплексне застосування зазначених біологічних засобів виявило адитивний ефект, внаслідок якого технічна ефективність контролю корневих гнилей досягла 51,8 %, що на 2,6 та 7,6 % вище за ефективність Фітоциду, р. і БіоМагу, р. відповідно.

Фітосанітарна активність тестованих біопрепаратів безумовно стала одним із чинників,

що позитивно вплинули на реалізацію генетично обумовленої зернової продуктивності рослин пшениці озимої. Найкращі показники у наших дослідах отримані за комплексного застосування біопрепаратів (зростання урожайності відповідно контролю становило 0,31 т/га). За самостійного використання краще проявилися стимулюючі властивості у Фітоцида, р., який забезпечив приріст урожайності на рівні 0,26 т/га.

Висновки

Виявлено позитивний вплив допосівної аплікації насіння пшениці озимої досліджуваними біопрепаратами на польову схожість рослин та їх антистресові властивості.

Встановлено позитивний фітосанітарний вплив комплексного застосування препаратів Фітоцид, р. + БіоМаг, р. на рослини культури. Відмічено зменшення поширення корневих гнилей до економічно невідчутного рівня (7,5 і 5,2 % за роками дослідження).

Відмічено пролонгований ефект аплікації насіння тестованими біопрепаратами на формування елементів структури врожаю. Так, у варіанті з використанням композиції біопрепаратів продуктивна куцистість зросла на 10,3 %, озерненість колосу – на 12,2 %, а маса зерна з колосу – на 8,3 %.

Виявлено фунгістатичний ефект у тестованих біопрепаратів відносно збудників корневих гнилей, який забезпечується проявом еліситорного ефекту за рахунок продукування індукторів стійкості рослин до хвороб. Найвищий рівень антифугальної дії проявився за комpositного використання біопрепаратів: технічна ефективність відносно корневих гнилей становила 51,8 %.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні біоагентів перспективних для застосування в біологічному захисті від фітопатогенних організмів, а також їх рістстимулюючих властивостей.

Конфлікт інтересів


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

References

1. Antykryzovi rishennia dla suchasnoho roslynnytstva. (2023). Vinnytsia: TO «TD «Enzym-Ahro» [in Ukrainian]
2. Bazalii, V. V., & Domaratskyi, Ye. O. (2012). Vplyv biopreparativ na vrozhaunist i adaptivni vlastyvoli pshenytsi miakoi ozymoi. *Tavriyskiy Naukovyi Visnyk*, 81, 9–14. [in Ukrainian]
3. Biliavska, L. O., Babych, A. H., Babych, O. A., Statkvyuch, A. O., & Iutynska, H. O. (2019). Novitni kompleksni polifunktsionalni biopreparaty dlia roslynnytstva. *Biologichno aktyvni preparaty v roslynnytstvi. Naukove obruntuvannia – rekomendatsii – praktichni rezultaty. Materialy XV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii.* (Kyiv, 25-29 chervnia 2019 roku). (pp. 108–111). Kyiv: NUBIP Ukrainy [in Ukrainian]
4. Borona, V. P., Derevianskyi, V. P., & Karasevych, V. V. (2010). Vplyv biopreparativ na shkidlyvi orhanizmy ta produktyvnist zernobobovykh ta zernovykh kultur. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 73, 173–179. [in Ukrainian]
5. Daryaci, A., Jones, E. E., Ghazalibiglar, H., Glare, T. R., & Falloon, R. E. (2016). Culturing conditions affect biological control activity of *Trichoderma atroviride* against *Rhizoctonia solani* in ryegrass. *Journal of Applied Microbiology*, 121 (2), 461–472. <https://doi.org/10.1111/jam.13163>
6. DSTU 2240-93 *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy.* Chynnyy vid 1994-07-01. (1993). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91422 [in Ukrainian]
7. DSTU 4138-2002 *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti.* Chynnyy vid 2004-01-01. (2002). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=91465 [in Ukrainian]
8. Karpenko, V. P. (Red.). (2017). *Elementy biologizatsii v roslynnytstvi: rekomendatsii vyrobnytstvu (monohrafiia).* Uman: Vydavets «Sochinskyi M. M.» [in Ukrainian]
9. Herman, M. M. (2011). Polipshennia posivnykh yakoste nasinnia pshenytsi miakoi ozymoi zalezno vid peredposivnoi obrobky nasinnia. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 54–57. [in Ukrainian]
10. Horal, S. V. (2009). Hryb-antahonist trykhoderma, yak faktor optymizatsii fitosanitarnoho stanu silskohospodarskykh kultur. *Naukovi osnovy stabilizatsii vyrobnytstva produktivni roslynnytstva: Tezy dopovidei Mizhnarodnoi konferentsii.* (Kharkiv, 12–13 may 2009 roku). (pp. 262–265). Kharkiv [in Ukrainian]
11. Hrytsaienko, Z. M., Ponomarenko, S. P., Karpenko, V. P., & Leontyuk, I. B. (2008). *Biologichno aktyvni rehovyny v roslynnytstvi.* Kyiv: ZAT., «NICH LAVA» [in Ukrainian]
12. Iutynska, H. O., Biliavska, L. O., Tytova, L. V., Leonova, N. O., Yamborko, N. A., Vozniuk, S. V., Abdulina, D. R., Petruk, T. V., & Lytovchenko, A. M. (2018). *Zastosuvannia novitnikh biopreparativ u roslynnytstvi. Metodychni rekomendatsii.* Kyiv. [in Ukrainian]
13. Kalens'ka, S. M., & Suddenko, V. Yu. (2016). Field germination and survival of plants soft spring wheat depending on the technology of cultivation in Forest-steppe of the Right-Bank Ukraine. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannia Ukraini*, 2 (59). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2016.02.012>
14. Krutiakova, V., Gulych, O., & Pylypenko, L. (2018). Biological technique of protection of crops: prospects for Ukraine. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 96 (11), 159–168. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-20>
15. Fenta, L., & Mekonnen, H. (2024). Microbial biofungicides as a substitute for chemical fungicides in the control of phytopathogens: current perspectives and research directions. *Scientifica*, 2024, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2024/5322696>
16. Trybel, D. D. (Red.). (2001). *Metodyky vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv.* Kyiv: Svit [in Ukrainian]
17. Ostapchuk, M. O., Polishchuk, I. S., Mazur, O. V., & Maksimov, A. M. (2015). Vykorystannia biopreparativ – perspektyvnyi napriamok vdoskonalennia ahrotekhnolohii. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarneho Universitetu: Silske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 2, 5–17. [in Ukrainian]
18. Patyka, V. P. (2002). Biologichne zemlerobstvo yak faktor staloho rozvytku ahroekosystem. *Stalyi rozvytok ahroekosystem: Materialy mizhnarodnoi konferentsii.* (Vinnytsia, 11–13 zhovtnia 2002 r.). (pp. 5–9). Vinnytsia [in Ukrainian]
19. *Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini.* (2024). Kyiv: TOV «Lunivest Media» [in Ukrainian]
20. Pospelov, S., Pospelova, A., Kovalenko, N., Sherstiuk, E., & Zdor, V. (2020). Biocontrol of Mycoflora of Winter Wheat Seeds. *E3S Web of Conferences*, 176, 03001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017603001>
21. Pospelova, G., Kovalenko, N., Nechiporenko, N., Barabolia O., Korsun, M., & Litvinov, I. (2022). Efficiency of the application of fungicides in the protection of winter wheat from dominant spots. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 66–72. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.08>
22. Rozhkova, T. O. (2016). Elisitory zakhysnykh reaktsii roslyn. *Agroexpert*, 2, 30–33. [in Ukrainian]
23. Skachok, L. M., Potapenko, L. V., & Yarosh, T. M. (2008). Efektyvnist biologichnykh dobryv i stimulatoriv rostu na polovykh kulturakh. *Silskohospodarska Mikrobiolohiia*, 8, 122–130. [in Ukrainian]

24. Sklianchuk, V. M., & Naumenko, M. D. (2006) Vplyv elementiv biolohizatsii zemlerobstva na vrozhaunist silskohospodarskykh kultur u Zakhidnomu Polissi. *Zbirnyk Naukovykh Prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 29, 112–118. [in Ukrainian]
25. Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., & Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “Secrets” of a multitiered biocontrol agent. *Plants*, 9 (6), 762. <https://doi.org/10.3390/plants9060762>
26. Starchevskiy, I. P. (2004). Biolohizatsiia zemlerobstva. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 11, 25–26. [in Ukrainian]
27. Tao, C., Wang, Z., Liu, S., Lv, N., Deng, X., Xiong, W., Shen, Z., Zhang, N., Geisen, S., Li, R., Shen, Q., & Kowalchuk, G. A. (2023). Additive fungal interactions drive biocontrol of *Fusarium* wilt disease. *New Phytologist*, 238 (3), 1198–1214. <https://doi.org/10.1111/nph.18793>
28. Tesliuk, V. V. (2011). Konts eptualni osnovy vyrobnytstva i zastosuvannia mikrobiopreparativ. *Naukovi Dopovidy Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 7 (23). [in Ukrainian]
29. Tkalenko, H. M. (2004). Mikrobiolohichniy metod v intehrovanomu zakhysti posiviv silskohospodarskykh kultur. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 11, 27–28. [in Ukrainian]
30. Tkalenko, G., Borzyh, O., & Ignat, V. (2020). The current state of application of biological plant protection agents in agroecology of Ukraine. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (12), 18–25. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202012-03>
31. Tsyhichko, H. O., & Makliuk, O. I. (2015). Efektyvnist zastosuvannia biodobryv yak stymuliuvalnogo faktora rozvytku silskohospodarskykh kultur na pochatku ontogenezu. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 3, 12–16. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201503-02> [in Ukrainian]
32. van Zijll de Jong, E., Kandula, J., Rostás, M., Kandula, D., Hampton, J., & Mendoza-Mendoza, A. (2023). Fungistatic activity mediated by volatile organic compounds is isolate-dependent in *Trichoderma* sp. “Atroviride B.” *Journal of Fungi*, 9 (2), 238. <https://doi.org/10.3390/jof9020238>
33. Vlasiuk, O. (2023). The influence of environmentally safe preparations on the yield and infection by winter wheat diseases in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 101 (4), 30–37. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-04>

ORCID

- G. Pospelova  <https://orcid.org/0000-0002-8030-1166>
- N. Kovalenko  <https://orcid.org/0000-0001-5998-1745>
- S. Pospelov  <https://orcid.org/0000-0003-0433-2996>



© 2024 Pospelova G. 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.

Biological features and main aspects of the growing technology of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from seeds

I. Rozhko | M. Kulyk | M. Honcharov

Article info

Correspondence Author

I. Rozhko

E-mail:

ilona.rozhko1@ukr.net

Poltava State Agrarian University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Rozhko, I., Kulyk, M., & Honcharov, M. (2024). Biological features and main aspects of the growing technology of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from seeds. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 43–52. doi: 10.31210/spi2024.27.04.08

The objective of this review is to analyse and synthesise the extant research on the biological characteristics of common beans and aspects of seed cultivation technology in the conditions of Ukraine. The authors' research yielded the following findings: in our country, three types of beans from the Fabaceae family are cultivated: common (*Phaseolus vulgaris* L.), lima (*Phaseolus lunatus* L.) and multiflorous (*Phaseolus multiflorus* L.). The most prevalent are the common beans, which are of American origin. This is a typical heat-resistant crop, the optimal temperature for plant growth and development is 25–30 °C. It was established that the temperature factor, in conjunction with the presence of moisture in the soil, exerts a considerable influence on productivity, particularly during crucial phases such as flowering and seed formation. The Register of Plant Varieties currently lists 20 varieties of common bean and 27 varieties of grain bean. It is essential to select varieties that are well-suited to the prevailing growing conditions, demonstrate resilience to prevalent diseases and pests, and exhibit high productivity potential. The most effective predecessors in the field of crop rotation for beans are winter cereals and tilled crops. In the context of vegetable crop rotation, pumpkin, nightshade, onion, root crops and early potatoes represent the optimal predecessors. The main tillage is conventional, followed by early spring harrowing and two or three times cultivation. Beans are sown in a wide-row method (45 cm) in the Forest-Steppe on May 5–15, in Polissya on May 5–20, in the Steppe zone on April 20 – May 15. The seeding rate is contingent upon the dimensions of the seeds and is 400–500 thousand analogous seeds per hectare. Prior to sowing, the seeds are inoculated with specific strains of microorganisms. (nitrogen-fixing bacteria of the *Rhizobium phaseoli*). The care of bean seed plants entails the loosening of rows (1–3 times) and the monitoring of harmful organisms in crops. Following the drying of the bean seeds to a moisture content of between 70 and 80 %, the seeds are collected using the transshipment method. They are then subjected to a series of processing steps, including cleaning and sorting, before being stored in a seed material with a purity of 99.0 % and a laboratory germination rate of 90.0 %.

Keywords: agriculture, vegetable crops, seed production, common bean, yield, biological characteristics, seed material.

Біологічні особливості та основні аспекти технології вирощування квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) на насіння

I. I. Рожко | M. I. Кулик | M. O. Гончаров

Полтавський державний аграрний університет,
Полтава, Україна

Мета представленого огляду – аналіз та узагальнення наявних досліджень щодо біологічних особливостей квасолі звичайної та аспекти технології вирощування на насіння в умовах України. Відповідно аналізу та узагальнення досліджень авторів визначено, що в нашій країні з родини бобові (Fabaceae) вирощується три види квасолі: звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.), лімська (*Phaseolus lunatus* L.) та багатоквіткова (*Phaseolus multiflorus* L.). Найбільш поширеною є квасоля звичайна, яка належить до американської групи за походженням. Це типова жаростійка культура, оптимальна температура для росту й розвитку рослин становить 25–30 °C. Визначено, що температурний чинник, поряд із наявністю вологи в ґрунті має значний вплив на продуктивність, особливо в критичні періоди – цвітіння та формування насіння. На даний час в Реєстрі сортів рослин наявні 20 сортів квасолі звичайної овочевої та 27 сортів – зернової. З цього сортименту необхідно обирати сорти, які адаптовані до умов вирощування, стійкі до хвороб і шкідників та володіють високим потенціалом продуктивності. Кращі попередники у польовій сівозміні для квасолі є: озими зернові й просапні культури, а в овочевій – гарбузові, пасльонові, цибулеві, коренеплоди, рання картопля. Основний обробіток ґрунту – звичайний, з послідовним ранньовесняним боронуванням та дво-триразовим культивуванням. Сівбу квасолі здійснюють широкорядним способом (45 см) в Лісостепу 5–15 травня, на Поліссі – 5–20 травня, у Степовій зоні – 20 квітня – 15 травня. Норма висіву залежить від крупності насіння і становить 400–500 тис. схожих насінин на гектар. До сівби проводять інокуляцію насіння штамми мікроорганізмів (азотфіксуючі бактерії виду *Rhizobium phaseoli*). Догляд за насінними рослинами квасолі полягає у розпушуванні міжрядь (1–3 рази) та моніторингу шкідливих організмів в посівах. Збір насіння квасолі проводять за висихання 70–80 % бобів перевалочним способом, з послідовною його доробкою (очищення й сортування) та закладкою насінневого матеріалу на зберігання за чистоти 99,0 % та лабораторної схожості 90,0 %.

Ключові слова: сільське господарство, овочеві культури, насінництво, квасоля звичайна, урожайність, біологічні особливості, виробництво насіння, насінневий матеріал.

Бібліографічний опис для цитування: Рожко I. I., Кулик M. I., Гончаров M. O. Біологічні особливості та основні аспекти технології вирощування квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) на насіння. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 43–52.

На сьогодні, дослідження українських науковців спрямовані на вивчення потенціалу зернобобових культур для селекції [1] з урахуванням ботанічних особливостей квасолі овочевої [2–8], мінливості врожайності її насіння [9, 10], впливу зовнішніх факторів на схожість насіння [11] та агротехнічних прийомів вирощування культури [12–17]. Йде активна робота над вирішенням наступних питань: виробництва якісного насінневого матеріалу квасолі, створення сортів з підвищеною стійкістю до хвороб та шкідників, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов України, а також розробкою оптимальних технологій вирощування культури [18–20]. Це є особливо актуальним для забезпечення стабільного врожаю товарних посівів овочевих культур в умовах змін клімату [21]. Таким чином, виробництво насіння квасолі в Україні має стратегічне значення, оскільки сприяє підвищенню урожайності цієї культури, зменшенню залежності від імпортованого насіння та покращенню продовольчої безпеки країни.

Господарське та харчове значення квасолі.

На сьогодні, вивчення представників роду квасоля (*Phaseolus*) присвячена значна кількість наукових праць вчених: О. М. Безугла, І. М. Бобось, Т. К. Горова, А. В. Голодна, Л. Н. Кобизева, А. І. Клиша, В. А. Мазур, О. В. Овчарук, С. Й. Оліфірович, О. Ю. Сайко, О. В. Сергієнко, С. І. Силенко, О. П. Попов, Л. І. Чередниченко, О. С. Чинчик, А. О. Шевченко та багато інших. Вони охоплюють питання вивчення біологічних та сортових особливостей квасолі, аспектів технології її вирощування й збирання. Що має велике значення для пошуку шляхів підвищення врожайності овочевих зернобобових культур, в тому числі і квасолі зернової. При цьому, важливим є збереження родючості ґрунтів та забезпечення виробництва як овочевою продукцією, так і якісним насінням [22–24]. Все це сприятиме сталому розвитку овочівництва та забезпечення населення України високоякісною овочево-баштанною продукцією. На даний час визначено, що в структурі посівних площ нашої країни частка овочево-баштанних культур має тренд до зниження й становить лише 2,0 %, водночас зернових і зернобобових – 54,8 %, технічних – 30,6 % та кормових культур – 7,6 %, а картоплі – 5,0 % [25].

Квасоля є однією з важливих зернобобових культур, яка широко вирощується по всьому світу завдяки високим харчовим та агротехнічним властивостям цієї культури [26, 27]. Аналіз літературних джерел свідчить, що овочеві культури відрізняються від інших рослин морфологічними ознаками, вимогами до умов вирощування та тривалістю вегетаційного періоду. Це обумовлює їх інтенсивний ріст, розвиток та формування специфічних вегетативних або генеративних органів, які використовуються в харчуванні [28]. Загально-відомо, що овочеві є основним джерелом вітамінів, які позитивно впливають на обмін речовин і фізіологічні функції організму людини, а також підвищують його захисні властивості [29, 30].

3-поміж овочевих культур квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) виокремлюється поживністю та різноманіттям використання на харчові цілі. Зерно та боби квасолі містять багато основних хімічних складників, які знаходяться в лопатках і насіннях (до 6,0 % білків, 3,1–3,8 % цукру, 2,9–3,2 % крохмалю, 0,8–1,6 % клітковини, до 0,1–0,3 % жиру) [31, 32]. У їжу вживають незрілі боби, молоді зерна, а також насіння в повній стиглості [33]. Квасоля належить до родини Бобові (*Fabaceae*) [34]. Цінністю даної родини є здатність засвоювати бульбочковими бактеріями азот з повітря, та збагачувати ним ґрунт [35, 36]. Окрім цього, як зазначає І. В. Федорук та інші науковці [37, 38, 39], бобові культури є добрим попередником для більшості культур у сівозміні.

Біологічні особливості квасолі.

Батьківщиною *Phaseolus* є Південна Америка. Культура еволюціонувала з дикоростучої ліани у основну продовольчу бобову культуру, яку культивують в усьому світі [40]. Квасолі вирощують більш ніж в 70 країнах світу. 3-поміж зернобобових культур рослина займає друге місце за площею посівів у світі (23–27 млн. га), в Україні на сьогодні посівна площа квасолі склала понад 50 тис. га [41]. В різних країнах світу виробництво квасолі на душу населення складає від 0,3 до 63 кг [42].

В Україні поширені три види квасолі: звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.), лімська (*Phaseolus lunatus* L.) та багатоквіткова (*Phaseolus multiflorus* L.) [11] (**Рис. 1**).



Квасоля звичайна



Квасоля лімська



Квасоля багатоквіткова

Рис. 1. Загальний вигляд поширених в Україні видів квасолі

Квасоля – самозапильна культура. Однак, в жарку погоду є імовірність часткового перехресного запилення [43]. Самозапилення у квасолі здійснюється прямо у бутонах прихованих квіток. Плід –

двостулковий біб. Забарвлення плоду видозмінюється в залежності від сорту. Маса 1000 насінин змінюється в межах від 300 до 500 г; насіння різняться за крупністю, формою та забарвленням [44–49] (рис. 2).



Квасоля звичайна
(*Phaseolus vulgaris* L.)



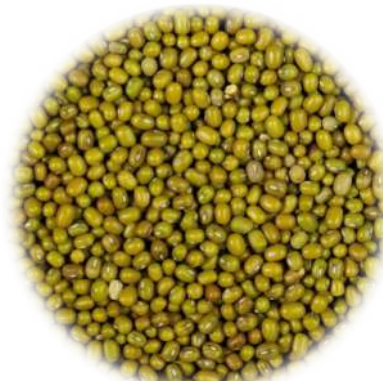
Квасоля лімська
(*Phaseolus lunatus* L.)



Квасоля багатоквіткова
(*Phaseolus multiflorus* L.)



Квасоля гостролиста, тепарі
(*Phaseolus acutifolius* L.)



Квасоля маш, золотиста
(*Phaseolus aureus* L.)



Квасоля кутаста, адзукі
(*Phaseolus angularis* L.)

Рис. 2. Різноманітність насіння квасолі

Рід квасолі *Phaseolus* L. включає до 230 видів, які поділяються на дві групи: американська та азіатська. У квасолі американського походження формуються великі плоскі боби з довгим дзьобиком і крупним насінням, в азіатській – вузькі без дзьобика й дрібним насінням [50–57]. В Україні поширеним видом є квасоля звичайна (*P. vulgaris* L.), яка належить до американської групи. Також, для харчових цілей використовуються інші види американського походження: квасоля багатоквіткова (*P. multiflorus* Weld.), лімська (*P. lunatus* L.) та гостролиста (тепарі) – *P. acutifolius* Grag. До азіатської групи, що більш поширені в Середній Азії та на Далекому Сході відносять квасолю маш (золотиста, азіатська) – *P. aureus* Roxb та кутаста (адзукі) – *P. angularis* Weld. [58, 59].

Зважаючи на важливість різних видів квасолі для продовольчої безпеки та харчування, достатній обсяг її виробництва обмежується через біотичні та абіотичні стреси. У більшості країн під час вирощування квасолі дедалі частіше рослини піддаються впливу надто посушливим або ж вологим погодним умовам [60].

Температура повітря є одним з найважливіших факторів, що впливають на ріст і розвиток квасолі. Температура, за якої відбувається проростання

насіння квасолі – 10–12 °С. Рослина нездатна переносити навіть незначних приморозків, що впливає на терміни сівби [61, 62]. Оптимальна температура для росту та розвитку квасолі становить 25–30 °С [63].

Згідно з дослідженнями вчених визначено, що високі температури під час цвітіння квасолі (більше 30°C) можуть призвести до зниження врожайності на 20–30 % через зменшення кількості квіток та зниження темпів росту й розвитку рослин [64, 65].

Відповідно зарубіжних досліджень визначено, що значні перепади температур під час вегетації квасолі можуть призвести до скорочення періоду розвитку рослин, що негативно позначається на їх продуктивності [66].

Інші дослідження показали, що нестача вологи під час формування насіння значно погіршує його якість, зокрема знижується й продуктивність культури. Аналіз основних компонентів якості зерна квасолі свідчить, що фіто-хімічні речовини, такі як олігосахариди, деякі фенольні речовини, протеїни та стійкий крохмаль, відрізняються залежно від умов вирощування квасолі [67].

Родючість ґрунтів та їхня здатність зберігати вологу є важливими факторами, що визначають врожайність квасолі. Що підтверджується

дослідженнями зарубіжних науковців, в яких визначено, що рівень урожаю квасолі звичайної знаходиться в прямій залежності з водним балансом ґрунту [68].

Таким чином, створення умов близьких до оптимальних для росту і розвитку рослин квасолі, з урахуванням її біологічних особливостей обумовлюється впливом екологічних, едафічних та біотичних чинників [69, 70]. Водночас, науковці не менш важливу роль віддають підбору сортів [71] і технології вирощування у збільшенні продуктивності культури [72, 73, 74].

Вивчення особливостей технології вирощування квасолі.

Важливим є продовження досліджень у напрямі збільшення врожайності квасолі агротехнічними шляхами, а також впровадження сучасних технологій для вдосконалення процесу вирощування цієї культури. Водночас, проведення подальшої селекції для створення нових сортів квасолі має пріоритетне значення. Так, згідно аналізу літературних джерел [75–76] визначено, що важливими етапами технології вирощування квасолі є: вибір сорту, обробіток ґрунту, підготовка насіння, сівба, догляд за рослинами, контроль за шкідниками і хворобами, збір, доробку врожаю та зберігання насіння [77, 78].

За вивчення сортименту квасолі звичайної С. Й. Оліфірович та В. О. Оліфірович визначили, що в умовах дослідного поля Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції на чорноземі лучному за два роки досліджень (2018–2019 рр.) найвищу врожайність насіння формували сорти квасолі Отрада (2,44 т/га), меншу, але порівняно на високому рівні – сорти Рось та Ната – 2,28 та 2,37 т/га. Суттєво нижчою урожайність була у сортів Славія та Галактика – 1,94 та 1,95 т/га відповідно. Продуктивність сортименту квасолі залежала як від виживання рослин під час вегетації, так і від умов року та сортових особливостей [79].

За даними інформаційно-довідкової системи «Сорт» Українського інституту експертизи сортів рослин, в Україні станом на 2024 рік зареєстровано близько 128 сортів овочевих бобових культур, які є придатними для поширення на території України. З-поміж яких: 20 сортів квасолі звичайної (овочевої) та 27 сортів квасолі зернової, а також наявно по одному сорту вігні променистої (квасоля золотиста, маш) і вігні спаржевої [80, 81]. Проте, попри різноманіття сортів, їх адаптивних властивостей, хвороби та шкідники суттєво впливають на обсяг виробництва та якість насіння. Зокрема, дослідженнями науковців [82–85] виявлено, що серед поширених хвороб у квасолі можна зустріти кореневу гниль (*Radix putredo*), антрактоз (*Colletotrichum lindemuthianum*), кутасту плямистість (*Angularis spotting*), іржу (*Rust*) та білу плісняву (*Sclerotinia sclerotiorum*). Дані хвороби можуть знизити врожайність та погіршити якість насіння, що вимагає постійного моніторингу та впровадження ефективних заходів захисту рослин.

Науковими дослідженнями А. В. Голодної, В. В. Акуленко та О. О. Столяр встановлено [86], що кращими для квасолі є легкі структурні ґрунти з достатньою кількістю гумусу – карбонатні суглинки

та чорноземи. Непридатні для неї кислі, заболочені і легкі піщані ґрунти.

Визначено, що сівозміна з включенням у чергування культур бобових рослин буде найбільш повноцінною. Що пов'язують із надходженням у ґрунти додаткового легкозасвоюваного біологічного азоту, активізації інших елементів живлення, накопичення значного обсягу цінних післяжнивних залишків та оздоровлення ґрунту [87].

Кращими попередниками для квасолі є озимі зернові й просапні культури, за винятком бобових [88, 89]. Визначено, що високі врожаї квасолі можна отримати за різних попередників. Так, за даними В. І. Лихацького [90] з попередниками озимих зернових (пшениця, жито), картоплі одержували від 1,6 до 2,7 т/га зерна квасолі.

Авторами на чолі з Н. П. Садовською у дослідженні, що проведено в ґрунтово-кліматичних умовах передгірної зони Закарпаття визначено, що у сівозміні за вирощування квасолі як після картоплі, так і після бобових з урахування застосування біопрепарату «Ризогуміну» сприяє зростанню врожайності культури. Водночас, вищі показники врожайності квасолі отримали на варіантах, де попередником квасолі була бобова культура (7,9–8,1 т/га) на противагу попереднику картоплі (7,7–7,7 т/га) [91].

За якісного та своєчасного обробітку ґрунту під квасолю створюється сприятливі водно-повітряні й теплові умови, спостерігається нагромадження і збереження вологи, що також сприяє утримання ґрунту в чистому від бур'янів стані [92].

Основний обробіток ґрунту під квасолю – оранка на зяб (20–22 см), а на забур'янені площах її поглиблюють до 25–27 см. Навесні при фізичній стиглості ґрунту проводять ранньовесняне боронування в 1–2 сліди. У передпосівний період проводять два – три культивування ґрунту на глибину 10–12 см з одночасним боронуванням. Останню культивуацію проводять за день до сівби на глибину заробки насіння [93].

Результати досліджень українських науковців свідчать, що застосування доз азотних добрив, що вищі ніж 20–30 кг/га, пригнічує симбіотичну азотфіксацію. Оптимізовані дози добрив пригнічують симбіотичну, проте активізують асоціативну, або несимбіотичну, азотфіксацію [94, 95]. Що підтверджено дослідженнями інших авторів, які вивчали колообіг біологічного азоту та його вплив на бобові культури [96].

Цю думку підтримують інші науковці, які стверджують, що квасоля потребує азоту більше із ґрунту в порівнянні із нагромадженням його в продукції. Тому, внесення азоту під бобові, особливо на низькопродуктивних ґрунтах, значно підвищує врожай зерна [97, 98].

Результати досліджень С. Д. Верхолюк, Є. В. Гук та інших вчених [99, 100] свідчать, що оптимальний термін для сівби квасолі в Лісостеповій зоні України припадає 5–15 травня, на Поліссі – 5–20 травня, у Степовій зоні – 20 квітня – 15 травня. Глибина заробки насіння квасолі залежить від його розміру і вологості ґрунту та становить 6–8 см. Кращими

попередниками для квасолі є гарбузові, пасльонові, цибулеві, коренеплоди, рання картопля, озимі культури [101].

Сівбу квасолі проводять широкорядним способом. Зазвичай з шириною міжряддя 45 см [102]. Норма висіву насіння залежить від способу сівби та умов навколишнього середовища. Згідно ДСТУ 4794:2007 «Квасоля. Технологія вирощування. Загальні вимоги» рекомендована норма висіву насіння у Лісостепу України становить від 400 тис. схожих насінин на гектар за шириною міжряддя 45 см [103].

Поряд з цим, Л. М. Поташова та О. К. Труш встановили [104], що в умовах східного Лісостепу України в середньому за роки досліджень найвищу врожайність квасолі отримали за норми висіву насіння 500 тис. шт./га – 1,73 т/га, що забезпечило прирост 0,33 т/га або 23,6 % у порівнянні з контролем (300 тис. шт./га).

Інші ж автори – А. О. Рожков та О. К. Труш визначили, що найбільшу врожайність насіння сорту Панна (у середньому за три роки – 2,02 т/га) формує квасоля за норми висіву 600 тис. шт./га, а сорти Первомайська і Докучаєвська – за норми висіву 500 тис. шт./га – 1,73 і 1,65 т/га [105].

Встановлено, що насіння квасолі розпочинає проростати за температури повітря 8–12 °С. Чим вища температура, тим швидше з'являються сходи на поверхні ґрунту – через 6–7 діб [106].

Доведена також ефективність проведення допосівної підготовки насіння зернобобових культур. Його заздалегідь протруюють, інокують та обробляють мікроелементами (в залежності від наявності мікроелементів у ґрунті). Під час застосування ризоторфіну, обробку проводять не пізніше ніж за 2–3 місяці до інокуляції. Так, науковці Н. В. Новицька, О. М. Мартинов та Н. М. Доктор в умовах виробничого полігону НУБіП України на дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах встановили, що цей захід (допосівна обробка насіння азотфіксувальними бактеріями виду *Rhizobium phaseoli*) впливає на тривалість вегетації та настання фенофаз квасолі, що подовжувалась від 2 до 5 діб, порівняно з варіантами без інокуляції насіння [107, 108].

Так, результати отримані Н. В. Сівак та М. І. Бахмат свідчать про суттєвий вплив на ріст і розвиток сортів квасолі звичайної інокуляції насіння, застосування добрив та ценотичних чинників. Найбільшу врожайність квасолі було отримано за внесення добрив у дозі $N_{60}P_{40}K_{20}$ з інокуляцією насіння Ризобіофітом. При цьому приріст урожаю квасолі становив 36,5 % у сорту Ластівка, 31,1 % – у сорту Мавка та 34,8 % – сорту Еурека [109].

Догляд за насінними рослинами квасолі полягає у розпушуванні міжряддя та моніторингу хвороб та шкідників в посівах. Перше розпушування міжряддя квасолі проводять при з'явленні другого листка. Протягом вегетації проводять 3–4 розпушування і підгортання рослин. Загущені посіви проріджують, залишаючи рослини на відстані 10–15 см [110, 111].

Протягом вегетації квасолі зазвичай проводять два сортових прополювання і дві сортові сертифікації – у фазі цвітіння та технічної стиглості бобів [112].

Квасоля не потребує органічних добрив і може розміщуватися на ділянках, які були удобрені гноєм, не раніше ніж через три роки. Для квасолі бажано вносити фосфорні та калійні добрива з осені [113]. Добрива можна вносити восени або навесні, але не раніше, ніж за два тижні до сівби. Перед посівом вносять азотні добрива 15–20 г сульфату амонію [114].

Дослідженнями С. Й. Оліфіровича встановлена реакція сортів квасолі (Буковинка, Галактика, Славія, Рось, Отрада, Ната) на передпосівну обробку насіння біопрепаратами та використання гумату калію. Найвищий рівень урожайності зерна забезпечили сорти Рось, Ната й Отрада (відповідно 2,45; 2,41; 2,32 т/га) за інокуляції насіння біопрепаратами, внесення повного мінерального добрива дозою $N_{32}P_{32}K_{32}$ та дворазового позакореневого підживлення посівів гуматом калію [115].

На насінневих посівах квасолі систематично здійснюються профілактичні заходи контролю шкідників та хвороб. Найпоширенішими шкідниками квасолі є: квасолевий довгоносик (*Apion* sp.), квасолевий мотиль (*Empoasca fabae*), попелиця (*Aphidoidea*), павутинний кліщ (*Tetranychus urticae*), сонячний жук (*Epilachna varivestis*) [116, 117]. Під впливом цих збудників хвороб може знижуватись продуктивність та якість насіннєвого матеріалу, тому важливо застосовувати профілактичні заходи [118]. Це сприяє збереженню генетичного потенціалу нових сортів, що є важливим для селекції та вдосконалення сортів, адаптованих до місцевих умов [119].

Використання хімічних препаратів для боротьби зі шкідниками та хворобами може негативно вплинути на навколишнє середовище [120, 121]. Тому, проведення профілактичних заходів допомагає мінімізувати використання пестицидів і зберегти екологічний баланс. Серед цих заходів можна виділити: сівозміни – чергування культур, що зменшує накопичення шкідників і хвороб у ґрунті; вибір стійких сортів до шкідників і хвороб, що знижує потребу в хімічних обробках; залучення природних хижаків, такі як птахи та ентомофаги, що контролюють чисельність шкідників; управління зволоженням, тобто уникати перезволоження ґрунту, що зменшує розвиток грибкових хвороб; очищення полів, адже своєчасне видалення рослинних решток після збору врожаю зменшує джерела інфекцій; правильний догляд за рослинами, що поєднує внесення оптимальних доз добрив та своєчасний обробіток ґрунту для забезпечення відповідних умов росту й розвитку рослин; регулярний моніторинг, тобто огляди рослин на наявність шкідників і хвороб, що дозволить вчасно виявити проблеми; використання біопрепаратів, що є ефективною альтернативою хімічним пестицидам для контролю шкідників і хвороб [122–124]. Таким чином, профілактичні заходи на насінневих посівах квасолі є ключовими для забезпечення стабільного та високоякісного врожаю, економічної ефективності виробництва та збереження екологічної стійкості агрофітоценозів.

Збір насіння квасолі проводять за повної зрілості та висихання бобів (при досягненні такого стану у 70–80 % бобів). Зазвичай це відбувається в серпні-вересні, коли спостерігається пожовтіння та початок

опадання листків, а боби набувають солом'яно-жовтого кольору [125].

Однією з вирішальних ознак, що обмежують використання того чи іншого сорту квасолі у виробництві, є придатність його до механізованого збирання [126, 127].

На невеликих ділянках врожай насіння квасолі збирають вручну, а на великих площах використовують квасолезбиральні машини та бобові жатки. Після підсушування у валках квасолою обмолочують комбайнами. Після збору насіння висушують до оптимального рівня вологості (близько 14–16 %), щоб уникнути гниття та розвитку грибкових хвороб [128].

Відповідно даних О. М. Безуглої визначено показники придатності квасолі до обмолоту: незначне травмування насіння при обмолоті, мала або середня крупність насіння (маса 1000 насінин не більше 400 г), наявність кавітації (кавітація відсутня, слабка або середня) та її ступінь (не більше 0,069) [129].

Очищення насіння є основним етапом доробки насіння квасолі. Воно включає видалення домішок, які можуть негативно вплинути на збереженість та схожість насіння. Згідно з дослідженнями авторів визначено, що очищення насіння від домішок дозволяє підвищити показники якості, що, в свою чергу поряд з погодними умовами вегетації рослин позитивно позначається на врожайності [130]. Використання сучасних технологій очищення, таких як вібраційні та повітряні сепаратори, демонструють ефективність у підвищенні чистоти насіння [131]. Сортові і посівні якості насіння овочевих і баштанних культур повинні відповідати Національному стандарту України «Насіння овочевих, баштанних, кормових і пряно-ароматичних культур. Сортові і посівні якості. Технічні умови». Для базового й базового насіння квасолі звичайної чистота насіння повинна бути не нижче 99,0 %, лабораторна схожість 90,0 % та вологість насіння – на рівні 14,0 %.

Після доробки насіння квасолі його закладають на зберігання в сухих, прохолодних місцях, у герметичних упаковках, щоб зберегти його якість і схожість до наступного посівного сезону. Дотримання цих етапів допомагає отримати якісне насіння квасолі та зберегти посівні якості для наступного вегетаційного року [132–135].

Висновки

Згідно з представленими в огляді дослідженнями визначено особливості технології вирощування квасолі звичайної на насіння з урахуванням біології культури. Таким чином, встановлено, що для вирощування квасолі на насіння в умовах України необхідно проводити звичайний обробіток ґрунту (оранку) з послідовним весняним боронуванням та дво-триразовим культивуванням. Підготовка насіння до сівби передбачає його інокулювання азотфіксуючими бактеріями виду *Rhizobium phaseoli* та сівбу (залежно від зони вирощування у проміжку з 20 квітня по 15 травня) встановленою нормою висіву, що залежить від крупності насіння (400–500 тис. схожих насінин на 1 га). Спосіб сівби – широкорядний за ширини міжряддя 45 см. Догляд за

рослинами полягає у розпушуванні міжрядь (1–3 рази) та передбачає моніторинг й захист посівів від шкідників і хвороб. Збір насіння квасолі проводять за висихання 70–80 % бобів перевалочним способом з послідуною доробкою насіння (очищення й сортування) та закладкою насінневого матеріалу на зберігання. Посівні якості насіння квасолі повинні бути на рівні встановлених норм: чистота – не нижче 99,0 % та лабораторна схожість насіння – не менше 90,0 %. Науковий підхід та оптимізація елементів технології виробництва насіння квасолі дозволить виробникам закладати промислові посіви якісним насіннєвим матеріалом й забезпечити стабільний урожай товарної продукції цієї культури. Це має важливе значення не лише для підвищення ефективності аграрного сектору та розвитку овочівництва, але й для забезпечення продовольчої безпеки України.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Kobyzieva, L. N., Bezuhla, O. M., & Tertyshnyi, O. V. (2012). Potensial zernobobovykh kultur dlia stvorennia sortiv prydatnykh dlia mekhanizovanoho zbyrannia. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 102, 10–15. [in Ukrainian]
2. Bezuhla, O. M., & Kobyzieva, L. N. (2015). Henetychni resursy rosllyn u vyrishenni problem selektsii kvasoli v Ukraini. *Zbirnyk Naukovykh Prats Seleksiino-Henetychnoho Instytutu*, 26, 74–83. [in Ukrainian]
3. Horova, T. K., Saiko, O. Yu., & Cherkasova, V. K. (2014). Osoblyvosti formuvannia faz vehetatsiinoho periodu kvasoli zvychnoi. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia ahropromysloвого vyrobnytstva Kharkivskoi oblasti*, 17, 88–96. [in Ukrainian]
4. Ovcharuk, O. V. (2013). Osnovy produtsiinoho protsesu kvasoli zvychnoi za sortovoi tekhnologii vyroshchuvannia, *Naukove vydannia. Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka.* (pp. 415–420). Zhytomyr: «Polissia». Retrieved from: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/1351/1/Or-ganic_20132_415-420.pdf [in Ukrainian]
5. Kononchuk, O. B., & Pyda S. V. (2012). Rehuliatsiia fizioloה – biokhimichnykh protsesiv u kvasoli zvychnoi zastosuvanniam *Rhizobium phaseoli* i «Baikal EM – 1 U». *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoho Natsionalnogo Ahrarnoho Universytetu Sadivnytstva*, 79, 56–64. [in Ukrainian]
6. Chynchyk, O. S. (2014). Osoblyvosti formuvannia pokaznykiv fotosyntetychnoi produktyvnosti kvasoli zvychnoi pid vplyvom Ekohranu i mineralnykh dobrov. *Naukovi Pratsi Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv*, 22, 88–92. [in Ukrainian]
7. Bezuhla, O. M. (1999). Vysota roztashuvannia bobiv na roslyni kvasoli – vazhlyva selektsiina oznaka. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 82, 74–78. [in Ukrainian]
8. Mykhailov, V. H., Romaniuk, L. S., & Shcherbyna, O. Z. (2016). Uspadkuvannia kilkisnykh oznak u hibrydiv kvasoli F1. *Selektsiia ta Nasinnytstvo*, 3-4, 197–205. [in Ukrainian]
9. Shvydenko, M. V. (2006). Minlyvist posivnykh ta vrozhainykh yakosti nasinnia kvasoli zvychnoi zalezho vid abiotychnykh i tehnolohichnykh faktoriv. *Extended abstract of candidate's thesis.* Instytut roslinnytstva im. V. Ia. Iurieva UAAN. Kharkiv [in Ukrainian]
10. Ushkarenko, V. O., Lavrenko, S. O., & Maksymov, D. O. (2018). Vplyv tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia na velychynu nasynyn kvasoli zvychnoi v Pivdennomu Stepu Ukrainy. *Innovatsiini tekhnologii v roslinnytstvi: materialy naukovoi internet-konferentsii.* (pp. 188–190). Kamianets-Podilskyi [in Ukrainian]




11. Novytska, N. V., & Doktor, N. M. (2017). Vplyv dobryv ta umov zbyrannia na skhozhist nasinnia kvasoli. *Novitni ahrotekhnologii: teoriia ta praktyka: zbirnyk tez Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoj 95-richchiu Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv NAAN*. (p. 126). Kyiv [in Ukrainian]
12. Akulenko, V. V. (2014). Rist roslyn kvasoli zvychainoi zalezno vid tekhnologii vyroshchuvannia v pivnichnii chastyni Lisostepu. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia Ahropromyslovoho Vyrobnystva Kharkivskoi Oblasti*, 16, 5–11. [in Ukrainian]
13. Popov, O. P. (2000). Udoskonalennia rehionalnoi tekhnologii vyroshchuvannia kvasoli na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy. *Materialy Vseukrainskoi naukovo – praktychnoi konferentsii «Zemlerobstvo Ukrainy v XXI stolitti»*. (pp. 70–71). Kherson [in Ukrainian]
14. Doktor, N. M., Novytska, N. V., & Martynov, O. M. (2018). Optyimizatsiia tekhnologii vyroshchuvannia kvasoli zvychainoi v umovakh Zakarpattia. *Tsili staloho rozvytku tretoho tysiacholittia: vyklyky dlia universytetiv nauk pro zhyttia: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Sektsiia: Upravlinnia roslynnyymi resursamy ta biotekhnologii*. (pp. 226–227). Kyiv [in Ukrainian]
15. Movchan, K. I. (2010). Vplyv sposobu sivby na vrozhaunist kvasoli. *Ahronom*, 4, 164 – 165. [in Ukrainian]
16. Kovalenko, O. A. (1995). Vplyv strokiv, sposobiv posivu ta norm vysivu na urozhaunist ta yakist nasinnia kvasoli v umovakh zroshennia pivdennoho Stepu Ukrainy. *Extended abstract of candidate's thesis*. Khersonskiy silskohospodarskyi instytut, Kherson [in Ukrainian]
17. Movchan, K. I. (2014). Vplyv sposobu sivby ta hustoty roslyn na tryvalist mizhfaznykh periodiv i urozhaunist kvasoli zvychainoi v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovykh Buriakiv NAAN*, 21, 96–100. [in Ukrainian]
18. Ivaniuk, S. V., & Hliavyn, A. V. (2012). Otsinka sortozrazkiv kvasoli zvychainoi na osnovi koreliatsii kilkisnykh oznak ta indeksiv. *Selektsiia i Nasinnystvo*, 101, 192–197. [in Ukrainian]
19. Ovcharuk, O. V. (2013). Otsinka produktyvnosti sortiv kvasoli zvychainoi v umovakh Lisostepu zakhidnoho. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnoho Aharno-Tekhnichnoho Universytetu*, 21, 17–20. [in Ukrainian]
20. Olifirovych, S. Y. (2015). Vychennia sortozrazkiv kvasoli zvychainoi na prydatnist do mekhanizovanoho zbyrannia v umovakh pivdennoi chastyny Zakhidnoho Lisostepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Selektsiino-Henetychno Instytutu*, 26 (66), 148–153. [in Ukrainian]
21. Vozhehova, R. A., Maliarchuk, M. P., Drobitko, A. V., Bilyi, V. M., Rudik, O. L., Kryvenko, A. I., Markovska, O. Ye., Kokonikhiy, S. V., Biliaieva, I. M., & Bidnyna, I. O. (2018). Naukove obruntuvannia napriamiv adaptatsii system zemlerobstva do klimatychnykh zmin ta zabezpechennia prodovolchoi bezpeky. In: *Monohrafiia prysviachena 100-richnomu yuvileiu Natsionalnoi akademii ahrarykh nauk Ukrainy*. Kherson: «OLDI-PLIuS» [in Ukrainian]
22. Almashova, V. S. (2021). Growing of beans and green manure crops in Southern Ukraine in the context of organic agriculture development. *Taurian Scientific Herald*, 118, 9–14. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.2>
23. Ulianchenko, O. V., & Bezus, R. M. (2016). Problemy ta tendentsii rozvytku orhanichnoho ovochivnystva i plodivnystva v Ukraini. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarynoho Universytetu. Seriia: Ekonomichni Nauky*, 2, 23–32. [in Ukrainian]
24. Vyshnivskiy, P. S. (2013). Zernobobovi kultury v umovakh zmin klimatu. *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 77, 110–117. [in Ukrainian]
25. Hadzal, Ya. M., Roik, M. V., Kondratenko, P. V., Vysotskyi, T. M., & Mohylina, O. M. (2020). *Derzhavna tsilova prohrama rozvytku ovochivnystva na period do 2025 roku*. Selektsiine: IOB NAAN. [in Ukrainian]
26. Shablia, O. S., Rud, V. P., & Kosenko, N. P. (2023). Stan ta perspektyvy rozvytku haluzi ovochivnystva v umovakh viiny. *Ahraryni Innovatsii*, 18, 136–142. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2023.18.19> [in Ukrainian]
27. Vitanov, O. D., Melnyk, O. V., Chefonova, N. V., & Ivanin, D. V. (2022). Rekomendatsii shchodo vyrobnystva ovochiv za intensyvnnykh ta adaptyvnykh tekhnologii. (pp. 25–43). In: *Suchasni systemy vyrobnystva ovochiv: monohrafiia*. Vinnytsia: TVORY Retrieved from: <https://ovoch.com/assets/files/library/books-monographs/vitanov-sistemi-0.pdf> [in Ukrainian]
28. Yarovy, H. I., & Romanov, O. V. (2017). *Ovochivnystvo: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: Kharkivskiy Natsionalnyi ahraryni universytet [in Ukrainian]
29. Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physiology*, 131 (3), 872–877. <https://doi.org/10.1104/pp.017004>
30. Latiuk, H. I., Popova, L. M., Tykhnov, P. S., Anhel, B. S., Bilyk, D. P., Maksymov, S. P., Sapozhnikova, L. M., & Klechkovsky, Yu. E. (2010). *Dovidnyk ovochivnyka Stepu Ukrainy: Navchalnyi posibnyk*. Odesa [in Ukrainian]
31. Barabash, O. Yu., Tarynenko, L. K., & Sych, Z. D. (2005). *Biologichni osnovy ovochivnystva: Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian]
32. Sych, Z. D., & Sych, I. M. (2005). *Harmoniia ovochevoi krasny ta korysti*. Kyiv [in Ukrainian]
33. Shevchenko, A. O., Prasol, S. V., Mykhailov, B. V., Chaika, K. Yu., & Lakhtin, A. O. (2022). Osoblyvosti vykorystannia kvasoli yak produktu dlia zabezpechennia orhanizmu liudyny tsinnymy korysnymy rehovynamy. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasna inzheneriia ahropromyslovykh i kharchovykh vyrobnystva»*. (pp. 47–150). Kharkiv: DBTU, Retrieved from: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/20702> [in Ukrainian]
34. Polianska, L., Chalyi, O., Hutorova, O., & Svyrydov, O. (2008). Kvasolia v suchasnykh umovakh hospodariuvannia. *Propozytsiia - Holovnyi zhurnal z pytan ahrobiznesu*. Retrieved from: <https://propozitsiya.com.ua/kvasoliya-v-suchasni-umovah-gospodaryuvannya> [in Ukrainian]
35. Krutylo, D. V., Nadkernychna, O. V., & Sherstoboeva, O. V. (2016). Riznomanittia bulbochkovykh bakterii kvasoli v ahrotsenozakh Ukrainy. *Ahroekologichni Zhurnal*, 3, 117–125. [in Ukrainian]
36. Shkatula, Yu. M., & Kraievska, L. S. (2015). Efektyvnist symbiotychnoi azotifikatsii v ahrotsenozakh kvasoli. *Visnyk Dnipropetrovskoho Ahraryno-Ekonomichnoho Universytetu*, 4 (38), 73–76. [in Ukrainian]
37. Fedoruk, I. V. (2022). Rol mikroorhanizmiv u formuvanni ahrofitotsenoziv zlakovykh ta bobovykh trav. *Problemy Vykorystannia, Zberezhennia ta Vidvorennia Gruntiv v Umovakh Staloho Rozvytku Ahrosferi*. Retrieved from: <http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/10888/1/210-213.pdf> [in Ukrainian]
38. Fesyk, I. I. (2010). Morfolohichni ta funktsionalni osoblyvosti azotifikatsiynykh bakterii-symbiontiv predstavnykyv rodyny Fabaceae. *Materialy V Vseukrainskoi studentskoi naukovi konferentsii «Suchasni problemy pryrodnych nauk»*. (P. 34). Nizhyn [in Ukrainian]
39. Lykhorhor, V. V., Bomba, M. I., Dubkovetskyi, S. V., Onyshchuk, D. M., & Inytskyi, M. V. (1999). *Dovidnyk z vyroshchuvannia zernovykh ta zernobobovykh kultur*. Lviv: Ukrainski tekhnologii [in Ukrainian]
40. Semeniushko, A. (2015). Stanovlennia ta rozvytok botanichnoi klasyfikatsii ta systematyzatsii kultury kvasoli z naidavnishykh chasiv do kintsia XX st. *Chasopys Ukrainskoi Istorii*, 31, 130–137. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Chas-Ukr_2015_31_22 [in Ukrainian]
41. Basanets, O. (2024). U 2024 rotsi ploschi kvasoli zbilshylys v Ukraini na 20%. *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://super-agronom.com/news/19406-u-2024-rotsi-ploschi-kvasoli-zbilshilis-v-ukrayini-na-20> [in Ukrainian]
42. Mamchur, F. I. (1989). *Ovochi i frukty v nashomu kharchuvanni*. (pp. 85–89). Uzhhorod: Karpaty [in Ukrainian]
43. Kobzyieva, L. N., Bezuhla, O. M., & Biriukova, O. V. (2018). Istoriia, stanovlennia ta sohodennia laboratorii henetychnykh resursiv zernobobovykh i krupianykh kultur ta rezultaty doslidzhen NTsHRRU za 1992-2017 rr. In: V. K. Riabchun (Red.), *Teoretychni doslidzhennia ta praktychni dosiahnennia Instytutu roslynnystva imeni V. Ya. Yurieva NAAN: istoriia ta sohodennia (1908–2018 rr.)*. (pp. 54–71). Kharkiv [in Ukrainian]
44. Mazur, V. A., Branitskyi, Yu. Iu., & Mazur, O. V. (2020). Selektsiina tsinnist ta adaptyvnist sortiv kvasoli zvychainoi v umovakh Uladovo-Liulynetskoi doslidno-selektsiinoi stantsii IBKiTsB NAANU. *Silke Hospodarstvo ta Lisivnystvo*, 9, 5–16. [in Ukrainian]
45. Bezuhla, O. M. (2005). Formuvannia oznakovykh ta spetsialnykh kolektsii kvasoli na Ukraini. *Selektsiia i nasinnystvo*, 9, 309–317. [in Ukrainian]
46. Petrychenko, V. F., & Ivaniuk, S. V. (1994). Selektsiia kvasoli v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Kormy i kormovi bilok: materialy Vseukrainskoi konferentsii*. (P. 106). Vinnytsia [in Ukrainian]

47. Semenushko, A. (2013). Seleksiia kvasoli v diialnosti spetsializovanykh doslidnykh ustanov Ukrainy: metodychni pidkhody ta osnovni rezultaty. *Istoriia Nauky i Biohafistyka*, 3. Retrieved from: <https://www.pdatu.edu.ua/images/naukova-miznarodna-diyalnist/svr/20160506-20.pdf> [in Ukrainian]
48. Mazur, O. V. (2016). Seleksiia kvasoli zvychnoi na adaptyvni i produktyvni. *Vseukrainska naukova konferentsiia aspirantiv, mahistriv ta studentiv «Napriamy doslidzen v aharnii nauksi: stan ta perspektyvy»*. (pp. 154–155). Vinnytsia [in Ukrainian]
49. Kindruk, O. M., Chaika, V. H., Nazarenko, T. Ya., Moroz, V. V., Shapoval, A. V., Bondarenko, L. V., Dindoroho, V. H., Borysenko, V. A., Buhaiov, V. D., Antoniv, S. F., Sytnyk, V. P., Haidash, V. D., Velychko, M. H., Malasai, V. M., Myshynska, O. H., Havryliuk, M. M., Rubel, V. A., Trepet, V. A., Vasylenko, V. V., Pasichnyk, P. K., & Sydorov, T. T. (2002). *Instruktsiia z aprobatii sortovykh posiviv zernovykh, zernobobovykh, kukurudzy, oliinykh, priadylnykh kultur, bahatorichnykh i odnorichnykh kormovykh trav*. Kyiv: Aharna nauka [in Ukrainian]
50. Klysha, A. I., & Khoroshun, I. V. (2009). Minlyvist hospodarskotsinnykh oznak u kvasoli i dobir urozhainykh form: *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony*, 36, 10–15. [in Ukrainian]
51. Holovan, L. V., Puzik, V. K., & Popov, V. M. (2011). Minlyvist fermentnykh system u predstavnykhiv rodu *Phaseolus L. Henetychni Resursy Roslyn*, 9, 175–181. [in Ukrainian]
52. Saiko, O. Yu. (2015). Vykhidnyi material dlia seleksii kvasoli zvychnoi na prydatni do mekhanizovanoho zbyrannia ta pererobky. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian]
53. Dupliak, O., Barban, O., & Pysarets, M. (2021). Inheritance of the performance and its constituents by common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) hybrids and lines. *Plant Breeding and Seed Production*, 119, 15–24. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.236987>
54. Sylenko, S. I. (2009). Seleksiina tsinnist suchasnoho henofondu kvasoli ta stvorennia vykhidnoho materialu dlia seleksii v livoberezhnii chastyni Lisostepu Ukrainy. *Extended abstract of candidate's thesis. Instytut roslynnytstva im. V. Ya. Yurieva*. Kharkiv [in Ukrainian]
55. Dupliak, O. T., Kaminska, L. V., & Mamaisur, V. V. (2011). Vykhidnyi material dlia seleksii novykh konkurentno-spromozhnykh sortiv kvasoli zvychnoi dlia umov pivnichnoho Lisostepu. *Sortovyvchennia ta Sortoznavstvo*, 1, 24–27. [in Ukrainian]
56. Luchna, I. S., & Petrenkova, V. P. (2010). Uspadkuvannia F1 ta F2 hibritydamy kvasoli stiikosti do fuzariozu ta okremykh elementiv produktyvnosti. *Seleksiia i Nasinnytstvo*, 98, 172–181. [in Ukrainian]
57. Kyrychenko, V. V., Kobyzieva, L. N., & Petrenkova, V. P. (2009). *Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur (kvasolia, nut, sochevtsia). Navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: IR im. Yurieva UAAAN [in Ukrainian]
58. Bezuhla, O. M., Kobyzieva, L. N., Riabchun, V. K., Drepin, I. M., Izhyk, M. K., Sokol, T. V., & Dupliak, O. T. (2004). Shyrokyi unifikovanyi klasyfikator Ukrainy rodu *Phaseolus L.* Kharkiv: Mahda LTD [in Ukrainian]
59. Cherednychenko, L. I., & Lytvyniuk, H. V. (2017). Botanichna kharakterystyka ta biolohichni osoblyvosti kvasoli ovochevoi. *Silke Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 5, 108–116. [in Ukrainian]
60. Kefyalew, D., Teklehaimanot, H., & Tileye, F. (2014). Genetic diversity study of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) germplasm from Ethiopia using inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *African Journal of Biotechnology*, 13 (36), 3638–3649. <https://doi.org/10.5897/ajb2013.13396>
61. Huk, Ye. V. (2023). Narodnohospodarske znachennia ta morfobiolohichni osoblyvosti kvasoli ovochevoi. *Prodovolcha bezpeka Ukrainy v umovakh viiny i pislivoiennoho vidnovlennia: hlobalni ta natsionalni vymiry. Mizhnarodnyi forum «Food security of Ukraine in the conditions of the war and post-war recovery: global and national dimensions. International forum»*. (pp. 358–361). Mykolaiv: Mykolaivskiy natsionalnyi aharnyi universytet [in Ukrainian]
62. Lytvyniuk, H. V. (2017). Vplyv pohodnykh umov na polovu skhozhist nasinnia kvasoli ovochevoi (tsukrovoi) zalezno vid strokiv sivby v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Tekhniko-Tekhnolohichni Aspekty Rozvytku ta Vyprobuvannia Novoi Tekhniki I Tekhnolohii Dlia Silskoho Hospodarstva Ukrainy*, 21 (35), 277–281. [in Ukrainian]
63. Voronetska, I. S., & Movchan, K. I. (2014). Osoblyvosti formuvannia heneratyvnykh orhaniv kvasoli zvychnoi vid sposobu sivby ta hustoty roslin v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Aharnoi Nauky*, 4, 14–19. [in Ukrainian]
64. Lekhman, A. A. (2011). Tryvalist vehetatsiinoho periodu sortozrazkiv kvasoli v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 70, 38–41. [in Ukrainian]
65. Vitanov, O., Harbovska, T., Shcherbyna, S., Uriupina, L., Zelendin, Y., & Chefonova, N. (2020). Biological features of varieties of the vegetable bean and economic efficiency of growing. *Vegetable and Melon Growing*, 66, 47–54. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-66-47-54>
66. Vargas, Y., Mayor-Duran, V. M., Buendia, H. F., Ruiz-Guzman, H., & Raatz, B. (2021). Physiological and genetic characterization of heat stress effects in a common bean RIL population. *PLOS ONE*, 16 (4), e0249859. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249859>
67. Herrera, M. D., Reynoso-Camacho, R., Melero-Meraz, V., Guzmán-Maldonado, S. H., & Acosta-Gallegos, J. A. (2021). Impact of soil moisture on common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) phytochemicals. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99, 103883. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103883>
68. Ntukamazina, N., Onwonga, R. N., Sommer, R., Mukankusi, C. M., Mburu, J., & Rubyogo, J. C. (2017). Effect of excessive and minimal soil moisture stress on agronomic performance of bush and climbing bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *Cogent Food & Agriculture*, 3 (1), 1373414. <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1373414>
69. Graham, P. H., & Ranalli, P. (1997). Common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *Field Crops Research*, 53 (1–3), 131–146. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00112-3)
70. Mazur, V., Didur, I., Tkachuk, O., Pantsyryeva, H., & Ovcharuk, V. (2021). Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*, 24 (1), 54–60. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(1\).2021.54-60](https://doi.org/10.48077/scihor.24(1).2021.54-60)
71. Syplyva, N., Kulyk M., Rozhko I., & Haidai A. (2023). Current state of varietal resources of vegetable crops in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 77–84. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.14>
72. Ushkarenko, V. O., Lavrenko, S. O., & Maksymov, D. O. (2018). Matematychni modeliuvannia vrozhaiv zerna kvasoli zvychnoi (*Phaseolus vulgaris L.*) zalezno vid tekhnolohichnykh pryomiv yii vyroshchuvannia. *Tavriiskiyi Nauk. Visnyk*, 99, 148–152. [in Ukrainian]
73. Ushkarenko, V. O., Lavrenko S. O., & Maksymov D. O. (2017). Urozhainist zerna kvasoli zvychnoi zalezno vid obrobittu gruntu, mineralnykh dobryv ta shyryny mizhriaddia pry zroshenni. *Melioratsiia i Vodne Hospodarstvo*, 106, 71–76. [in Ukrainian]
74. Shliakhturov, D. S. (2008). Urozhainist kvasoli zvychnoi zalezno vid tekhnolohii vyroshchuvannia i pohodnykh umov. *Zbirnyk Naukovykh Prats Navchalno-Naukovoho Tsentru «Instytut Zemlerobstva UAAAN»*, 334, 85–89. [in Ukrainian]
75. Vitanov, O. D., Mohylna, O. M., Paramonova, T. V., Serhiienko, O. V., Melnyk, O. V., Romanov, O. V., Yarovy, H. I., Romanova, T. A., Solonenko, I. I., Lebedynskiy, I. V., Didukh, N. O., & Brahin, O. M. (2018). *Nasinnytstvo ovochevykh roslin. Navchalnyi posibnyk*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian]
76. Kindruk, M. O., Sokolov, V. M., & Vyshnevskiy, V. V. (2012). *Nasinnytstvo z osnovamy nasinnieznavstva*. Kyiv: Aharna nauka [in Ukrainian]
77. Tsybrii-Sivak, N. V., & Bakmat, M. I. (2023). Formuvannia produktyvnosti kvasoli zvychnoi zalezno vid sortiv, nuklitsii ta udobrennia. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 37, 32–40. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-5> [in Ukrainian]
78. Havryliuk, M. M., Sokolov, V. M., & Zhemoida, V. L. (2019). *Praktychne nasinnytstvo ta nasinnieznavstvo silskohospodarskykh kultur: Navchalnyi posibnyk*. Vinnytsia [in Ukrainian]
79. Olifirovych, S., & Olifirovych, V. (2020). Yield capacity of common (grain) bean domestic varieties in condition of Western Forest-Steppe southern part. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 68 (1), 162–175. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(68\)-1-12](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(68)-1-12)
80. Informatsiino – dovidkova systema «Sort». Retrieved from: <http://sort.sops.gov.ua/taxon/index> [in Ukrainian]

81. Bobos, I. M., & Komar, O. O. (2024). Nasinnieva produktyvnist sortiv vihny sparzhevoi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. Subsp. *Sesquipedalis* (L.) Verd.). *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 5–11. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-5-11> [in Ukrainian]
82. Luchna, I. S. (2008). Vplyv mizh pohodnymy umovamy ta urazhenistiu kvasoli zhvorobamy. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 96, 314–320. [in Ukrainian]
83. Barnett, O. W. (1987). Relationships among australian and north american isolates of the bean yellow mosaic potyvirus subgroup. *Phytopathology*, 77 (6), 791–799. <https://doi.org/10.1094/phyto-77-791>
84. Antipov, I. O., Hryniak, K. V., & Dupliak, O. T. (2016). Rozrobka PLR-system dlia identyfikatsii virusu zvychainoi mozaiky kvasoli. *Naukovi Visnyk Natsionalnoho Instytutu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 6, 40–46. [in Ukrainian]
85. Kyrychenko, A. M. (2014). Vplyv virusu zhovtoi mozaiky kvasoli na metabolizm fotosyntetychnykh pihmentiv, bilkiv i vuhlevodiv u *Glycine soja* L. *Mikrobiolohichni Zhurnal*, 76 (1), 47–52. [in Ukrainian]
86. Holodna, A. V., Akulenko, V. V., & Stoliar, O. O. (2013). Urozhainist kvasoli zvychainoi zalezno vid tekhnologii vyroshchuvannia v pivnichnomu Lisostepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 9, 192–197. [in Ukrainian]
87. Shkatula, Yu. M., & Kraievska, L. S. (2016). Rol biolohichnoho azotu v pidvyshchenni nasinnievi produktyvnosti kvasoli. *Sil'ske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 4, 231–239 [in Ukrainian]
88. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. P., & Ivashchuk, P. V. (2008). Zernovyrobnytstvo. Navchalnyi posibnyk. Lviv: NVF Ukrainski tekhnologii [in Ukrainian]
89. Vitanov, O. D. (2023). *Spetsializovani ovochevi sivozminy: monografii. 2-e vydannia dopovnene i pereroblene*. Vinnytsia: TVORY [in Ukrainian]
90. Lykhatskyi, V. I., Burhart, Yu. Ye., & Kasianovych, V. D. (1996). *Ovochivnytstvo. Chastyna 2*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]
91. Sadovska, N. P., Popovych, H. B., Hamor, A. F., & Opalenyk, M. I. (2023). Crop formation of vegetable beans after various predecessors using rhizohumins. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 26–32. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-1-26-32>
92. Holodna, A. V., Akulenko, V. V., & Stoliar, O. O. (2013). Formuvannia produktyvnosti kvasoli zvychainoi zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia v pivnichnii chastyni Lisostepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Navchalno-Naukovoho Tsentru «Instytut Zemlerobstva NAAN»*, 1-2, 120–124. [in Ukrainian]
93. Bondarenko, H. L., Skliarevskyi, M. O., & Bolotskykh, O. S. (1986). *Industrialni tekhnologii vyrobnytstva ovochiv. Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]
94. Gadzovskiy, G., Svistunova, I., Martynov, O., Kalenska, S., Mazurenko, B., & Novytska, N. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in Western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*, 18(4), 2512–2519. <https://doi.org/10.15159/AR.20.203>
95. Patyka, V., Kots, S., & Volkohon, V. (2003). *Biolohichni azot*. Kyiv: Svit [in Ukrainian]
96. Patyka, V. P., Taranenko, S. V., Taranenko, A. O., & Kalinichenko, A. V. (2014). Mikrobnyi biom riznykh gruntiv i gruntovo-klimatychnykh zon Poltavskoi oblasti. *Mikrobiolohichni Zhurnal*, 5, 20–25. Retrieved from: http://microbiolj.org.ua/images/files/magazine/2014/5/2014_76_5_04_Patyka.pdf [in Ukrainian]
97. Patyka, V., Potashova, L., & Tolkachov, M. (2001). Seleksiia bulbochkovykh bakterii kvasoli. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 1, 54–57 [in Ukrainian]
98. Kravchenko, V. S., Kononenko, L. M., Vyshnevskaya, L. V., Chynchyk, O. S., & Oliforovych, V. O. (2019). Biolohizatsiia vyroshchuvannia zernobobovykh kultur v Ukraini, analiz ta perspektyva. *Ahrarni Visnyk Prychornomia*, 92, 83–91. [in Ukrainian]
99. Verholiuk, S., & Gyk, Y. (2023). Features of growing vegetable beans in the open ground. *Agriculture and Forestry*, 240–250. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-3-18>
100. Cherednychenko, L. I., & Lytyvniuk, H. V. (2017). Osoblyvosti tekhnologii vyroshchuvannia kvasoli ovochevoi (tsukrovoi) na bib-lopalku. *Sil'ske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 6 (1), 22–31. [in Ukrainian]
101. Turak, O. D. (2013). Produktyvnist kvasoli zalezno vid dii ahrotekhnichnykh zakhodiv vyroshchuvannia v umovakh Peredkarpattia. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 2, 153–156. [in Ukrainian]
102. Parkhuts, B. I. (2005). Vplyv udobrennia ta sposobiv sivby na urozhainist ta yakist zerna kvasoli zvychainoi. *Visnyk Lvivskoho Derzhavnogo Ahrarnoho Universytetu. Ahronomiia*, 9, 427–431. [in Ukrainian]
103. DSTU 4794:2007 *Kvasolia. Tekhnologii vyroshchuvannia. Zahalni vymohy*. Chynnyy vid 2009-01-01. (2007). Retrieved from: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=53823 [in Ukrainian]
104. Potashova, L. M., & Trush, O. K. (2016). Vplyv norm vysivu na urozhainist kvasoli zvychainoi u skhidnomu lisostepu Ukrainy. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 1, 177–186 [in Ukrainian]
105. Rozhkov, A. A., & Trush, A. K. (2019). Haricot beans productivity depending on the seed sowing rate in the Eastern Forest Steppe of Ukraine. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 94 (1), 165–174. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-94-1-165-174>
106. Mazur, V. A., Shkatula, Yu. M., Haidai, L. S., & Zabarna, T. A. (2023). *Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti ta funkcionuvannia bobovo-ryzobialnoho symbiozu kvasoli zvychainoi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. Monografii*. Vinnytsia: VNAU [in Ukrainian]
107. Novytska, N. V., Martynov, O. M., & Doctor, N. M. (2018). Haricot vegetation under the influence of foreign intolusion seeds and approvals. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 45–48. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.07>
108. Novytska, N., Gadzovskiy, G., Mazurenko, B., Svistunova, I., & Martynov, O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*, 18 (4), 2512–2519. <https://doi.org/10.15159/ar.20.203>
109. Sivak, N. V., & Bakhmat, M. I. (2023). Osoblyvosti rostu y rozvytku roslin ta sortova produktyvnist zerna kvasoli zvychainoi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 40, 60–65. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3-9>
110. Dudchak, T. V., & Dudchak, V. P. (2010). Optyimizatsiia tekhnologii vyroshchuvannia kvasoli bahatokvitkovoi (*Ph. multiflorus* Willd). *Zbirnyk Naukovykh Prats Podil'skoho Derzhavnogo Ahrarno-Tekhnichnoho Universytetu*, 18, 92–96. [in Ukrainian]
111. Kobyzieva, L. N., Popov, S. I., Kyrychenko, V. V., Buriak, Yu. I., Riabchun, N. I., Leonov, O. Yu., Avramenko, S. V., Hutianskyi, R. A., Mahomedov, R. D., Kuzmenko, N. V., Ohurtsov, Yu. Ye., Sviatchenko, S. I., Sadovoi, O. O., Prokopchenko, S. V., Fedyshyna, O. S., Ostroverkh, E. Yu., Baliuk, S. A., Revtie-Uvarova, A. V., Nikonenko, V. I., Isaenko, O. O., Ulianchenko, O. V., Rozhkov, A. O., Bobro, M. A., Shevchenko, M. V., Zuza, V. S., Kudria, S. I., Nanka, O. V., Pastukhov, V. I., Voitov, V. A., & Puzik, V. K. (2021) *Naukovo-orhanizatsiini zakhody provedennia vesniano-polovykh robit u hospodarstvakh Kharkivskoi oblasti u 2021 rotsi: metodychni rekomendatsii*. Kharkiv: Instytut roslinnytstva imeni V. Ya. Yurieva NAAN [in Ukrainian]
112. Ushkarenko V. O., Lavrenko S. O., & Maksymov D. O. (2017). Urozhainist zerna kvasoli zvychainoi zalezno vid obrobitku gruntiv, mineralnykh dobyv ta shyrny mizhriaddia pry zroshenni. *Melioratsiia i Vodne Hospodarstvo*, 106, 71–76. [in Ukrainian]
113. Saiko, O. Iu., & Nosenko, Yu. M. (2015). Efektyvnyi sposib vyroshchuvannia kvasoli zvychainoi. *Ovochivnytstvo ta Bashtannnytstvo*, 61, 200–206. Retrieved from: <https://vegetables-journal.com/index.php/journal/article/view/186/266> [in Ukrainian]
114. Yakovenko, K. I. (2001). Suchasni tekhnologii v ovochivnytstvi. *Zbirnyk Naukovykh Prats. Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Serii: Ekonomichni Nauky*, 4 (70), 127–128. [in Ukrainian]
115. Olifirovych, S. (2022). Individual plant productivity and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Southern part of the Western Forest-Steppe. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 100 (11), 25–31. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202211-04>
116. Tkachyk, S. O. (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy zernobobovykh, ta krupianyykh na vidminnist, odnorodnist i stabilnist. 2-he vydannia, vypravlene i dopovnene*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. Retrieved from: <https://www.sops.gov.ua/uploads/page/5b9233c047623.pdf> [in Ukrainian]

117. Semenushko, A. (2013). Vyprovuvannia sortiv kvasoli na Odeskii doslidnii stantsii u 20-kh rr. XX st. *Istorični Zapysky: Zbirnyk Naukovykh Prats*, 38, 188–195. [in Ukrainian]
118. Mrynskyi, I. M. (Red.). (2018). *Morfolohiia, biolohiia shkidnykiv zernovykh kultur ta zakhody borotby z nymy v adaptivnykh tekhnolohiiakh vyroshchuvannia: navchalnyi posibnyk*. Kherson: OLDI-PLuS [in Ukrainian]
119. Holokhorynska, M. H., Velychko, S. I., Vykhrystiuk, M. A., & Ovcharuk, O. V. (2005). Stvorennia novykh sortiv kvasoli ta yikh vprovadzhenia u vyrobnytstvo. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 9, 149–152. [in Ukrainian]
120. Patyka, V. P., & Omelianets, T. H. (2005). Ekolohichni osnovy zastosuvannia biolohichnykh zasobiv zakhystu roslin yak alternatyvy khimichnym pestytsydam. *Ahroekolohichni Zhurnal*, 2, 21–24. [in Ukrainian]
121. Fedorenko, V. P., Siharova, D. D., & Lisovyi, M. P. (2006). Problemy i perspektivy zakhystu roslin v Ukraini. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 12, 35–39. [in Ukrainian]
122. Pysarenko, V. M. (Red.). (2020). *Intehrovanyi zakhyst roslin*. Poltava [in Ukrainian]
123. Pisarenko, V. M., Kovalenko, N. P., Pospelova, G. D., Pischalenko, M. A., Nechyporenko, N. I., & Sherstiuk, O. L. (2020). Modern strategy of integrated plant protection. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 104–111. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.12>
124. Krutiakova, V., Gulych, O., & Janse, L. (2023). State and problems of the market of biological plant protection products in Ukraine. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 101 (1), 30–39. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-04>
125. Chynchyk, O., Olifrovych, S., & Olifrovych, V. (2021). Vegetation duration and productivity of common bean varieties in the southern part of the western Forest-steppe. *Agrobiologiya*, 1 (163), 166–172. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-163-1-166-172>
126. Bezuhla, O. M., & Kobyzieva, L. N. (2015). Henetychni resursy roslin u vyrisnenni problem selektsii kvasoli v Ukraini. *Zbirnyk Naukovykh Prats Selektiino-Henetychnoho Instytutu-Natsionalnoho Tsentru Nasinneznavstva ta Sortovyvchennia*, 26, 74–85 [in Ukrainian]
127. Dupliak, O., Kovalchuk, T., & Veselovska, O. (2011). Osoblyvosti uspadkuvannia oznak prydatnosti do mekhanizovanoho zbyrannia mizhsortovymy hibridyamy F1-F3 kvasoli zvychainoi. *Selektsiia i nasinnytstvo*, 100, 264–270. [in Ukrainian]
128. DSTU 2240-93 *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy*. Chynnyy vid 1994-01-01. (1993). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=91422 [in Ukrainian]
129. Bezuhla, O. M. (2017). Dzherela kvasoli zvychainoi (*Phaseolus vulgaris* L.) za prydatnistiu do mekhanizovanoho zbyrannia. *Henetychni Resursy roslin*, 21, 41–52. [in Ukrainian]
130. Yizhyk, M. K., Shvydenko, M. V. (2002). Nasinnieutvorennia u kvasoli v zalezhnosti vid meteorolohichnykh umov. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahraroho universytetu: Seriia Roslynnytstvo, Selektsiia i Nasinnytstvo, Ovochivnytstvo*, 6, 134–137. [in Ukrainian]
131. Lykhochvor, V. V., Bomba, M. I., Dubkovetskyi, S. V., Onyshchuk, D. M., Ilnytskyi, M. V. (1999). *Dovidnyk z vyroshchuvannia zernovykh ta zernobobovykh kultur*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian]
132. Pantsyryeva, H. V. (2024). Otsinka yakosti nasinnia zernobobovykh kultur zadlia harantuvannia prodovolchoi bezpeky Ukrainy. *Suchasni dosiahnennia pryrodnychykh nauk (dlia studentiv, mahistrantiv, aspirantiv, molodykh naukovtsiv): Materialy Vseukrainskoi studentskoi naukovy-praktychnoi konferentsii*. (pp. 119–123). Poltava [in Ukrainian]
133. DSTU 292-91 *Kvasolia struchkova ovocheva svizha. Tekhnichni umovy*. Chynnyy vid 1992-07-01. (1991). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83937 [in Ukrainian]
134. DSTU EAK OON FFV-06:2007 *Kvasolia. Nastanovy shchodo postachannia i kontroliuvannia yakosti (EAK OON FFV-06:2001, IDT)*. Chynnyy vid 2008-10-01. (2007). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84171 [in Ukrainian]
135. DSTU ISO 9930-2001 *Kvasolia ovocheva. Zberihannia ta transportuvannia v okholodzhenomu stani (ISO 9930:1993, IDT)*. Chynnyy vid 2003-07-01. (2002). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=84609 [in Ukrainian]

ORCID

- I.Rozhko  <https://orcid.org/0000-0002-0646-4004>
- M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>
- M.Honcharov  <https://orcid.org/0009-0001-1794-7669>



© 2024 Rozhko 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.

Effectiveness of potassium nitrate foliar fertilization on development and productivity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

V. Sievidov✉

Article info

Correspondence Author
V. Sievidov
E-mail:
sievidov.vp@gmail.com

State Biotechnological
University,
44 Alchevskih street,
Kharkiv, 61000, Ukraine

Citation: Sievidov, V. (2024). Effectiveness of potassium nitrate foliar fertilization on development and productivity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 53–58. doi: 10.31210/spi2024.27.04.09

In world production, the share of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) is almost 20 % of all produced vegetables. Tomatoes are the most popular vegetable crop in the world, which is why increasing the yield of tomatoes is an essential requirement of modern production. One of the most important and promising ways to increase tomato productivity in greenhouses is the use of modern drugs and resource-saving technologies. In connection with this, the importance of agrotechnical measures for ecologically safe improvement of the efficiency of agricultural production is increasing. The article presents the results of the study of the effect of foliar fertilizing with potassium nitrate on the processes of growth, plant development, and yield of tomatoes throughout the vegetative period. The field experiment was conducted during 2018–2021 for the cultivation of the indeterminate Panekra F1 tomato hybrid in unheated spring film greenhouses. According to the research results, a significant effect on the biometric indicators of plants of foliar fertilizing with potassium nitrate was established, both in the phase of mass flowering (increase by 6–21 % from the control) and in the phase of mass fruiting (increase by 9–28 % from the control). The results of studies on the formation of tomato yield by months of the fruiting period indicate that an increase in the concentration of potassium nitrate increases the monthly yield of fruits, during July and September, by 13–19 % relative to the average level of yield per month. The yield level varied depending on the climatic conditions of the growing year, from the maximum in 2019 – 16.7–18.7 kg/m² to the minimum in 2021 – 7.6–9.0 kg/m². The research results show that the highest yield rate (15.8 kg/m², 13.4 % more than the control) was recorded for the option of treating tomato plants with a potassium nitrate solution with a concentration of 20 g/l. The use of higher concentrations of the drug (up to 30 g/l) did not lead to a significant increase in this indicator (yield at the level of 15.2 kg/m²). The prospect of further research is to establish the relationship between the composition of microfertilizers and their influence on the processes of yield formation when applied by foliar fertilizing methods.

Keywords: tomato (*Solanum lycopersicum* L.), potassium nitrate, cultivation technology, foliar feeding, yield.

Ефективність позакореневого підживлення нітратом калію на розвиток і продуктивність помідора (*Solanum lycopersicum* L.)

В. П. Сєвідов

Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

У світовому виробництві частка помідорів (*Solanum lycopersicum* L.) становить майже 20 % всіх вироблених овочів. Помідори – найпопулярніша овочева культура у світі, саме тому підвищення врожайності помідора є невід’ємною вимогою сучасного виробництва. Одним із найважливіших і перспективних шляхів підвищення продуктивності помідора в теплицях є використання сучасних препаратів та ресурсозберігаючих технологій. У зв’язку з чим зростає значення агротехнічних заходів екологічно безпечного підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. У статті представлено результати дослідження впливу позакорневих підживлень нітратом калію на процеси проходження росту, розвитку рослин та врожайність помідора протягом всього вегетативного періоду. Польовий дослід проведено протягом 2018–2021 років за вирощування індетермінантного гібриду помідора Панекра F1 у весняних плівкових теплицях без обігріву. За результатами досліджень встановлено істотний вплив на біометричні показники рослин позакорневих підживлень нітратом калію, як у фазу масового цвітіння (зростання на 6–21 % від контролю) так і у фазу масового плодоношення (зростання на 9–28 % від контролю). Результати досліджень формування врожайності помідора за місяцями періоду плодоношення свідчать, що збільшення концентрації нітрату калію збільшує помісячний врожай плодів, протягом липня вересня, на 13–19 % відносно середнього рівня врожайності за місяць. Рівень врожайності варіювався від кліматичних умов року вирощування, від максимального у 2019 році – 16,7–18,7 кг/м² до мінімального у 2021 році – 7,6–9,0 кг/м². Результати досліджень свідчать, що найбільший показник урожайності (15,8 кг/м², на 13,4 % більше контролю) відмічено за варіантом обробки рослин помідора розчином нітрату калію з концентрацією 20 г/л. Застосування більшої концентрації препарату (до 30 г/л) не призводило до істотного зростання даного показника (врожайність на рівні 15,2 кг/м²). Перспективою подальших досліджень є встановлення залежності між складом мікродобрих, за внесення методами позакореневого підживлення, та їх впливом на процеси формування врожайності помідора.

Ключові слова: помідор (*Solanum lycopersicum* L.), нітрат калія, технологія вирощування, позакореневі підживлення, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Сєвідов В. П. Ефективність позакореневого підживлення нітратом калію на розвиток і продуктивність помідора (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 53–58.

Вступ

Сучасні технології вирощування помідора вимагають розробки та впровадження нових інноваційних рішень підвищення загальної врожайності культури. Визначення реакції гібридів помідора на різні способи та терміни позакореневого підживлення рослин дозволить використати існуючі резерви підвищення продуктивності культури, а дослідження в цьому напрямку становлять як науковий, так і практичний інтерес. Помідор, це найбільш поширена овочева культура у світі. Щорічне світове виробництво свіжих помідорів у відкритому та закритому ґрунті, за даними FAO складало за 2018–2022 роки 185–189 млн тонн, із середньою врожайністю вище 3,8 кг/м² [1]. У світовому виробництві їх частка становить близько 16 % всіх вироблених овочів. В Україні їх обсяг у загальній структурі врожаю овочевих культур ще вище – 24–25 %, проте середня врожайність становить близько 2,9 кг/м² [2].

Формування врожаю помідора залежить від багатьох факторів, серед яких провідне місце належить забезпеченості ґрунту поживними речовинами у засвоєній формі, а максимальну врожайність досягнуто за комплексного використання мінеральних, органічних добрив і листового підживлення [3–5]. Одним з факторів, що стримують зростання виробництва помідора і викликають подорожчання кінцевої продукції, виступає неможливість використання традиційних видів органічних та мінеральних добрив, що використовуються для підвищення врожайності та якості сільськогосподарської продукції [6, 7].

Позакореневе підживлення є для рослин більш цінним джерелом отримання поживних речовин у порівнянні з ґрунтовим підживленням. Комбіноване листове внесення добрив покращує характеристики росту рослин, дозрівання та врожайність, що може бути пов'язане з доступністю основних поживних речовин та легкістю їх засвоєння через листя [8]. Використання позакорневих підживлень вважається інноваційним рішенням у сільському господарстві, особливо для пом'якшення хімічних навантажень на ґрунт, спричинених інтенсивним використанням хімічних препаратів [9]. Проте основні фізіологічні механізми залишаються погано вивченими. Мінеральне доповнення нітратом калію за допомогою листового підживлення є перспективною стратегією в управлінні овочівництвом, у тому числі і в умовах дефіциту зрошення.

Так, дослідження проведені в Бразилії показали вплив листового підживлення нітратом калію на зростання, врожайність та фізіологію рослин помідора. Результати показали позитивні ефекти застосування та загалом позакореневе застосування нітрату калію може бути перспективною практикою для підвищення врожайності та якості плодів помідора при дефіцитному зрошенні [10, 11].

Дослідники А. С. Абд-ель-Хамід і М. А. Абд-ель-Хад оцінили вплив позакореневого підживлення нітратом кальцію та калію на властивості рослин помідора, вирощених за різних норм фосфору в піщаному ґрунті та показали, що позакореневе

підживлення при нітратом кальцію у концентрації 0,3 % та нітратом кальцію у концентрації 0,5 % дозволяє отримати найвищі результати за висотою рослин, площею листя, масою листя помідора, вмістом N та P у листках, масою чотирьох плодів, діаметром плодів, урожайністю помідора. Загалом вони дійшли висновку, що обробка нітратом кальцію та калію через позакореневе підживлення підвищила врожайність помідора і поглинання поживних речовин [12].

Експеримент проведений у провінції Шірнак (Туреччина), з метою дослідження впливу різних калійних (хлорид калію, сульфату калію та нітрату калію) добрив на врожайність та якісні характеристики рослин помідора. Результати показали, що застосування нітрату калію та сульфату калію викликало збільшення вмісту хлорофілу та розчинних у воді твердих речовин. Порівняно з контрольною групою дослідна група продемонструвала найбільш суттєве зростання зміни рівня pH за 33 % зрошення, зокрема у сорту Камент F1, обробленого нітратом калію, що призвело до збільшення на 4,13 %. Найвищий вміст хлорофілу (71,73 %) отримано при застосуванні нітрату калію за зрошення 66 % [13].

У експерименті проведеному у теплиці Єгипетського національного дослідницького центру досліджено вплив деяких позакорневих обробок на посилення росту рослин помідора у різних умовах. Було застосовано сім обробок обприскуваннями та оцінено їх вплив на поживні характеристики рослини помідора. Ця оцінка показала, що найкращими методами обробки були нітрат калію, потім обробка екстрактом водоростей, потім обробка Fe+K+B+Prol, потім Fe+K+B+Si, а обробка проліном була найменш ефективною. Усі застосовані при обприскуванні рослин препарати показали значне збільшення середнього значення хлорофілу, але обробка нітратом калію була найкращою обробкою з підвищенням на 7,68% порівняно з контролем [14].

Загальні вимоги щодо використання хімічних засобів у світовому сільському господарстві спонукають і вітчизняних овочівників до пошуку альтернативних систем удобрення при вирощуванні сільськогосподарських культур із застосуванням позакорневих підживлень мінеральними добривами [15, 16].

Проблемою яку вирішує дане дослідження було визначення впливу позакорневих підживлень на врожайність помідора в умовах захищеного ґрунту, для максимальної врожайності помідора, зокрема у весняних плівкових теплицях.

Мета дослідження

Мета досліджень – визначити ефективність позакорневих підживлень нітратом калію шляхом встановлення оптимальних та практично обґрунтованих доз та строків застосування під індетермі-нантний гібрид помідора в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження – дослідити вплив позакорневих підживлень нітратом калію на врожайність помідора в умовах захищеного ґрунту, для максимальної врожайності помідора.

Матеріали і методи

Польовий дослід закладено у плівкових теплицях Державного біотехнологічного університету у південно-східній частині Лівобережного Лісостепу України у період 2018–2021 років. Ґрунтовий покрив дослідної теплиці представлено чорноземом з високим умістом гумусу, неглибоким заляганням карбонатів та близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину. В ґрунті дослідної теплиці характеризується умістом гумусу в шарі 0–40 см – 3,9 %, рН водної витяжки – 5,2. За механічним складом ґрунт є середньо суглинковим ілувато-піщаним з вологоємністю – 22,18 % від маси абсолютно сухого ґрунту, об’ємна маса ґрунту становить 1,18 г/см³. Харківський регіон характеризується мінливістю температур, різною кількістю щорічних опадів, теплим літом та не має посушливого періоду [17]. Середньобагаторічні (за 2000–2020 роки) сума активних температур становить близько 2700 °С та відносна вологість повітря становить 76 %. Середньорічна тривалість безморозного періоду становить 155 діб. Прогрівання ґрунту до +10 °С на глибині 10 см починається у третій декаді квітня. К цьому строку, в основному весняні припиняються заморозки, зрідка продовжуючись до другої декади травня. Погодні умови у досліджуваній період суттєво не відрізнялись від середньобагаторічних.

Матеріалом для досліджень був індетермінантний гібрид помідора Панекра F1. Для виконання запланованих завдань досліджень застосовували такі варіанти обробки рослин:

- 1 варіант – для контролю використовувався варіант без обробки;
- 2 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 5 г/л;
- 3 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 10 г/л;
- 4 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 20 г/л;
- 5 варіант – обробки препаратом нітратом калію у концентрації 30 г/л.

Обробку рослин проводили у три етапи:

- перша обробка – перед висаджуванням розсади у теплицю на постійне місце;
- друга обробка – на початку фази цвітіння;
- третя обробка – на початку фази плодоношення.

У польовому досліді насіння досліджуваного гібриду висівали у касети у третю декаду лютого, у третю декаду квітня – першу декаду травня розсаду за висоти надземної частини 30–35 см висаджували на постійне місце у плівкову теплицю. Варіанти дослідів розміщували методом повної рендомізації. Загальна площа ділянки – 8 м², площа облікової ділянки – 5 м², повторність – чотириразова, загальна кількість рослин – 480 шт.

Польові досліді та облік біометричних показників рослин проводили відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій для вирощування помідору у захищеному ґрунті [18–20].

Результати та їх обговорення

Спостереження за результатами польового досліді 2018–2021 років свідчать про незначний вплив позакореневих підживлень на строки проходження рослинами помідора фаз розвитку. Обробка рослин помідора нітратом калію порівняно з контрольним варіантом без обробки не пришвидшувала проходження рослинами фаз розвитку (*табл. 1*)

Таблиця 1

Проходження фаз росту і розвитку рослин за варіантами обробки порівняно з контролем (середнє за 2018–2021 рр.).

| Варіанти обробки | Від посіву до | | | Перший – останній збір, діб |
|------------------------|-------------------|---------------|-------------------|-----------------------------|
| | появи сходів, діб | цвітіння, діб | плодоношення, діб | |
| Без обробки (контроль) | 6 | 58 | 128 | 84 |
| нітрат калію, 5 г/л | 6 | 58 | 128 | 84 |
| нітрат калію, 10 г/л | 6 | 58 | 128 | 89 |
| нітрат калію, 20 г/л | 6 | 58 | 128 | 91 |
| нітрат калію, 30 г/л | 6 | 58 | 128 | 91 |

Обробка рослин нітратом калію лише подовжувала період плодоношення у варіантах досліді з концентраціями препарату 10–30 г/л. Більша різниця виявилася при проведенні позакореневих підживлень у біометричних показниках рослин помідора у фазу масового цвітіння (*табл. 2*).

Таблиця 2

Біометричні показники рослин помідора, у фазу масового цвітіння за варіантами обробки порівняно з контролем (середнє за 2018–2021 рр.).

| Варіанти обробки | Маса рослини, г | Довжина центрального стебла, см | Кількість листків, шт. | Площа листової поверхні, см ² /росл. |
|------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------|---|
| Без обробки (контроль) | 1126,8 | 118,0 | 15,3 | 1963,8 |
| нітрат калію, 5 г/л | 1131,3 | 118,8 | 15,5 | 1993,8 |
| нітрат калію, 10 г/л | 1127,5 | 121,3 | 16,0 | 2017,5 |
| нітрат калію, 20 г/л | 1175,3 | 124,5 | 16,3 | 2290,0 |
| нітрат калію, 30 г/л | 1196,3 | 126,3 | 16,8 | 2381,8 |

Маса рослин в залежності від застосування обробок нітратом калію становила в середньому 1131–1196 г. Найбільшу масу (1196 г) мали рослини за варіантом досліді з концентрацією нітрату калію – 30 г/л, що на 6 % більше контролю, а найменшу масу (1127 г) мали рослини за контрольним варіантом. За досліджуваній період найбільшу довжину стебла мали рослини за варіантом досліді з концентрацією нітрату калію – 30 г/л – в середньому 126 см, що

відповідно на 7 % більше контролю. Всі інші варіанти також перевищували контроль, але були менше цього варіанту. Кількість листків на рослині, в середньому, становила – від 15 шт./роsl. на контролі до 17 шт./роsl. за варіантом досліду з концентрацією нітрату калію – 30 г/л (на 10 % більше контролю). Площа листкової поверхні також була найменшою на контролі – 1964 см². Максимальною площею листкової поверхні – 2382 см², знов була за варіантом досліду з концентрацією нітрату калію – 30 г/л, на 21 % більше контролю.

Рослини за варіантом з концентрацією нітрату калію – 20 г/л також значно перевищували за біометричними показниками контрольний варіант і були трохи нижчими за максимальні показники. Варіанти досліду з концентрацією нітрату калію – 5 та 10 г/л мали незначні відмінності від контролю, перевищуючи варіант без обробки на 3–5 %.

За результатами проведених досліджень встановлено мінливість біометричних показників, у фазу масового плодоношення за варіантами обробки порівняно з контролем (*табл. 3*).

Порівняно із контрольним варіантом максимальне значення показника маси рослини – 2484 г, відзначено за варіантом досліду з концентрацією нітрату калію – 30 г/л (на 19 % більше контролю). Довжина центрального стебла за цим варіантом сягала 312 см, на 10 % більше контролю. За показниками кількості листків на рослині і площі листкової поверхні варіанти з концентрацією 20 та 30 г/л були практично однаковими з перевищенням контролю на 11 % (кількість листків – 29,5 шт.) та 9 % (площа листкової поверхні – 11680 та 11635 см²/роsl., відповідно). Маса одного плоду в середньому найбільшою виявилася за варіантом досліду з концентрацією 30 г/л – 196 г, що на майже на 28 % більше контролю.

Таблиця 3

Біометричні показники рослин помідора, у фазу масового плодоношення за варіантами обробки порівняно з контролем (середнє за 2018–2021 рр.).

| Варіанти обробки | Маса рослини, г | Довжина центрального стебла, см | Кількість листків, шт. | Площа листкової поверхні, см ² /роsl. | Середня маса плоду, г |
|------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------|--|-----------------------|
| Без обробки (контроль) | 2082,5 | 283,8 | 26,5 | 10710,0 | 153,8 |
| нітрат калію, 5 г/л | 2103,8 | 288,3 | 27,5 | 10845,0 | 165,0 |
| нітрат калію, 10 г/л | 2160,0 | 295,0 | 28,0 | 10974,5 | 167,5 |
| нітрат калію, 20 г/л | 2435,0 | 307,5 | 29,5 | 11680,0 | 195,0 |
| нітрат калію, 30 г/л | 2483,8 | 311,8 | 29,5 | 11635,0 | 196,3 |

Це корелює з дослідженнями позакореневого підживлення рослин на двох сортах помідора (Нагіна та Рома) з різними рівнями калійних розчинів. Позакореневе підживлення калієм має значний ($P < 0,05$) вплив на висоту рослин, вагу одного плода та загальну кількість плодів [21].

Аналіз динаміки формування помісячної врожайності помідора протягом періоду плодоношення відмічено, що в середньому за роки дослідження у липні-серпні технічної стиглості досягало по 36 %, вересні – 28 % та у жовтні близько 2 % загального врожаю (*рис. 1*).

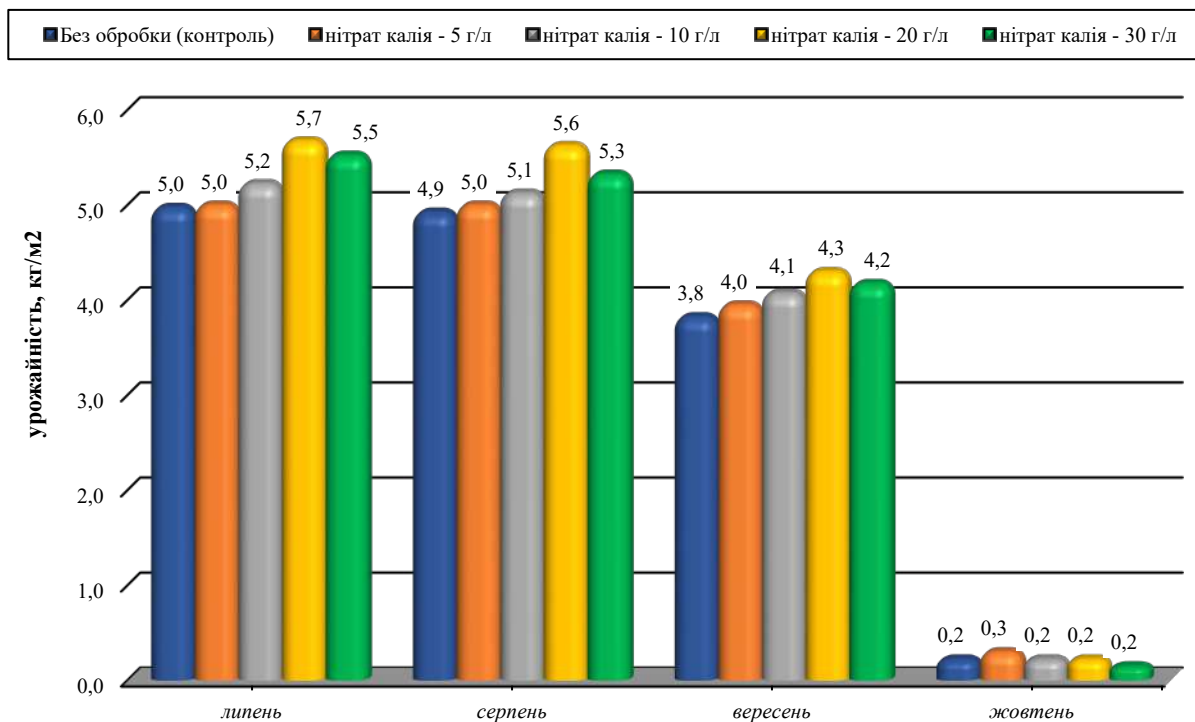


Рис 1. Динаміка формування помісячної врожайності помідора, за варіантами досліду (за 2018–2021 рр.).

Спостереження за формуванням урожаю плодів помідора за місяцями показало, що урожайність у липні становила від 5,0 кг/м² (на контролі та за варіантом з концентрацією нітрату калію – 5 г/л) до 5,7 кг/м² (за варіантом з концентрацією нітрату калію – 20 г/л). Рівень урожайності у серпні становив від 4,9 кг/м² (на контролі) до 5,6 кг/м² (за варіантом з концентрацією нітрату калію – 20 г/л), у вересні від 3,8 кг/м² (на контролі) до 4,2–4,3 кг/м² (варіанти з концентрацією 30 та 20 г/л відповідно). У жовтні було зібрано 2–4 % від загального врожаю в середньому однаково за варіантами дослідів. Максимальна різниця між варіантами дослідів у липні становила – 0,7 кг/м² (13,3 %), відповідно у серпні максимальна різниця становила також 0,7 кг/м² (13,5 %), у вересні – 0,5 кг/м² (19 %), а у жовтні 0,1 кг/м², або 33,3 % від середнього рівня врожайності за місяць.

Для оцінки показників польового дослідів потрібне правильне використання та інтерпретація отриманих даних. За досліджуваними варіантами було відзначено врожайність на рівні 14,0–15,8 кг/м² (табл. 4).

Таблиця 4

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

| Варіанти обробки | Урожайність, кг/м ² | | | | | +/- % до контролю |
|------------------------|--------------------------------|------|------|------|--------------|-------------------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | в середньому | |
| Без обробки (контроль) | 15,0 | 17,0 | 16,2 | 7,6 | 14,0 | - |
| нітрат калію, 5 г/л | 15,9 | 16,7 | 16,8 | 7,6 | 14,3 | 2,2 |
| нітрат калію, 10 г/л | 15,6 | 18,0 | 16,9 | 8,1 | 14,7 | 5,0 |
| нітрат калію, 20 г/л | 17,4 | 18,7 | 18,2 | 9,0 | 15,8 | 13,4 |
| нітрат калію, 30 г/л | 17,1 | 17,8 | 17,9 | 7,9 | 15,2 | 8,8 |

Порівняно із контрольним варіантом (14,0 кг/м²) найбільший показник урожайності (15,8 кг/м², що на 13,4 % більше контролю) відмічено за варіантом обробки рослин помідора розчином нітрату калію з концентрацією 20 г/л. Застосування більшої концентрації препарату (30 г/л) не призводило до істотного зростання даного показника (15,2 кг/м², що на 8,8 % більше контролю). В середньому за досліджуваний період врожайність на рівні 14,3–14,7 кг/м² забезпечено за варіантами з концентрацією 5 та 10 г/л, що на 2,2 та 5,0 % відповідно більше контролю. Нашими дослідженнями встановлено, що за роками дослідження показник урожайності значно варіював від максимального 16,7–18,7 кг/м² у 2019 році до мінімального 7,6–9,0 кг/м² у 2021 році, змінюючись в основному зі зміною умов вирощування за роками. Проте за весь період досліджень проведення позакореневих підживлень препаратом нітрату калію з концентрацією 20 г/л дозволяло отримувати максимальний рівень врожайності.

Дослідниками університету сільськогосподарства Фейсалабаду (Пакистан) встановлено, що через позитивну кореляцію між підживленням рослин помідору калієм та характеристиками якості плодів дослідники показали, що екзогенне внесення

відповідного рівня калію може сприяти підвищенню врожайності та покращенню якості плодів. Серед усіх варіантів дослідів обприскування рослин розчином з препаратом 0,5–0,7 % калію максимально покращили продуктивність рослин помідора обох сортів [21].

Також дослідниками автономного університету штату Мехіко (Мексика) оцінено продуктивність двох сортів томату при внесенні різних доз (1,2, 1,5, 1,8, 2,1 г/м²) препарату калію позакоренево, у трьох внесеннях: на стадії розсади, вегетативного стану та початку цвітіння в тепличних умовах. Взаємодія сорту та дози показала, що найбільша кількість плодів була отримана сортом «Сід» (3,18 кг/росл.) при дозі 1,2 г/м², тоді як із сорту «Пайпай» отримано плодів – 2,74 кг/росл. при застосуванні дози 1,5 г/м². Було зроблено висновок, що позакореневе внесення по листю препарату калію збільшує врожайність плодів [22].

Висновки

У ході польового дослідів досліджено вплив позакореневих підживлень нітратом калію на врожайність помідора в умовах захищеного ґрунту. За результатами досліджень встановлено, що ефективним для розвитку рослин та підвищення врожайності виявилось застосування нітрату калію для проведення позакореневих підживлень рослин помідора. Відзначено суттєве збільшення біометричних показників оброблених нітратом калію у фазу масового цвітіння: маси рослини (до 1196 г), довжини стебла (до 126 см), кількості листків на рослині (до 17 шт./росл.), площі листової поверхні (до 2382 см²/росл.), в середньому на 11 % більше контролю. У фазі масового плодоношення відзначено зростання біометричних показників зі збільшенням концентрації нітрату калію: маси рослини (до 2484 г), довжини стебла (до 312 см), кількості листків на рослині (до 29,5 шт./росл.), площі листової поверхні (до 11635 см²/росл.), в середньому на 15 % більше контролю. Аналіз динаміки формування помісячної врожайності показав, що максимальний помісячний рівень врожайності у липні-вересні отримано за варіантом обробки рослин помідора розчином нітрату калію з концентрацією 20 г/л, на 11–13 % більше від середнього рівня врожайності за місяць. Як результат, на цьому варіанті отримано найбільшу врожайність – 15,8 кг/м². Таким чином, визначено ефективність позакореневих підживлень нітратом калію, шляхом проведення трьох обробок препаратом у концентрації 20 г/л під індетермінантний гібрид помідора, в умовах Лівобережного Лісостепу України, для отримання максимальної врожайності.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні процесів формування структури врожайності за допомогою позакореневих підживлень різними мікродобривами та можливістю впливу на величину врожайності культури помідора. Подальше дослідження особливостей впливу різних мікродобрив на розвиток рослин помідора дасть можливість оцінити агрохімічний ефект від внесення методами позакореневого підживлення для отримання стабільних врожаїв та реалізації генетичного потенціалу культури.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Semenda, O., & Korman, I. (2024). Analysis of the Ukrainian vegetable market in the conditions of war. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 3 (1), 72–80. <https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20240301.07>
2. Amons, S. E., Krasniak, O. P. (2021). Vyrobnystvo ovociv v Ukraini: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku haluzi. *Silske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 20, 97–116. [in Ukrainian]
3. Pylak, M., Oszust, K., & Fraç, M. (2019). Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 18 (3), 597–616. <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5>
4. Kosenko, N., & Pogorielova, V. (2020). Seed production of tomato varieties depending on planting schemes and fertilizers in the conditions of Southern Steppe. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (2), 37–43. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-06>
5. Holodna, A. (2021). Growth and development of narrow-leaved lupin and its productivity depending on variants of fertilizer and biological preparations. *Feeds and Feed Production*, 92, 54–61. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnystvo202192-05>
6. Woldemariam, S. H., Lal, S., Zelelew, D. Z., & Solomon, M. T. (2018). Effect of potassium levels on productivity and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Agricultural Studies*, 5 (4), 102. <https://doi.org/10.5296/jas.v6i1.12262>
7. Singh, A., Bali, A., Kumar, A., Yadav, R. K., & Minhas, P. S. (2022). Foliar spraying of potassium nitrate, salicylic acid, and thio-urea effects on growth, physiological processes, and yield of sodicity-stressed paddy (*Oryza sativa* L.) with alkali water irrigation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41 (5), 1989–1998. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10575-8>
8. Aliksieiev, O. (2020). Mechanism of soil reproduction and preservation in the system of organic farming. *Agriculture and Forestry*, 3, 184–197. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-16>
9. Pysarenko, V. M., & Pysarenko, P. V. (2022). *Orhanichni dobrovya*. Poltava: FOP Smirnov A. L. [in Ukrainian]
10. Filho, M. N. de C., Melo, L. C. A., Lustosa Filho, J. F., de Castro Paes, É., de Oliveira Dias, F., Lino Gomes, J., & Nick Gomes, C. (2024). Improved tomato development by biochar soil amendment and foliar application of potassium under different available soil water contents. *Journal of Plant Nutrition*, 47 (16), 2620–2644. <https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2354214>
11. Filho, M. N. de C., Melo, L. C. A., Paes, É. de C., Filho, J. F. L., Caballero, R. I. C., Gomes, J. L., & Gomes, C. N. (2024). Impact of the addition of biochar and foliar KNO³ on physiology, growth and root biometric parameters of tomato cultivated under different water regimes. *Scientia Horticulturae*, 332, 113186. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113186>
12. Abdelhameed, A., & Abd El-Hady, M. (2018). Response of tomato plant to foliar application of calcium and potassium nitrate integrated with different phosphorus rates under sandy soil conditions. *Egyptian Journal of Soil Science*, 58 (1), 45–55. <https://doi.org/10.21608/ejss.2017.1645.1126>
13. Temur, B., Akhoundnejad, Y., Nas, Y., & Ersoy, L. (2023). Effect of different potassium fertilizers on yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 7 (4), 761–769. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.4.5>
14. Khater, A., Kandil, H., El-Hassanin A., & El-Maghraby, A. (2022). The impact of some foliar treatments on chemical composition and chlorophyll of tomato plant under saline condition (Hydroponic Exp.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 11 (3), 967–984. <https://doi.org/10.36632/mejar/2022.11.3.60>
15. Dzendzel, A. (2022). Vplyv orhano-mineralnoho dobrovya «SMART» kompozyt Martsinyshyn® na pokaznyky vodoobminu lystkiv pomidora yistivnoho (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 81, 72–81. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.21.4.10> [in Ukrainian]
16. Yarovyi, H., Sievidov, V., & Sievidov, I. (2020). Productivity and productivity of indeterminate type tomato hybrids in plastic film greenhouses. *Vegetable and Melon Growing*, 67, 64–72. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-67-64-72>
17. Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5 (1), 180–214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
18. Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (2022). *Metodyka doslidnoi spravy v ovocivnytstvi i bashtannnytstvi*. Kharkiv: Osnova [in Ukrainian]
19. Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian]
20. Rozhkov, A. O. (Red). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 knykhakh. Knyha 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
21. Afzal, I., Hussain, B., Maqsood, S., Basra, A., Ullah, S., Shakeel, Q., & Kamran, M. (2015). Foliar application of potassium improves fruit quality and yield of tomato plants. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 14, 3–13.
22. Mayén-Villa, R., Morales-Rosales, E., Morales, E. J., & López-Sandoval, J. (2023). Yield of tomato (*Solanum lycopersicum*) as a function of potassium phosphite as foliar fertilizer. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10.

ORCID

V. Sievidov 

<https://orcid.org/0000-0002-3826-5149>



2024 Sievidov 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.

Evaluation of resistance of maize samples from the collection of the Ustymivka experimental plant production station to major pests and diseases

L. Kharchenko¹ | M. Kharchenko² | G. Pospelova² | S. Pospelov² | V. Lisovyi² | I. Lavrynenko²

Article info

Correspondence Author
L. Kharchenko
E-mail:
udsr@ukr.net¹ Ustymivka experimental station of plant growing of the Institute of Plant growing named after V. Ya. Yuriev of NAAS of Ukraine, 25, akademician Vavylova str., v. Ustymivka, 39074, Ukraine² Poltava State Agrarian University, Skovoroda St., 1/3, Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Kharchenko, L., Kharchenko, M., Pospelova, G., Pospelov, S., Lisovyi, V., & Lavrynenko, I. (2024). Evaluation of resistance of maize samples from the collection of the Ustymivka experimental plant production station to major pests and diseases. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 59–65. doi: 10.31210/spi2024.27.04.10

Systematized the results of studying the species composition of harmful organisms that negatively affected the growth and productivity of corn under the conditions of the Ustymivka Research Station of Plant Breeding named V. Ya. Yuriev by Institute of Plant Breeding of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (UDSR). From 2021 to 2023, field and laboratory studies were conducted to identify samples resistant to major pests and diseases of corn under natural conditions for the agro-climatic conditions of the southern Forest-Steppe zone of Ukraine. The study material consisted of 110 corn samples of various origins from the UDSR collection and newly introduced samples, which were characterized by economically valuable indicators, namely: grain productivity of one plant, cob length, number of cobs per plant, 1000-grain weight, etc. The study results revealed the dominant diseases to be: *Ustilago zeae* (Beckm) (14 % of examined samples with an average infection of 0.2 % of plants); *Sorospodium reilianum* (Kuehn) (1.5 % of examined samples, with an average infection of 0.1 % of plants); *Fusarium* (70 % of samples with infection up to 30 % of cobs); Bacterial diseases (64 % of samples with infection up to 50 % of cobs); Ear rot (54 % of samples with infection up to 43 cobs). Sample damage by the *Oscinella frit*, *O. pusilla* ranged from 10 % to 82%, with damage levels varying from 0.5 to 5 points. This largely depended on weather conditions during the seedling period and the intensity of the initial growth of the sample. *Ostrinia* (*Pyrausta*) *nubilalis* Hb. annually damaged over 60 % of the samples, with an average of 1–5 larvae per plant. According to laboratory surveys, up to 23 % of the plots with 1–2 cobs per plot were damaged by *Ostrinia* (*Pyrausta*) *nubilalis* Hb.. The applied research methods enabled the differentiation of samples as sources of resistance to local populations of corn diseases and cobs, as well as to dominant phytophagous organisms in natural infection and invasion backgrounds. Among them were identified: samples with individual resistance to *Ustilago zeae* (Beckm) – 7 samples, to the *Ostrinia* (*Pyrausta*) *nubilalis* Hb. – 11 samples, to the *Oscinella frit*, *O. pusilla* – 9 samples. Group resistance to a complex of dominant diseases was characterized by 18 samples, and complex resistance to diseases and the *Ostrinia* (*Pyrausta*) *nubilalis* Hb. – 6 samples, which combined with high economically valuable indicators.

Keywords: maize, corn, self-pollinated lines, blister and fusarium smut, resistance assessment, fusarium, bacteriosis.

Оцінка стійкості зразків кукурудзи з колекції Устимівської дослідної станції рослинництва до основних шкідників та хвороб

Л. Я. Харченко¹ | М. Ю. Харченко² | Г. Д. Поспелова² | С. В. Поспелов² | В. М. Лісовий² | І. Г. Лавриненко²¹ Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН України, с. Устимівка, Полтавська область, Україна² Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Систематизовано результати вивчення видового складу шкідливих організмів, які негативно впливали на розвиток і продуктивність кукурудзи в умовах Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України (УДСР). Впродовж 2021–2023 років у польових та лабораторних умовах проведено дослідження щодо виявлення зразків, стійких до основних шкідників та хвороб кукурудзи на природному фоні для агрокліматичних умов зони південного Лісостепу України. Матеріалом слугували 110 зразків кукурудзи різного походження з колекції УДСР та нові інтродуковані зразки, які були охарактеризовано за господарсько-цінними показниками, а саме: зернова продуктивність однієї рослини, довжина качана, кількість качанів на рослині, маса 1000 зерен тощо. За результатами вивчення домінуючими хворобами виявилися: пухирчаста сажка (14 % обстежених зразків з середнім ураженням 0,2 % рослин), летюча сажка (1,5 % обстежених зразків, з середнім ураженням 0,1 % рослин), фузаріоз (70 % зразків з ураженням до 30 % качанів), бактеріоз (64 % зразків з ураженням до 50 % качанів) та біль качанів (54 % зразків з ураженням до 43 качанів). Було виявлено пошкодження зразків шведською мухою на рівні 10–82 %, ступінь пошкодження варіював межах від 0,5 до 5 балів. В значній мірі це залежало від погодних умов у період сходів та інтенсивності початкового росту зразка. Кукурудзяним метеликом щорічно пошкоджувалося понад 60 % зразків з середньою чисельністю 1–5 гусениць на рослину. За даними лабораторного обстеження, кукурудзяним метеликом було пошкоджено до 23 % ділянок з 1–2 качанами на ділянці. Застосовані методики вивчення дали змогу диференціювати зразки як джерела стійкості до місцевих популяцій збудників хвороб рослин і качанів кукурудзи, а також домінуючих фітофагів на природному інфекційному та інвазійному фоні. Серед них були виділені: з індивідуальною стійкістю до пухирчастої сажки – 7 зразків, до кукурудзяного стеблового метелика – 11 зразків, шведської мухи – 9 зразків. Груповою стійкістю до комплексу домінуючих хвороб характеризувались 18 зразків, а комплексною стійкістю до хвороб та кукурудзяного стеблового метелика – 6 зразків, що поєднуються з високими господарсько-цінними показниками.

Ключові слова: кукурудза, самозаплені лінії, пухирчаста і летюча сажка, оцінка стійкості, фузаріоз, стебловий метелик.**Бібліографічний опис для цитування:** Харченко Л. Я., Харченко М. Ю., Поспелова Г. Д., Поспелов С. В., Лісовий В. М., Лавриненко І. Г. Оцінка стійкості зразків кукурудзи з колекції Устимівської дослідної станції рослинництва до основних шкідників та хвороб. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 59–65.

Вступ

Кукурудза (*Zea mays* L.) – одна з основних зернових культур України [4, 23]. Крім безпосереднього споживання в харчуванні і кормовиробництві, вона використовується для виготовлення багатьох інших продуктів, таких як рослинна олія, крохмаль, борошно, цукор, біопаливо, алкоголь. Кукурудза вирощується практично в усіх регіонах і є однією з найприбутковіших польових культур. Посіви кукурудзи в Україні займають наразі понад 15 % посівних площ і станом на 30.05.2024 р. це становило 3 млн. 825 тис. га.

Ця культура вирощується в різних умовах навколишнього середовища і представлена достатньо широким генетичним різноманіттям, що забезпечує основу для створення сортів і гібридів різних напрямів використання [2, 3, 10, 12, 20, 23]. За багатьма джерелами відомо, що найдешевшим шляхом збільшення урожайності кукурудзи є впровадження в сільськогосподарське виробництво нових високопродуктивних, пластичних та стійких до хвороб і шкідників гібридів [3, 11, 20, 23].

Кукурудза піддається впливу багатьох хвороб та шкідників, які вражають та пошкоджують різні частини рослини, включаючи листки, стебла і качани у всіх фазах розвитку. Це безпосередньо впливає на врожайність культури і, як наслідок, може призвести до великих фінансових втрат. Бактеріальні, вірусні і грибні хвороби в роки масового розповсюдження знижують урожай на 50 % і більше [1–3, 9].

Найбільш шкодочинними хворобами кукурудзи в Україні є: летюча (*Soroshporium reilianum* (Kuehn) Unger); пухирчаста сажки (*Ustilago zea* (Beckm) Unger); фузаріозна стеблова гниль (*F. moniliforme*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *F. sporotrichiella*); гельмінтоспоріоз (*Helminthosporium turcicum* Pass.); хвороби качана: фузаріоз (*Fusarium moniliforme* Sheld.), бактеріоз (*Bacillus mesentericus-vulgatus* Flugge), нігроспоріоз (*Nigrospora orizae* Petch.), суха гниль (*Rhizopus maidis* Bruderl.), диплодіоз (*Diplodia zea* (Schw.) Lev.), пліснявіння (*Cladosporium herbarum* (Pers.) Link., *Trichoclum roseum* Link.). Серед шкідників найбільших втрат урожаю кукурудзи завдають стебловий кукурудзяний метелик (*Ostrinia (Pyrausta) nubilalis* Hb.), шведська муха (*Oscinella frit* L.), смугаста хлібна блішка (*Phyllotreta vittula* Redt.), черемхово-злакова попелиця (*Rhopalosiphum padi* L.), кукурудзяний гнойовик (*Pentodon idiota* Hbst), кравчик головац (*Lethrus apterus* Laxm.). Небезпечними для кукурудзи є також мідляки: кукурудзяний (*Pedinus femoralis* L.), широко-грудий (*Blaps lethifera* Marsh.), степовий (*Blaps halophila* F.-W.) та піщаний (*Oratrum sabulosum* L.) [6, 19].

Втрати врожаю кукурудзи від шкідників та хвороб широко варіюють за роками. На це впливають погодні умови, які можуть пригнічувати шкідливі організми або сприяти їхньому розвитку [13, 17].

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у вивченні набору зразків кукурудзи різного походження для виявлення джерел стійкості до збудників хвороб та шкідників на природному фоні в зоні південного Лісостепу України та оцінки вихідного матеріалу для створення стійких гібридів культури.

Завдання дослідження: провести оцінку стійкості зразків кукурудзи до основних шкідників та хвороб на природному фоні і визначити кращі зразки за морфологічними та господарсько-цінними ознаками.

Матеріали і методи

Дослідження проводилися впродовж 2021–2023 років у польових та лабораторних умовах Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, яка розташована в центральній частині Кременчуцького району Полтавської області та південній частині зони Лісостепу України (на межі зі Степом). Матеріалом дослідження слугували 110 зразків кукурудзи з десяти країн, зокрема: 66 зразків з України, 11 – із Словаччини, 9 – з Іспанії, 4 – з Італії, 1 – з Молдови, 4 – з Німеччини, 2 – з Чехії, 6 – з Франції, 3 – з росії, 1 – з Канади. Закладку дослідів, фенологічні спостереження, оцінку стійкості до хвороб та шкідників, аналіз структури продуктивності зразків проводили згідно «Методичних вказівок польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи» [8, 16] та з урахуванням «Класифікатора-довідника *Zea Mays* L.» [15]. Посів проводили в оптимальні строки вручну, облікова площа ділянки – 4,9 м². Стандартами слугували: для селекційних сортів та популяцій гібриди Харківський 193 МВ, Харківський 295 МВ, Харківський 313 МВ (UKR), для самозапилених ліній – лінії ДС 103, УХ 52 (UKR), F 2, F 7 (FRA).

Визначення хвороб та шкідників на рослинах кукурудзи проводилось в основні фази розвитку культури з використанням загальноприйнятих методик [5, 7, 8, 16].

На шкодочинність хвороб значний вплив мають кліматичні умови. В зоні діяльності дослідної станції клімат перехідний від лісостепового до степового, помірно-континентальний з нестійким зволоженням. Гідротермічний коефіцієнт в середньому складає 0,96. Сума ефективних температур – 2900 °С з кількістю опадів за період травень-вересень – 280 мм. Річна кількість опадів 430–480 мм є достатньою для росту рослин, проте розподіляються вони нерівномірно за фазами онтогенезу кукурудзи і також значно варіювали в роки вивчення (*табл. 1*).

Природні інфекційні фони не кожного року бувають достовірним критерієм для добору зразків з метою селекції на стійкість до шкідників та хвороб. Це пов'язано з особливостями гідротермічних умов за період досліджень. Тому виділення стійких зразків проводили в роки з найбільшим природним фоном прояву ознаки.

Таблиця 1

Метеорологічні дані за період «квітень-вересень» 2021–2023 років
(метеопост Устимівської дослідної станції рослинництва)

| Рік | Місяць | Середньомісячна температура повітря, °С | | Відхилення від багаторічної (+,-) °С | Абсол. max °С | Абсол. min °С | Сума опадів, мм | | Відхилення від багаторічної (+,-) мм | ГТК |
|------|----------|---|----------|--------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------|--------------------------------------|------|
| | | сер.баг. | фактична | | | | сер. баг. | фактична | | |
| 2021 | квітень | 9,1 | 9,1 | 0,0 | 38,0 | -3,0 | 40,0 | 27,0 | -13,0 | 0,98 |
| | травень | 15,9 | 16,7 | +1,2 | 49,1 | 1,0 | 50,0 | 64,3 | +14,3 | 1,23 |
| | червень | 19,5 | 21,7 | +2,2 | 56,4 | 7,0 | 57,0 | 101,0 | +44,0 | 1,56 |
| | липень | 21,0 | 25,9 | +4,9 | 58,5 | 12,1 | 72,0 | 37,8 | -34,2 | 0,47 |
| | серпень | 19,8 | 23,7 | +3,9 | 55,5 | 11,5 | 58,0 | 56,2 | -1,8 | 0,77 |
| | вересень | 14,4 | 14,7 | +0,3 | 41,0 | 3,0 | 56,0 | 73,4 | +17,4 | 1,67 |
| 2022 | квітень | 9,1 | 9,9 | +0,8 | 24,5 | -1,9 | 40,0 | 70,3 | +30,3 | 2,36 |
| | травень | 15,9 | 16,1 | +0,2 | 27,0 | -0,4 | 50,0 | 62,7 | +12,7 | 1,25 |
| | червень | 19,5 | 21,1 | +1,6 | 33,0 | 3,1 | 57,0 | 43,4 | -13,6 | 0,66 |
| | липень | 21,0 | 21,8 | +0,8 | 34,0 | 9,6 | 72,0 | 92,2 | +20,2 | 1,36 |
| | серпень | 19,8 | 22,7 | +2,9 | 33,0 | 15,1 | 58,0 | 92,6 | +34,6 | 1,26 |
| | вересень | 14,4 | 14,0 | +0,4 | 24,0 | 3,1 | 56,0 | 87,1 | +31,1 | 2,07 |
| 2023 | квітень | 9,1 | 10,6 | +1,5 | 20,5 | 1,6 | 40,0 | 58,1 | +18,1 | 1,82 |
| | травень | 15,9 | 17,5 | +1,6 | 28,0 | 2,1 | 50,0 | 27,7 | -22,3 | 0,51 |
| | червень | 19,5 | 21,5 | +2,0 | 32,0 | 5,6 | 57,0 | 61,9 | +4,9 | 0,96 |
| | липень | 21,0 | 23,1 | +2,1 | 34,0 | 14,1 | 72,0 | 95,8 | +23,8 | 1,34 |
| | серпень | 19,8 | 24,7 | +4,9 | 36,0 | 13,1 | 58,0 | 41,5 | -16,5 | 0,54 |
| | вересень | 14,4 | 19,9 | +5,5 | 30,0 | 6,1 | 56,0 | 6,2 | -49,8 | 1,01 |

Зразки, які увійшли до високостійкої (9 балів) та стійкої (7 балів) груп, нами визначені як джерела стійкості, а лінії, стійкі до двох, трьох або чотирьох хвороб, визначені, як лінії з груповою стійкістю до збудників хвороб та шкідників.

Результати та їх обговорення

Серед шкідників найбільшої шкоди кукурудзі завдає стебловий кукурудзяний метелик [14, 21, 22]. У стадії гусені цей фітофаг здатен знищувати усі органи рослини, включно із листками, стеблами, качанами та волоттю. У стеблі та волоті шкідник перегризає судинні пучки, що спричиняє вялігання стебел та сприяє розповсюдженню збудників фузаріозу, сірої гнилі та пліснявіння [14, 17, 18]. Для створення стійких до цього шкідника форм вчені випробовують різні можливості – від використання виділених стійких джерел до застосування методів

генетичної трансформації кукурудзи генами інсектицидних білків *Bacillus thuringiensis*. Оцінку стійкості до стеблового метелика проводили на природному фоні в польових та лабораторних умовах по кількості отворів в стеблах і качанах. За даними польового обстеження у 2023 році було виявлено, що кукурудзяним метеликом пошкоджено до 30 % ділянок з середньою чисельністю 1–5 гусениць на ділянку, тоді як в попередні роки цей показник варіював від 50 до 86 %. Цьому сприяли погодні умови серпня-вересня, які викликали швидке засихання рослин кукурудзи, тому інтенсивність пошкодження гусеницями кукурудзяного метелика була нижчою. Пошкодження качанів виявлено на 23 % ділянок, з 1–2 качанами на ділянці. Але в середньому за три роки досліджень стійких форм виявити не вдалось. Лінії стандарти теж значно ушкоджувались. Проте, підвищену стійкість до кукурудзяного метелика встановлено у 11 зразків (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика зразків кукурудзи за комплексом господарсько-цінних ознак та стійкості до шкідників (2021–2023 рр.)

| Назва зразка | Походження | Ушкодженість, бал | | Бал | | Висота, см | | Продуктивність, г зерна з рослини | К-сть качанів на рослині, шт. | Маса 1000 зерен, г | К-сть днів від сходів до повної стиглості, днів | |
|-------------------|------------|------------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|---------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|---|---------------------|
| | | кукурудзяним метеликом | | шведською мухою | полеглих рослин | понижених качанів | рослини | | | | | прикріплення качана |
| | | стебло | качан | | | | | | | | | |
| УХФ 90 | UKR | 9 | 7 | 9 | 9 | 190 | 69 | 78 | 1,3 | 196 | 100 | |
| УХК 530 | UKR | 9 | 9 | 7 | 9 | 165 | 53 | 110 | 1,2 | 262 | 110 | |
| УХК 743 | UKR | 7 | 7 | 9 | 9 | 148 | 40 | 98 | 1,1 | 240 | 101 | |
| Харківська 126 MB | UKR | 9 | 7 | 9 | 9 | 170 | 57 | 56 | 1,2 | 240 | 97 | |
| МКП 56 | MDA | 9 | 9 | 9 | 9 | 197 | 62 | 118 | 1,6 | 256 | 105 | |
| AG 15-3030 | MDA | 9 | 9 | 9 | 9 | 172 | 48 | 117 | 1,8 | 240 | 109 | |
| ЗК 106/6 | UKR | 9 | 7 | 9 | 9 | 171 | 57 | 130 | 1,7 | 280 | 103 | |
| УХК 726 | UKR | 7 | 9 | 7 | 9 | 190 | 68 | 119 | 1,6 | 313 | 101 | |
| УХС 107 | UKR | 9 | 9 | 9 | 9 | 180 | 56 | 126 | 1,8 | 275 | 111 | |
| УХК 414 | UKR | 9 | 9 | 9 | 9 | 165 | 60 | 110 | 1,2 | 300 | 110 | |
| М 14 | CZE | 7 | 9 | 7 | 9 | 190 | 68 | 110 | 1,3 | 230 | 109 | |
| Ст. F 7 | UKR | 9 | 7 | 7 | 9 | 140 | 48 | 66 | 1,2 | 260 | 97 | |
| Ст. УХ 52 | UKR | 7 | 7 | 7 | 9 | 168 | 55 | 75 | 1,2 | 282 | 102 | |

Примітки: Ушкодження зразка 1 б. – дуже високе, 9 б. – дуже низьке.

При розподілі зразків за групами стиглості найвища стійкість до кукурудзяного метелика була у середньоранніх та середньостиглих зразків. Це пояснюється проходженням фаз розвитку рослин кукурудзи у відповідних погодних умовах та інтенсивністю заселення шкідниками. Серед них найбільш стійкими виявились: Харківська 126 МВ (середнє пошкодження за період оцінок 3,1 %), УХК 530 (3,9 %), УХС 107 (4,2 %), а відносно низька стійкість була притаманна ранньостиглим та середньопізним зразкам.

Шведські мухи завдають шкоди молодим рослинам кукурудзи. Фітофаги заселяє кукурудзу переважно до фази утворення 5 листків. Ушкодження проявляється після виходу личинки з конуса наростання. Стійкість зразків щодо шведських мух оцінювали шляхом підрахунку пошкоджених рослин у фазі 5–7 листків у відсотках до їх загальної кількості, рівень ушкодження оцінювали за 5-бальною шкалою (1 бал – на рослині слабкі ушкодження, 5 балів – рослини гинуть, основне стебло відстало в розвитку). В наших дослідженнях зразки пошкоджувались шведськими мухами від 10 % до 82 %, при цьому ступінь пошкодження варіювала в широких межах від 0,5 до 5 балів. В значній мірі це залежало від погодних умов у період сходів та інтенсивності початкового росту зразка. Скоростиглі зразки більше пошкоджувались, ніж пізньостиглі та високорослі. Високу шкодочинність фітофага відмічено у 2023 році. Особливо вразливими виявились лінії та сорти цукрової кукурудзи, відсоток пошкодження яких варіював в межах 40–80 % з балом пошкодження 3–5. Варіювання відсотку пошкодження для цих зразків за роки досліджень знаходилося в межах 5,2–80 %. Як стійкі до пошкодження шведськими мухами нами відзначені кременисті зразки: ЧК 208, ХЛГ 272, УХК 514 (UKR), Grand Roux Basque (FRA); зубовидні: ОД 117, УХС 189 (UKR), напівзубовидні – УХК 573, УХК 628, УХК 635 (UKR).

Окрім того, за період спостереження відмічалось пошкодження рослин смугастою хлібною блішкою, черемхово-злаковою та звичайною злаковою попелицями. Заселення рослин кукурудзи ними виявлялося у фазі 3–5 листків, максимум спостерігався у фазі викидання волоті-молочної стиглості. Розселення фітофагів залежало від погодних умов. Сприятливими для їх швидкого розмноження і розповсюдження були теплі та вологі умови, а зливи і поривчасті вітри у першій половині літа зменшували популяцію шкідника. Суха, спекотна погода сприяла наростанню щільності шкідника.

Пошкодження волотей і верхніх ділянок стебла кукурудзи колоніями попелиць та блішок відмічалось щорічно у 10 % ділянок.

Коріння та сходи кукурудзи за роки дослідження незначною мірою пошкоджували: кукурудзяний гнойовик, кравчики, ковалики (широкий і смугастий), озима совка. Однією з основних проблем селекції є недостатня кількість гібридів з груповою стійкістю до хвороб і шкідників, а імунні до окремих з них складають лише 3–5 %.

Проведення моніторингу хвороб на рослинах кукурудзи дало можливість виявити низку

домінуючих інфекцій, визначити їхню поширеність і ступінь розвитку залежно від умов середовища [11, 12]. За результатами спостережень на рослинах кукурудзи в зоні досліджень домінуючою хворобою виявилася пухирчаста сажка, яка вражає всі надземні органи рослини. Поширеність хвороби визначали у відсотках до загальної кількості обстежених рослин, а ступінь розвитку оцінювали за 5-бальною шкалою. Пухирчаста сажка виявлена на 14 % обстежених зразків кукурудзи, за ураження 0,2 % рослин. У цілому найбільш сприятливими для розвитку хвороби були 2022 р. та 2023 р., менш сприятливим – 2021 р. Інтенсивний розвиток пухирчастої сажки спостерігався впродовж липня і на початку серпня, коли посушливі періоди чергувалися з помірним зволоженням, що є оптимальними умовами для розвитку цього захворювання. Дослідження показали, що у більшості зразків кукурудзи найчастіше уражувалися молоді качани та їх рудименти. Найсильніше уражувалися зразки з високим закладанням качана і великою кількістю репродуктивних рудиментів. Наші спостереження довели, що стійкість зразків кукурудзи також пов'язана з тривалістю вегетаційного періоду. Середньоранні та середньостиглі форми з низьким закладанням качана, невеликою кількістю репродуктивних рудиментів уражувалися менше, тоді як середньопізні та пізні форми з високим закладанням качанів і великою кількістю репродуктивних рудиментів уражувалися частіше, оскільки їх тканини довше зазнавали впливу негативних факторів. Нами були відмічені українські лінії, в котрих поєднується індивідуальна стійкість до пухирчастої сажки на природному фоні з іншими господарсько-цінними показниками. Зокрема, **ЗК 321/2** – має високий вміст каротину в зерні 12,79 мг/кг, є джерелом високої продуктивності – 120,0 г зерна з рослини, з довжиною качана 18 см, масою 1000 зерен 300 г, придатністю до механізованого вирощування; **ЛНАУ 2** – є джерелом високої продуктивності 99 г зерна з рослини, з довжиною качана 16 см і озерненістю 520 шт., з виходом зерна 88 %, при стійкості до вилягання рослин 9 б., що поєднується з високим вмістом каротину в зерні – 10,29 мг/кг; **УХК 749** – є джерелом високої продуктивності 101 г зерна з рослини, з довжиною качана 15 см, масою 1000 зерен 316 г, що поєднується з високим вмістом каротину – 9,78 мг/кг, а також стійкості до кукурудзяного метелика та вилягання рослин – 9 б.; **УХК 587** – має високий вміст каротину в зерні – 12,38 мг/кг, високу зернову продуктивність – 117 г., багатокачанність – 1,7 шт., інтенсивність накопичення сухих речовин в зерні – 3,1 г/добу та високий вихід зерна – 87 %, а також стійкість до біотичних та абіотичних чинників – 9 б.; **УХК 414** – має високий вміст каротину в зерні – 18,88 мг/кг, що поєднується з високою зерновою продуктивністю – 118,2 г. з рослини, за довжини качана – 18 см, озерненості – 504 шт., маси 1000 зерен – 300 г, а також стійкості до біотичних та абіотичних чинників – 9 б.; **УХК 732** – має високий вмісту каротину в зерні – 9,78 мг/кг, що поєднується з продуктивністю на рівні 109 г зерна з рослини, з масою 1000 зерен 290 г, озерненістю 510 шт.,

а також придатністю до механізованого вирощування, стійкістю до пухирчастої сажки, кукурудзяного метелика та вилягання рослин на рівні 9 б.; **ХА 301** – є джерелом високої зернової продуктивності – 131 г, за маси 1000 зерен – 295 г, багатокачанності – 1,7 шт., високого виходу зерна – 85,1 %, що поєднується із вмістом каротину в зерні на рівні 9,15 мг/кг, а також придатністю до механізованого вирощування, стійкістю до пухирчастої сажки, кукурудзяного метелика та вилягання рослин 9 б.

Також проведено оцінку стійкості зразків до летючої сажки, яка мала значно менше поширення, ніж пухирчата. В роки досліджень летюча сажка відмічена у 1,5 % обстежених зразків, з середнім ураженням 0,1 % рослин. Характер прояву захворювання був типовим для збудника (ураження качанів та волоті).

Стеблові гнилі зазвичай спричиняють вилягання рослин. Оцінку стійкості зразків до стеблового та кореневого вилягання визначали шляхом підрахунку полеглих рослин і вираховували їх відсоток до загальної кількості на ділянці. Підрахунок проводили на перестой, після 25 днів від досягання. За результатами оцінювання до групи потенційно високо-стійких до вилягання віднесено 14 зразків (кількість рослин пошкоджених гнилями не перевищувала 5 %), стійких – 35 зразків (до 10 % рослин), середньо-стійких – 52 зразки (до 30 % рослин), не стійких – 9 зразків (понад 30 % рослин).

Пліснявіння проростаючого насіння і сходів мало місце, але ми відмічали лише 0,1–1,0 % уражених рослин щорічно.

Особливу увагу в наших дослідженнях було зосереджено на хворобах качанів кукурудзи.

Аналізуючи середні дані стійкості за три роки, ми виявили, що на природному фоні всі зразки були уражені фузаріозом, бактеріозом, біллю та пухирчатою сажкою. Середньозважений показник ураження варіював від 3,5 % до 86,0 %. Найбільш поширеною грибовою хворобою у 2021 і 2022 роках був фузаріоз, а в умовах сухої і теплої осені 2023 р. – бактеріоз, коли ураження зразків становило відповідно 2,0–100,0 %. Зміна сухої погоди на надмірно вологу сприяла розвитку неінфекційного захворювання – біль качанів. Вона значно варіювала і щорічно уражала 40–60 % зразків з балом пошкодження 1–3. Специфічні погодні умови за роки вивчення забезпечили високі рівні інфекційного фону збудників хвороб качана. В цілому за період досліджень найбільш поширеними хворобами виявились біль та бактеріоз, котрі вражали 40–80 % зразків, з ураженням 10–60 % качанів. Фузаріоз качанів відмічено у 70 % зразків із ступенем ураження 10–30 %. Пухирчата сажка була виявлена на 31 % ділянок, з ураженням 1–3 % рослин та качанів на ділянці. Пліснявіння качана відмічалось у понад 20 % зразків за поширення 10–15 %.

Висока індивідуальна стійкість на природному фоні відмічена до ураження збудником: фузаріозу: ОД 302, УХК 605, УХФ 141, ЗК 307/6 (UKR), Bardo des Dombes, F 674 (FRA), Grand Roux Basque, Sponcio (ITA), Oro Friulano (ITA). КУ 11 (RUS); бактеріозу: АТ 632 ВТ 4, АК 149, АК 159 (UKR), ЗК 25, УХК 573, УХС 194 (UKR), 6039-53 (DEU); білі: АК 149, ОВ 1054, УХС 189, УХК 635, (UKR), Maiz Rojo Huelva (ESE); пліснявіння (71 зразок) зокрема: УДС 19, ДК 2323МВ (UKR), TVA 8022 (SVK), АГ 80 ESP та інші (*табл. 3*).

Таблиця 3

Характеристика кращих ліній кукурудзи за груповою стійкістю до хвороб качана на природному фоні, 2021–2023 рр.

| № Національного каталогу | Назва зразка | Походження | Зернова продуктивність 1 росл., г | Маса 1000 зерен | Висота росл., см | К-сть днів від сходів до повної стиглості, дб | Ступінь ураження, % | | | |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|---|---------------------|-----------|------|-------|
| | | | | | | | фузаріоз | бактеріоз | біль | сажка |
| UB0111658 | УХС 149 | UKR | 66 | 350 | 197 | 112 | 5 | 15 | 5 | 0 |
| UDS 02824 | УХК 627 | UKR | 63 | 254 | 142 | 97 | 10 | 10 | 15 | 0 |
| UB0101161 | 6039 - 53 | UKR | 104 | 284 | 190 | 102 | 10 | 10 | 15 | 5 |
| UB0111699 | УДС 18 | UKR | 99 | 305 | 200 | 103 | 5 | 10 | 10 | 0 |
| UB0111595 | УХК 716 | UKR | 56 | 240 | 160 | 102 | 10 | 5 | 10 | 0 |
| UDS 02825 | УЧ 207 | UKR | 35 | 304 | 190 | 99 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| UB0111596 | УХК 717 | UKR | 62,0 | 240 | 157 | 102 | 10 | 15 | 15 | 0 |
| UDS 02826 | УХК 738 | UKR | 41,5 | 288 | 180 | 101 | 15 | 15 | 0 | 0 |
| UB0104026 | TVA 8022 | SVK | 54 | 200 | 149 | 112 | 10 | 15 | 5 | 0 |
| UB0108248 | АК 159 | UKR | 103 | 290 | 170 | 115 | 5 | 5 | 10 | 0 |
| UB0108136 | АК 149 | UKR | 95,5 | 250 | 178 | 103 | 5 | 5 | 3 | 0 |
| UDS 02827 | УХК 573 | UKR | 30 | 290 | 140 | 105 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| UB0102632 | Q 170 | CAN | 97 | 290 | 149 | 101 | 10 | 5 | 0 | 0 |
| UB0111685 | АГ 98 | ESP | 120 | 310 | 198 | 108 | 5 | 10 | 0 | 10 |
| UB0111550 | АГ 15-3030 | ESP | 117 | 280 | 172 | 110 | 10 | 5 | 5 | 0 |
| UB0111687 | LH 185-2 | ESP | 100 | 400 | 173 | 110 | 0 | 10 | 10 | 0 |
| UB0103068 | 4015-26 | DEU | 67 | 304 | 168 | 109 | 0 | 0 | 10 | 0 |
| UB0103482 | FP 19 | FRA | 106 | 264 | 187 | 108 | 5 | 10 | 10 | 0 |
| Ст. | F 7 | FRA | 66 | 260 | 140 | 97 | 30 | 30 | 20 | 0 |
| Ст. | УХ 52 | UKR | 75 | 282 | 168 | 102 | 40 | 50 | 30 | 5 |

Примітки: 10 % – імунність, більше; 50 % – дуже висока сприйнятливість.

Таким чином, за результатами 3-х річного вивчення можна рекомендувати для включення в селекційний процес, як джерела господарсько-цінних ознак та комплексної стійкості до шкідників і хвороб наступні зразки:

– Од 302 (UKR) – середньостигла (вегетаційний період 107 доби), високу та стабільну зернову продуктивність (105,5 г), високу кількість качанів на рослині (1,5 шт.), високий вихід зерна (82,0 %) поєднує з оптимальною висотою рослини (200 см) та придатністю до механізованого збирання (73 см) і стійкістю до комплексу збудників хвороб качана – фузаріозу, бактеріозу та білі на природному фоні;

– Grand Roux Basque (ITA) – (вегетаційний період 115 діб), сорт кременистої, напівзубоподібної кукурудзи, що поєднує стабільну зернову продуктивність (182 г з рослини), довгий качан (20 см), озерненість (560 шт.), високу масу 1000 зерен (380 г), велику кількість качанів на рослині (1,9 шт.), дуже довгу листову пластину (100 см) з високою посухостійкістю в лабораторних та польових умовах та високою стійкістю до фузаріозу качана на природному фоні та стійкістю до кукурудзяного метелика;

– Bardo des Dombes (FRA) – середньо-пізньостиглий (вегетаційний період 116 діб), сорт кременистої кукурудзи, має високу та стабільну зернову продуктивність (233 г з рослини), довгий качан (21 см), високу озерненість (660 шт.), велику кількість качанів на рослині (1,7 шт.), дуже високу масу 1000 зерен (370 г) що поєднується з високою інтенсивністю накопичення сухих речовин в зерні (8,7 г/добу) та стійкістю до кукурудзяного метелика (7 балів);

– Ogo Friulano (ITA) – середньо-пізньостиглий (вегетаційний період 117 діб), сорт кременистої, напівзубоподібної кукурудзи, який високу та стабільну зернову продуктивність (215 г з рослини), довгий качан (20 см), високу озерненість (640 шт.), велику кількість качанів на рослині (1,6 шт.), високу масу 1000 зерен (320 г) поєднує з високою інтенсивністю накопичення сухих речовин в зерні (8,1 г/добу) та стійкістю до кукурудзяного метелика (7 балів).

– УХС 223 (UKR) – середньопізня лінія напівзубоподібної кукурудзи є джерелом високої зернової продуктивності (140 г), довжини качана (18 см), інтенсивності накопичення сухих речовин в зерні (3,9 г/добу), виходу зерна (84 %), багатокачанності (1,9 шт.), що поєднується з високим вмістом каротину (9,78 мг/кг) в зерні. Стійка до пухирчастої сажки (9 б.) та кукурудзяного метелика (7 б.).

– ХА 301 (UKR) – середньопізня (115 діб) лінію зубоподібної кукурудзи є джерелом високої зернової продуктивності (131 г), маси 1000 зерен (295 г), багатокачанності (1,7 шт.), високого виходу зерна (85,1 %), що поєднується з високим вмістом каротину (9,15 мг/кг) в зерні. Придатна до механізованого вирощування, стійка до пухирчастої сажки, кукурудзяного метелика та вилягання рослин (9 б.).

Висновки

В роки досліджень (2021–2023 рр.) мінливі погодні умови дозволили оцінити зразки кукурудзи на стійкість до шкідників і хвороб. За результатами

вивчення 110 зразків кукурудзи в зоні досліджень домінуючими хворобами виявилися: пухирчаста сажка (14 % обстежених зразків з середнім ураженням 0,2 % рослин), летюча сажка (1,5 % обстежених зразків, з середнім ураженням 0,1 % рослин), фузаріоз (70 % зразків з ураженням до 30 % качанів), бактеріоз (64 % зразків з ураженням до 50 % качанів) та біль качанів (54 % зразків з ураженням до 43 качанів).

В наших дослідженнях пошкодження зразків шведською мухою відмічено на рівні 10–82 %, ступінь пошкодження варіював межах від 0,5 до 5 балів. В значній мірі це залежало від погодних умов у період сходів та інтенсивності початкового росту зразка. Кукурудзяним метеликом щорічно пошкоджувалося понад 60 % зразків з середньою чисельністю 1–5 гусениць на рослину. За даними лабораторного обстеження кукурудзяним метеликом пошкоджено до 23 % ділянок з 1–2 качанами на ділянці.

На природному інфекційному та інвазійному фоні були виділені джерела стійкості до місцевих популяцій збудників хвороб рослин і качанів кукурудзи, а також домінуючих фітофагів. Серед них: з індивідуальною стійкістю до пухирчастої сажки – 7 зразків, до кукурудзяного стеблового метелика – 11 зразків, шведської мухи – 9 зразків. Груповою стійкістю до комплексу домінуючих хвороб характеризувались 18 зразків, а комплексною стійкістю до хвороб та кукурудзяного стеблового метелика – 6 зразків.

Виділені джерела стійкості рекомендовано для використання в селекційних програмах наукових установ мережі НААН України.

Конфлікт інтересів





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

References

1. Atila, Ü., Uçar, M., Akyol, K., & Uçar, E. (2021). Plant leaf disease classification using EfficientNet deep learning model. *Ecological Informatics*, 61, 101182. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101182>
2. Chernobai, L. M. (2008). Oznakova kolektsiia – dzherelo vykhidnoho materialu dlia selektsii kukurudzy proty sazhkovykh khvorob v umovakh skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Henetychni Resursy Roslyn*, 5, 147–160. [in Ukrainian]
3. Chernobai, L. M. (2009). Oznakova kolektsiia – dzherelo vykhidnoho materialu dlia selektsii kukurudzy proty fuzarioznykh khvorob ta kukurudzianoho steblovoho metelyka v umovakh skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Henetychni Resursy Roslyn*, 7, 123–134. [in Ukrainian]
4. Chernobai, L. M. (2018). Rozkryty potentsial kukurudzy. *The Ukrainian Farmer*, 11, 13–16. [in Ukrainian]
5. Chernobai, L. M., Petrenkova, V. P., Borovska, I. Yu., & Baranova, V. V. (2011). Vykhidnyi material dlia stvorennia hibrydiv kukurudzy stiikykh proty shkidlyvykh orhanizmiv v umovakh skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Henetychni Resursy Roslyn*, 9, 122–130. [in Ukrainian]
6. Costa, N. V., Cascão, L. M., Santana, P. N., Guedes, M. L., Resende, M. P. M., & Chaves, L. J. (2022). Selection of maize lines and prediction of hybrid and synthetic means using intergroup topcrosses. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 22 (3). <https://doi.org/10.1590/1984-70332022v22n3a34>
7. Dolia, M. M., Moroz, S. Yu., Panchuk, T. V., Pohoiba, V. O., & Polkov, V. S. (2024). Kontrol shkidnykiv za suchasnykh osoblyvostei formuvannia i samorehuliatitsii entomokompleksiv kukurudzy. *Ahrarni Innovatsii*, 26, 29–33. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.4> [in Ukrainian]

8. Golyk, L., & Levchenko, O. (2024). Formation of yield and sowing qualities of hybrid seeds of precocious corn lines. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 102 (7), 55–60. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202407-07> [in Ukrainian]
9. Hurieva, I. A., & Riabchun, V. K. (2007). *Henetychni resursy kukurudzy v Ukraini*. Kharkiv [in Ukrainian]
10. Hurieva, I. A., Riabchun, V. K., & Litun, P. P. (2003). *Metodychni rekomendatsii polovoho ta laboratornoho vyvchennia henetychnykh resursiv kukurudzy*. Kharkiv: PF «Mahda LTD» [in Ukrainian]
11. Kapustian, M. V., Chernobai, L. M., & Sikalova, O. V. (2015). Vykhidnyi material dlia selektsii kukurudzy na stiikist do shkidlyvykh orhanizmiv. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu im. V. V. Doktschaieva. Seriia: Fitopatolohiia ta Entomolohiia*, 1-2, 59–64. [in Ukrainian]
12. Kharchenko, Y. V., Kharchenko, L. Y., Kutsenko, O. M., & Liashenko, V. V. (2020). Selection value of corn variety diversity of Ustyimivka experimental plant growing station collection. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 33–43. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.03>
13. Kharchenko, Yu. V., Kharchenko, L. Ya., Tymchuk, S. M., Pozdniakov, V. V., & Suprun, O. H. (2014). Study of initial material for the maize breeding of food and technical application in the Ustimovskaya crop research station. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 40–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.02.05>
14. Kovalenko, N. P., Holub, O. R., & Shuleshenko, V. A. (2024). Vplyv hidrotermichnykh umov na infikovaniist nasinnia kukuruzy hrybamy rodiv Fusarium i Penicillium. *Mizhnarodna nauk.-prakt. internet-konf. «Suchasni aspekty i tekhnolohii u zakhysti rosllyn»* (pp. 46–50). Poltava [in Ukrainian]
15. Krasyllovets, Yu. H. (2010). *Naukovi osnovy fitosanifitarnoi bezpeky polovykh kultur*. Kharkiv: Mahda LTD [in Ukrainian]
16. Kyrychenko, B. B., Hurieva, I. A., Riabchun, V. K., Kuzmyshyna, N. V., Vakulenko, C. M., & Stepanova, V. P. (2009). *Klasyfikator-dovidnyk vydu Zea mays L.* Kharkiv [in Ukrainian]
17. Hurieva, I. A., Riabchun, V. K., Litun, P. P., Stepanova, V. P., Vakulenko, S. M., Kuzmyshyna, N. V., Kolomytska, V. P., Belkin, O. O. (2003). *Metodychni rekomendatsii polovoho ta laboratornoho vyvchennia henetychnykh resursiv Ukrainy*. Kharkiv [in Ukrainian]
18. Kyrychenko, V. V., & Petrenkova, V. P. (Eds.) (2020). *Osnovy fitosanitarnoi bezpeky v ahrotsenozakh polovykh kultur: navchalnyi posibnyk*. Dnipro: Seredniak T. K. [in Ukrainian]
19. Palamarchuk, V. D., Didur, I. M., Kolisnyk, O. M., & Aliksieiev, O. O. (2020). *Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannia vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho*. Vinnytsia, TOV «Druk» [in Ukrainian]
20. Pedash, T. M., Sudak, V. M., Gyrka, T. V., & Yavdoshenko, M. P. (2021). Resistance of modern maize hybrids to smut diseases in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *The Scientific Journal Grain Crops*, 5 (1), 138–144. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0170>
21. Pospelov, S. V., Pospelova, G. D., Nechiporenko, N. I., Kovalenko, N. P., & Ochrimenko, V. V. (2021). Monitoring corn diseases in Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 37–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.04>
22. Fedorenko, V. P. (Ed.) (2012). *Stratehiia i taktika zakhystu rosllyn. Tom 1 Stratehiia*. Kyiv: Alfa-steviiia [in Ukrainian]
23. Vasylyshyn, S., Vynohradenko, S., & Dyakonov, S. (2022). Potential of maize for grain production in the context of strengthening food security of Ukraine and the world. *Taurida Scientific Herald. Series: Economics*, 12, 10–19. <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.2>

ORCID

- L. Kharchenko  <https://orcid.org/0000-0002-3962-1416>
- G. Pospelova  <https://orcid.org/0000-0002-8030-1166>
- S. Pospelov  <https://orcid.org/0000-0003-0433-2996>
- V. Lisovyi  <https://orcid.org/0009-0007-4503-668X>
- I. Lavrynenko  <https://orcid.org/0009-0001-3684-1122>



2024 Kharchenko L. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Grain yield of corn hybrids depends on their maturity group

S. Yurchenko  | B. Stepanenko | A. Khachaturian

Article info

Correspondence Author

S. Yurchenko

E-mail:

yurchenko-svetlana@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Yurchenko, S., Stepanenko, B., Khachaturian, A. (2024). Grain yield of corn hybrids depends on their maturity group. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 66–71. doi: 10.31210/spi2024.27.04.11

The article presents the results of research on the patterns of corn yield formation depending on the individual characteristics of hybrids, growing conditions and the relationship to the FAO maturity group. Field studies were conducted during 2023–2024 on demonstration crops of corn hybrids in the Poltava region. The object of the research was 16 modern corn hybrids of different maturity groups of the Dekalb selection: 50 % were medium early (FAO 201–300), 37.5 % were medium ripe (FAO 301–400), and 12.5 % were medium late (FAO 401–500). The aim of the research was to determine the influence of maize hybrids of different maturity groups on the formation of yield and pre-harvest grain moisture content in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The maize hybrids used in the research revealed peculiarities of yield formation depending on the maturity group and growing conditions. Corn yields over the years of research varied widely from 9.02 t/ha to 15.28 t/ha. Hybrids of the medium-ripening group were distinguished by the level of yield: DKS 4098 (13.44 t/ha) and DKS 4712 (13.32 t/ha). In terms of pre-harvest moisture content, the lowest index was observed in hybrids: DKS 3402 (16.3 %), DKS 3400 (16.7 %), DKS 3609 (16.6 %), DKS 3805 (16.7 %). The comparative analysis of the average data of 2023–2024 resulted in the identification of maize hybrids characterised by the optimal combination of yield and pre-harvest grain moisture: DCS 3609 (12.16 t/ha; 16.6 %); DCS 3805 (12.64 t/ha; 16.7 %). The analysis of correlation coefficients revealed a weak dependence ($r=+0.1299$) of yield and a significant dependence ($r=+0.3622$) of pre-harvest grain moisture on the FAO index, indicating that the manifestation of these traits depends on the growing conditions and individual characteristics of the studied hybrids. According to the results of the field experiment, it was found that the formation of maize yields depended on the individual characteristics of the hybrid by 40.4 %, and on the weather conditions of the growing season by 31.7 %, on the interaction of the two factors by 24.5 %, and on other factors by 3.4 %.

Keywords: corn for grain, hybrids, grain yield, FAO index, pre-harvest grain moisture.

Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від їх групи стиглості

С. О. Юрченко | Б. В. Степаненко | А. Е. Хачатурян

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті наведено результати досліджень щодо вивчення закономірностей формування урожайності кукурудзи залежно від індивідуальних особливостей гібридів, умов вирощування та відношення до групи стиглості (FAO). Польові дослідження проводилися упродовж 2023–2024 рр., на демонстраційних посівах гібридів кукурудзи на зерно в умовах Полтавської області. Об'єктом досліджень слугували 16 сучасних гібридів кукурудзи різних груп стиглості селекції Dekalb: 50 % склали середньоранні (FAO 201–300), 37,5 % – середньостиглі (FAO 301–400), 12,5 % – середньопізні (FAO 401–500). Метою досліджень було встановити вплив особливостей гібридів кукурудзи різних груп стиглості на формування урожайності та передзбиральної вологості зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України. Використані в дослідженнях гібриди кукурудзи виявили особливості формування урожайності залежно від групи стиглості та умов вирощування. Урожайність кукурудзи за роки досліджень варіювала в досить широкі межі від 9,02 т/га до 15,28 т/га. За рівнем урожайності було виділено гібриди середньостиглої групи: ДКС 4098 (13,44 т/га) і ДКС 4712 (13,32 т/га). За рівнем передзбиральної вологості найнижчий показник мали гібриди: ДКС 3402 (16,3 %), ДКС 3400 (16,7 %), ДКС 3609 (16,6 %), ДКС 3805 (16,7 %). В результаті порівняльного аналізу середніх даних 2023–2024 рр. виділено гібриди кукурудзи, які характеризувалися оптимальним поєднанням урожайності і передзбиральної вологості зерна: ДКС 3609 (12,16 т/га; 16,6 %); ДКС 3805 (12,64 т/га; 16,7 %). Аналізом коефіцієнтів кореляції було встановлено: слабку залежність ($r=+0,1299$) урожайності та помітну залежність ($r=+0,3622$) передзбиральної вологості зерна від показника FAO, що вказує на залежність прояву цих ознак від умов вирощування та індивідуальної особливості досліджуваних гібридів. За результатами польового дослідження, було встановлено, що формування урожайності кукурудзи на 40,4 % залежало від індивідуальної особливості гібриду і на 31,7 % від погодних умов року вегетації, на 24,5 % від взаємодії двох факторів, та на 3,4 % від інших факторів.

Ключові слова: кукурудза на зерно, гібриди, урожайність зерна, показник FAO, передзбиральна вологість зерна.

Бібліографічний опис для цитування: Юрченко С. О., Степаненко Б. В., Хачатурян А. Е. Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від їх групи стиглості. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 66–71.

Вступ

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з сільсько-господарських культур, яка вирішує питання сталого зерновиробництва. Зерно кукурудзи використовують на продовольчі цілі, технічні, на корм тваринам. Кукурудзі призначається вирішальна роль в майбутньому, адже за даними ФАО і Організації співпраці та розвитку, спостерігається суттєве збільшення споживання зернових, за якого 70 % становить кукурудза. [7].

Важливим чинником сучасних технологій вирощування кукурудзи на зерно є використання інноваційних гібридів, що забезпечує підвищення урожайності на 50–80 % [9]. Наукові дослідження та виробничий досвід свідчать про високий потенціал культури, який використовується на 40–50 %, адже є цілком досяжним одержання урожайності сучасних гібридів на рівні 16–18 т/га [14]. Проте реалізацію потенціалу гібридів кукурудзи стримує низька стабільність урожайності в різних агроекологічних зонах. Великі матеріальні і енергетичні витрати за вирощування кукурудзи на зерно спонукають до наукового обґрунтування основних елементів технології з урахуванням групи стиглості гібридів та ґрунтово-кліматичних умов [7, 11].

Для одержання високої врожайності кукурудзи на зерно необхідно враховувати багато факторів, зокрема і належність до групи ФАО. Перша цифра показника показує на належність гібриду до визначеної групи стиглості (ранньостиглої, середньостиглої та інших), друга – на відношення за тривалістю вегетації всередині групи. Що дозволить легко підібрати групу стиглості гібриду кукурудзи для кожного регіону з урахуванням розподілу за тривалістю вегетаційного періоду та суми середньодобових ефективних температур, що потрібні для повного дозрівання культури [3,4].

Слід відмітити, що в Україні вирощують гібриди, які за класифікацією ФАО відносяться до п'яти груп стиглості, що відрізняються між собою господарсько-цінними ознаками та технологією вирощування. Використовуючи ці дані, можна провести порівняльний аналіз асортименту і скласти план вирощування для господарства.

Відомо, що сівбу кукурудзи розпочинають за температури ґрунту +8–12 °С. Досягнення конкретної фази росту і розвитку рослин забезпечується сумою ефективних температур. Зокрема для ранньостиглих видів вона дорівнює 90–1000 °С, для пізньостиглих – 1250–1300 °С. Тобто, в південних і південно-східних регіонах України можна культивувати гібриди різної групи стиглості, в той час як для західних областей та Полісся підходять тільки ранньостиглі гібриди кукурудзи на зерно [6].

Під час вибору гібриду необхідно враховувати, що чим вищий показник ФАО тим довший вегетаційний період і вищий потенціал урожайності. Однак нестача волиги в ґрунті та високі температури під час активного росту знижують продуктивність гібридів. Тому в зонах недостатнього зволоження, сонячної інсоляції та тепла не доцільно вирощувати середньопізні та пізньостиглі [20].

Загально відомо, що чим менше значення ФАО, тим раніше рослини дозрівають і швидше віддають вологу. Особливо це важливо за культивування гібридів кукурудзи на зерно. Також, слід враховувати, що пізні різновиди характеризуються вищим генетичним потенціалом за врожайністю порівняно з ранньостиглими. Тому, оптимальним є вирощування гібридів із різними індексами стиглості, що дозволить варіювати термінами сівби та збирання врожаю [9].

Існує правило, дотримання якого сприяє отриманню максимальної продуктивності кукурудзи на зерно: структура посівних площ має включати 50 % полів засіяних гібридами, які відповідають умовам зони вирощування, 25 % –ранньостиглими гібридами, 25 % – гібридами, які характеризуються пізніми термінами дозрівання. Такий розподіл сприятиме зниженню погодних ризиків, вчасно зібрати врожай та знизити навантаження на збиральну сільськогосподарську техніку, бо строки досягання зерна будуть різними [8].

Зважаючи на ґрунто-кліматичні умови в різних зонах землеробства, для вирощування у південно-східних і південних степових районах для вирощування підходять гібриди від ранньостиглих до середньопізніх; у Лісостепі і центральних районах – гібриди від ранньостиглих до середньостиглих; у західних областях і Поліссі – гібриди від ранньостиглих до середньоранніх [18, 19].

Необхідно не лише ознайомитися з офіційними характеристиками гібридів, але і вивчити дані про демонстраційні посіви в агрокліматичній зоні, що цікавить. Це дозволяє об'єктивно оцінити врожайність, швидкість вологовіддачі та особливості росту і розвитку рослин, що допомагає зробити більш обґрунтований вибір [15].

Однак, крім суми ефективних температур, в різних кліматичних зонах розрізняються і інші фактори, такі як довжина світлового дня, кількість опадів, розподіл температур в період вегетації [6, 10, 12]. Таким чином, враховуючи індивідуальні особливості, індекс ФАО не завжди може повністю охарактеризувати гібрид кукурудзи.

Швидкість вологовіддачі є одним з ключових при виборі гібридів кукурудзи. Здатність зерна віддавати вологу в польових умовах допомагає скоротити витрати на обмолот і сушку, що економить засоби і час. Зокрема, за однакового значення ФАО у одного гібриду зерно дозріває швидше, ніж стебло і листя, а у іншого дозрівання відбувається рівномірно по всій рослині [1].

На інтенсивність вологовіддачі впливають:

- щільність, товщина і швидкість старіння обгорткового листка качана (чим тонші і менш щільні, тим швидше зерно висихає);
- щільність і товщина серцевини качана (чим тонша і рихла, тим швидше віддається волога;
- погодні умови (зниження температури повітря і підвищення вологості повітря уповільнюють процес вологовіддачі);
- тип зерна (у зубовидного типу зерна вологовіддача починається пізніше, але проходить швидше;

у зубовидно-кременистого – вологовіддача починається раніше, але проходить повільніше) [16].

Звичайно сільськогосподарські виробники прагнуть до отримання високої урожайності кукурудзи і всі зусилля направлені на збільшення вирішального показника – маси зерна з одиниці площі. Існують відомі способи підвищення врожайності: забезпечення сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами, високий рівень агротехніки і вибір гібриду. Проте в цих загальних підходах ховається безліч деталей. Досягнення високого прибутку з гектара неможливе без урахування біологічних особливостей гібридів кукурудзи. Для отримання стабільних щорічних урожаїв не варто покладатися виключно на хороші погодні умови. Також не можна бути впевненим, що один і той же гібрид щороку даватиме високу урожайність [14].

Незважаючи на те, що питанню вивчення формування урожайності та передзбиральної вологості зерна залежно від групи стиглості гібридів кукурудзи присвячена велика кількість польових дослідів у різних ґрунтово-кліматичних зонах, однак актуальність не зникає у наслідок щорічної реєстрації нових гібридів, яким характерна різна реакція на фактори зовнішнього середовища регіону культивування.

Мета дослідження

Мета дослідження – з'ясувати вплив особливостей гібридів кукурудзи різних груп стиглості на формування урожайності та передзбиральної вологості зерна в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження – дослідити особливості формування урожайності та передзбиральної вологості зерна залежно від групи стиглості досліджуваних гібридів кукурудзи.

Матеріали і методи

Дослідження проводили упродовж 2023–2024 рр., на демонстраційних посівах гібридів кукурудзи на зерно в умовах Полтавської області.

Об'єктом досліджень слугували 16 сучасних гібридів кукурудзи різних груп стиглості селекції Dekalb.

Всі фактори в досліді максимально подібні. Дослід закладено на одному полі з вирівняним рельєфом, тип ґрунту – чорнозем звичайний малогумусний середньосуглинковий. Вміст гумусу в шарі 0–20 см становив 3,9 %. Вміст: азоту, що легко гідролізується – 17,8 мг/кг, фосфору – 75 мг/кг, обмінного калію – 136 мг/кг, сірки – 12 мг/кг ґрунту. Насиченість основами: К – 2 %, Са – 71 %, Mg – 11 %. Велика кількість кальцію в ґрунтовому поглинаючому комплексі сприяла підтримці нейтральної реакції ґрунтового розчину, рН при цьому складав 6,8–7,1. Ґрунт характеризувався високим рівнем забезпеченості мікроелементами: Zn – 0,75 мг/кг, Fe – 60,8 мг/кг, Mn – 24,4 мг/кг, Cu – 0,76 мг/кг, В – 0,64 мг/кг. Щільність ґрунту – 1,06–1,19 г/см³. Фізична стиглість ґрунту наставала за вологості 30–35 %.

Клімат зони, де знаходилися демопосіви, помірно-континентальний з характерним нестійким зво-

женням, холодною зимою та жарким, а нерідко посушливим літом.

Метеорологічні умови у роки досліджень суттєво різнилися, що позначилося на ріст і розвиток рослин кукурудзи, а отже і на їх рівень врожайності та передзбиральну вологість. Однак, це дало можливість більш повно виявити особливості реакції досліджуваних гібридів кукурудзи на умови вирощування в даній ґрунтово-кліматичній зоні.

Технологія вирощування кукурудзи передбачала використання основних агротехнічних заходів та прийомів направлених на створення оптимальних умов росту і розвитку рослин кукурудзи. Досліди проводилися відповідно до загальноприйнятої методики ведення польових дослідів у землеробстві та рослинництві [13]. Повторність чотириразова. Посівна площа кожного гібриду складала 625 м², облікова – 490 м². Урожайність визначали методом суцільного обліку з перерахунком на стандартну вологість 14 %. Збиральну вологість зерна кукурудзи визначали методом вимірювання зміни маси при висушуванні відібраних середніх зразків по кожному варіанті досліду.

Отримані дані підлягали статистичній обробці за допомогою програми 'Statistica 6,0'. Застосовували кореляційний і дисперсійний аналізи [17].

Результати та їх обговорення

Перед аграріями, які вирощують кукурудзу, досить часто постає питання: яким гібридам надати перевагу, адже Реєстр сортів рослин України постійно поновлюється новими з покращеними господарсько-цінними ознаками.

Нами було досліджено 16 гібридів кукурудзи на зерно селекції Dekalb, серед яких 50 % склали середньоранні (ФАО 201–300), 37,5 % – середньостиглі (ФАО 301–400), 12,5 % – середньопізні (ФАО 401–500) (рис. 1).

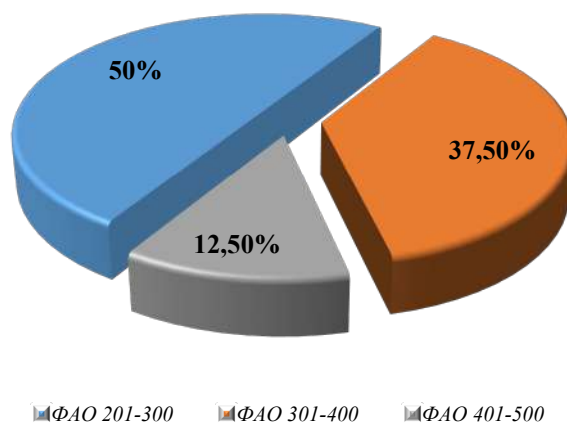


Рис. 1. Структурний розподіл досліджуваних гібридів кукурудзи за групою стиглості

Отже, за результатами досліджень встановлено, що урожайність кукурудзи значною мірою залежить від реакції генотипу на умови вирощування та групи їх стиглості (табл. 1).

Урожайність кукурудзи за роки досліджень варіювала в досить широких межах від 9,02 т/га (ДКС 3710, 2024 р.) до 15,28 т/га (ДКС 4098 2024 р.).

При цьому коефіцієнт варіювання склав 18,1 %, що вказує на середній ступінь мінливості ознаки.

Таблиця 1

Урожайність гібридів кукурудзи на зерно залежно від групи стиглості, (2023–2024 рр.) т/га

| Група стиглості | Гібрид | ФАО | Роки | | Середня за 2023–2023 рр. |
|------------------------------|----------|-----|-------|-------|--------------------------|
| | | | 2023 | 2024 | |
| Середньоранні | ДКС 3402 | 230 | 11,95 | 9,82 | 10,89 |
| | ДКС 3400 | 240 | 13,74 | 10,08 | 11,91 |
| | ДКС 3609 | 260 | 14,51 | 9,84 | 12,16 |
| | ДКС 3796 | 270 | 13,87 | 10,00 | 11,94 |
| | ДКС 3805 | 280 | 14,89 | 10,39 | 12,64 |
| | ДКС 3730 | 280 | 13,87 | 10,27 | 12,07 |
| | ДКС 3710 | 290 | 14,12 | 9,02 | 11,57 |
| | ДКС 3972 | 300 | 14,93 | 10,66 | 12,79 |
| Середня урожайність по групі | | | 13,99 | 10,01 | 11,99 |
| Середньостиглі | ДКС 4098 | 310 | 15,28 | 11,6 | 13,44 |
| | ДКС 4109 | 320 | 13,87 | 10,74 | 12,31 |
| | ДКС 4391 | 350 | 15,06 | 10,82 | 12,94 |
| | ДКС 4598 | 360 | 14,72 | 10,59 | 12,66 |
| | ДКС 4712 | 370 | 15,23 | 11,41 | 13,32 |
| | ДКС 4897 | 380 | 13,61 | 10,86 | 12,24 |
| Середня урожайність по групі | | | 14,63 | 11,00 | 12,82 |
| Середньопізні | ДКС 5075 | 410 | 15,15 | 8,83 | 11,99 |
| | ДКС 5206 | 420 | 14,81 | 10,2 | 12,51 |
| Середня урожайність по групі | | | 14,98 | 9,52 | 12,25 |
| НІР _{0,05} | | | 1,67 | 0,54 | - |

Погодні умови в роки проведення досліджень характеризувалися певними особливостями, що впливало на ріст і розвиток рослин гібридів кукурудзи.

За вегетаційний період 2023 року., сума опадів складала на 372,5 мм, а середня температура повітря перевищувала норму на 1,5 °С. Гідротермічний коефіцієнт дорівнював 1,09.

Урожайність кукурудзи за даних умов варіювала від 11,95 т/га до 15,28 т/га. За групами стиглості досліджувана ознака варіювала таким чином: середньоранні гібриди – 1,95–14,93 т/га, середньостиглі – 13,61–15,28 т/га, середньопізні – 14,81–15,15 т/га. Найбільш урожайною була середньопізня група гібридів, середнє значення урожайності якої складало 14,98 т/га. За умов НІР_{0,05} = 1,87 т/га істотно вищу урожайність мали середньостиглі гібриди: ДКС 4098 (15,28 т/га), ДКС 4391 (15,06 т/га), ДКС 4712 (15,23 т/га) та середньопізній гібрид ДКС 5075 (15,15 т/га).

Погодні умови 2024 року були не типовими і характеризувалися підвищеною середньою температурою повітря на 2,3 °С та меншою кількістю опадів, яка становила 156,7 мм. Гідротермічний коефіцієнт – 0,67. Урожайність гібридів кукурудзи була суттєво нижчою порівняно з 2023 роком і коливалася від 8,83 т/га до 11,6 т/га. За групами стиглості прослідковувалося наступне варіювання: для середньоранніх гібридів – 9,02–10,66 т/га, середньостиглих – 10,59–11,6 т/га, середньопізніх – 10,2–10,2 т/га. Найбільш урожайною була середньо-стигла група гібридів, середнє значення показника було на рівні 11,0 т/га. За умов НІР_{0,05} = 0,61 т/га сформувавали істотно вищу урожайність гібриди: в середньоранній групі – ДКС 3805 (10,39 т/га), ДКС 3972 (10,66 т/га); у середньостиглій групі – ДКС 4098 (11,6 т/га), ДКС 4712 (11,41 т/га); у середньопізній ДКС 5206 (10,2 т/га).

Існує твердження про тісний взаємозв'язок між тривалістю вегетаційного періоду, тобто групою стиглості за ФАО та рівнем урожайності посівів кукурудзи на зерно. Однак, багатьма дослідниками даного взаємозв'язку не було виявлено, що пояснюється індивідуальною реакцією гібридів на погодні умови протягом вегетації рослин кукурудзи.

Кореляційна залежність урожайності гібридів кукурудзи від ФАО представлена на **рисунку 2**.

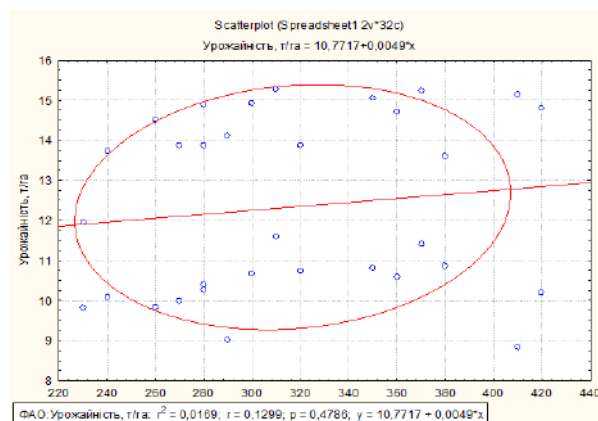


Рис. 2. Залежність урожайності від ФАО гібридів кукурудзи.

Якщо проаналізувати рівень урожайності досліджуваних гібридів кукурудзи в розрізі тривалості вегетаційного періоду (показник ФАО), то цю ознаку можна описати рівнянням: $y = 10,7717 + 0,0049 \cdot x$. Коефіцієнт кореляції при цьому становить + 0,1299, що відповідає, згідно з шкалою Чеддока, слабкій залежності урожайності від групи стиглості (ФАО) гібридів кукурудзи. Фактично це означає, що в умовах досліджується не

суттєве зростання рівня продуктивності гібридів кукурудзи із збільшенням показника ФАО, що пояснюється індивідуальною реакцією гібридів на погодні умови протягом вегетації.

Зважаючи на те, що в умовах Лісостепу України є проблема поєднання високої урожайності з низькою передзбиральною вологістю зерна кукурудзи, нами було розглянуто особливості досліджуваних гібридів за показником передзбиральної вологості зерна.

Варіювання вологості зерна було зумовлено також і гідротермічними умовами, які склалися в роки

проведення досліджень наприкінці вегетації гібридів. За випадання великої кількості атмосферних опадів у фазі повної стиглості зерна у 2023 році його вологість була досить високою і варіювала від 16,7 до 20,8 %. Найвища вологість зерна була відмічена у середньостиглої групи, середнє значення якої складало 19,3 %, а найнижча – у середньоранньої – 17,6 %. 2024 рік відмічався відсутністю опадів в період формування і досягання зерна, тому вологість була нижчою і варіювала від 15,6 до 17,2 % (*табл. 2*). Суттєвої різниці між групами стиглості гібридів не спостерігалось.

Таблиця 2

Передзбиральна вологість зерна гібридів кукурудзи на зерно залежно від групи стиглості, (2023–2024 рр.), %

| Група стиглості | Гібрид | ФАО | Роки | | Середня за 2023–2023 рр. |
|-----------------------------------|----------|-----|-------------|-------------|--------------------------|
| | | | 2023 | 2024 | |
| Середньоранні | ДКС 3402 | 230 | 16,9 | 15,6 | 16,3 |
| | ДКС 3400 | 240 | 16,8 | 16,5 | 16,7 |
| | ДКС 3609 | 260 | 16,7 | 16,5 | 16,6 |
| | ДКС 3796 | 270 | 18,0 | 16,5 | 17,3 |
| | ДКС 3805 | 280 | 17,0 | 16,4 | 16,7 |
| | ДКС 3730 | 280 | 17,9 | 17,2 | 17,6 |
| | ДКС 3710 | 290 | 17,9 | 16,8 | 17,4 |
| | ДКС 3972 | 300 | 19,2 | 16,9 | 18,1 |
| <i>Середня вологість по групі</i> | | | <i>17,6</i> | <i>16,6</i> | <i>17,1</i> |
| Середньостиглі | ДКС 4098 | 310 | 18,4 | 17,2 | 17,8 |
| | ДКС 4109 | 320 | 19,8 | 16,9 | 18,4 |
| | ДКС 4391 | 350 | 19,4 | 16,2 | 17,8 |
| | ДКС 4598 | 360 | 18,1 | 16,9 | 17,5 |
| | ДКС 4712 | 370 | 19,3 | 16,7 | 18,0 |
| | ДКС 4897 | 380 | 20,8 | 16,2 | 18,5 |
| <i>Середня вологість по групі</i> | | | <i>19,3</i> | <i>16,7</i> | <i>18,0</i> |
| Середньопізні | ДКС 5075 | 410 | 18,8 | 16,3 | 17,6 |
| | ДКС 5206 | 420 | 19,2 | 16,7 | 18,0 |
| <i>Середня вологість по групі</i> | | | <i>19</i> | <i>16,5</i> | <i>17,8</i> |
| НІР _{0,05} | | | 0,19 | 0,21 | - |

За середніми даними по досліді найменшою передзбиральною вологістю зерна характеризувалися гібриди: середньоранньою групи – ДКС 3402 (16,3 %), середньостиглої групи – ДКС 4598 (17,5 %), середньопізньої – ДКС 5075 (17,6 %).

Кореляційна залежність рівня передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи від ФАО представлена на *рисунку 3*.

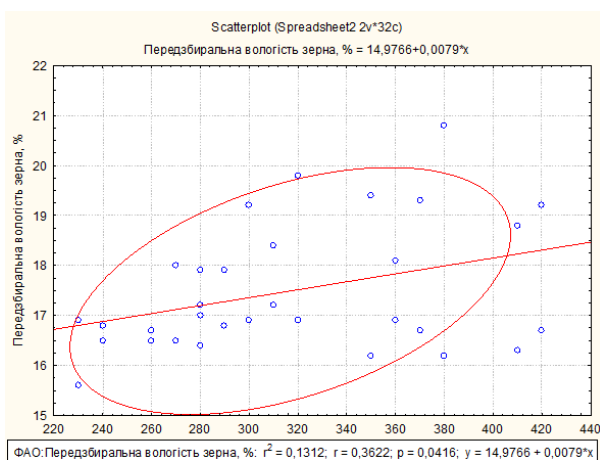


Рис. 3. Залежність передзбиральної вологості зерна від ФАО гібридів кукурудзи

Якщо проаналізувати рівень передзбиральної вологості зерна досліджуваних гібридів кукурудзи в розрізі тривалості вегетаційного періоду(показник

ФАО), то цю ознаку описується рівнянням: $y=14,9766+0,0079 \cdot x$. Коефіцієнт кореляції при цьому становить: + 0,3622 що відповідає, згідно з шкалою Чеддока, помітній залежності передзбиральної вологості від групи стиглості (ФАО) гібридів кукурудзи. Отже, в умовах досліді спостерігається зростання рівня передзбиральної вологості зерна гібридів кукурудзи із збільшенням показника ФАО.

Результати двофакторного дисперсійного аналізу з визначенням частки впливу досліджуваних факторів на урожайність кукурудзи відображено на *рисунку 4*.

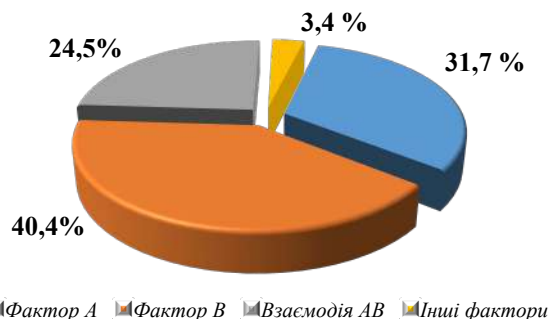


Рис. 4. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність кукурудзи: фактор А – умови вегетації, фактор В – гібрид.

Найбільш істотний вплив на формування рівня урожайності кукурудзи мав фактор В (особливості

гібриду), частка впливу складала 40,4 %, тоді як частка впливу умов вегетації складала 31,7 %. Зафіксовано також суттєвий вплив взаємодії досліджуваних чинників – 24,5 %. Інші фактори не мали істотного впливу на формування урожайності кукурудзи.

Висновки

В результаті порівняльного аналізу середніх даних 2023–2024 рр. виділено гібриди кукурудзи, які характеризувалися оптимальним поєднанням урожайності і передзбиральної вологості зерна: ДКС 3609 (12,16 т/га; 16,6 %); ДКС 3805 (12,64 т/га; 16,7 %).

За аналізом кореляційних залежностей було встановлено слабку залежність ($r=+0,1299$) урожайності та помітну залежність ($r=+0,3622$) передзбиральної вологості зерна від групи стиглості (ФАО) гібридів кукурудзи.

За результатами польового дослідження, було встановлено, що формування урожайності кукурудзи на 40,4 % залежало від індивідуальної особливості гібриду і на 31,7 % від погодних умов року вегетації, на 24,5 % – від взаємодії двох факторів, та на 3,4 % – від інших факторів.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні закономірностей формування урожайності і якості зерна гібридів кукурудзи залежно від впливу погодних умов у взаємозв'язку з агротехнічними заходами.

Конфлікт інтересів




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

References

1. Bazilenko, E. O., & Marchenko, T. Yu. (2024). Biometric indicators of innovative corn hybrids of different FAO groups at different sowing times in the conditions of the Northern Steppe. *Agrarian Innovations*, 24, 15–23. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.2>
2. Balabukh, V. O. (2019). Vplyv zminy klimatu na formuvannya urozhainosti kukurudzy v ahroklimatychnykh zonakh Ukrainy. *Hidrolohiia, Hidrokhimii i Hidroekolojiia*, 3, 103–104. [in Ukrainian]
3. Bahan, A. V., Shakalii, S. M., & Yurchenko, S. O. (2022). Formation of productive potential of maize hybrids by maturity groups. *Agrarian Innovations*, 13, 7–11. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1>
4. Bahan, A. V., Shakaliy, S. M., Yurchenko, S. O., Ivashchenko, V. M., Barabolia, O. V., & Pokotylo, A. V. (2022). Formation of biometric indicators and yield level of corn hybrids by maturity groups. *Interagency Thematic Scientific Collection «Irrigated Agriculture»*, 77, 5–8. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1>
5. Gangur, V. V., Yeremko, 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>

6. Voloshchuk, O., Voloshchuk, I., Hlyva, V., & Pashchak, M. (2019). Biological requirements of corn hybrids to growing conditions in the western Forest-Steppe. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 65, 22–36. [https://doi.org/10.32636/01308521.2019-\(65\)-3](https://doi.org/10.32636/01308521.2019-(65)-3)
7. Kryvenko, A. I., & Martkoplshvili, M. M. (2020). Peculiarities of corn yield formation depending on the influence of elements of growing technology. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 201–209. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.230241>
8. Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Yu., Nuzhna, M. V., & Bodenko, N. A. (2018). Models of corn hybrids of different maturity groups FAO 150–490 for irrigated conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14 (1), 58–65. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126508>
9. Liubych, V. V. (2020). Productivity formation of various maize hybrids. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 1 (97), 32–44. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-97-1-32-44>
10. Marenych, M., & Koba, K. (2024). The impact of tillage on the yield of maternal lines of maize hybrids. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 19–23. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.03>
11. Milenko, O. H., Solod, I. S., Mohylat, P. H., Hryn, M. E., & Veherenko, V. S. (2020). Effectiveness of post-emergence herbicides application on areas of corn grown for grain. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 86–92. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.10>
12. Mishchenko, O., Hanhur, V., & Danilenko, Y. (2024). Productivity formation of maize hybrids depending on plant density in the conditions of Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 16–21. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.03>
13. Lebid, Ye. M., Tsykov, V. S., Pashchenko, Yu. M., & Shevchenko, M. S. (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu*. Dnipropetrovsk [in Ukrainian]
14. Mokriienko, V. (2015). Adaptivni hibrydy kukurudzy Roots Power dlia posushlyvykh umov. *Zerno*, 10 (115), 54–56. [in Ukrainian]
15. Palamarchuk, V. D., Didur, I. M., Kolisnyk, O. M., & Aliksieiev, O. O. (2020). *Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho*. Vinnytsia, TOV «Druk» [in Ukrainian]
16. Skakun, O. O., & Marchenko, T. Yu. (2023). Yield and harvesting moisture of seeds of the parent line components of corn hybrids depending on sowing dates. *Agrarian Innovations*, 19, 94–99. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.15>
17. Ushkarenko, V. O., Nikishenko, V. L., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2009). *Dyspersiyni i koreliatsiyni analiz rezultativ polovykh doslidiv: monohrafiia*. Kherson: Ailan [in Ukrainian]
18. Shtukin, M. O., & Onychko, V. I. (2013). Osoblyvosti pidboru hibrydiv kukurudzy dlia umov Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 11 (26), 121–217. [in Ukrainian]
19. Yakunin, O. P., & Kotchenko, M. V. (2007). Zernova produktyvnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid umov vyroshchuvannya. *Visnyk Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 2, 13–16. [in Ukrainian]
20. Vozhehova, R., Lavrynenko, Y., Marchenko, T., Piliarska, O., & Sharii, V. (2022). Water consumption and efficiency of irrigation of maize hybrids of different FAO groups in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 65 (1), 603–613. Retrieved from: https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2022/issue_1/Art87.pdf

ORCID

- S. Yurchenko  <https://orcid.org/0000-0002-5812-3877>
B. Stepanenko  <https://orcid.org/0009-0004-5669-642X>
A. Khachaturian  <https://orcid.org/0009-0002-1714-9912>



2024 Yurchenko 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 competitiveness of soybean plants against weeds depending on the timing of sowing and the rate of sowing

M. Shevnikov¹ | I. Lotysh²

Article info

Correspondence Author

M. Shevnikov

E-mail:

shevnikov@ukr.net

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

² Separated Structural unit Agrarian-Economic Professional College Poltava State Agrarian University,
18, Skovorody str.,
Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Shevnikov, M., & Lotysh, I. (2024). The competitiveness of soybean plants against weeds depending on the timing of sowing and the rate of sowing. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 72–78. doi: 10.31210/spi2024.27.04.12

The influence of weeds is one of the factors limiting the achievement of high soybean yields. The aim of this work was to assess the dependence of the development of the weed component in soybean crops depending on terms of sowing and seed sowing rate. Field experiments were conducted on three soybean varieties, Romantika, Ustya and Vorskla, during 2018–2020. According to the results of the research, it was found that the number of weeds per 1 sq.m during the emergence period fluctuated greatly: during early sowing terms within the limits of 287–374, optimal – 197–244, late – 155–185. The calculated coefficients of crop competitiveness and harmfulness of weed groups in crops make it possible to correctly assess the situation regarding the stability of cultivated plants in agrophytocoenoses. It is noted that the criterion for the justified use of protective agents should be the competitive relationship between cultivated plants and weeds. Calculations of the coefficients of competitiveness of crops and harmfulness of weeds help to correctly assess the stability of agrophytocoenoses. It was found that with an increase in the density of soybean crops, its resistance to weeds increases. In particular, the coefficient of competitiveness at a sowing rate of 0,5–0,6 mln/pcs. of similar seeds per 1 hectare was 1.10–1.16 (row sowing, 15 cm), and at a denser sowing (0,7–0,8 mln/pcs.) it increased to 1.34–1.55 and 1.61–2.00, respectively. The sowing rate turned out to be a more important factor for soybean yield than the sowing method. The optimal conditions were sowing 0,7 mln/pcs. of similar seeds per 1 hectare, which ensured the highest efficiency of area use. It was determined that the soybean yield compared to the minimum sowing rate of 0,5 mln/hectare of similar seeds was higher by: 25 % with the usual row sowing method (2.05 t/he); by 23.2 % with the wide-row sowing method with row spacing of 45 cm (1.91 t/he); by 26.9 % with strip sowing (1.98 t/he). It was proven that increasing the sowing rate to 0,8 mln/pcs. of similar soybean seeds per 1 hectare did not contribute to a significant increase in crop yield. It was found that late intervention in weed control causes crop loss.

Keywords: soybean, weeds, competitiveness, sowing rate, sowing time.

Конкурентоспроможність рослин сої до бур'янів залежно від строків сівби та норми висіву

М. Я. Шевніков¹ | І. І. Лотиш²

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Відокремлений структурний підрозділ «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»,
м. Полтава, Україна

Вплив бур'янів є одним із факторів, що обмежує досягнення високої врожайності сої. Метою даної роботи було оцінити залежність розвитку бур'янового компонента в посівах сої залежно від строку сівби і норми висіву насіння. Польові досліді проводили на трьох сортах сої Романтика, Устя та Ворскла впродовж 2018–2020 років. За результатами досліджень виявлено, що кількість бур'янів на 1 м² в період появи сходів дуже коливалась: за ранньої сівби в межах 287–374, оптимальної – 197–244, пізньої – 155–185. Розраховані коефіцієнти конкурентоспроможності посівів і шкідливості бур'янистих угруповань у посівах дають можливість правильно оцінити ситуацію щодо стійкості культурних рослин в агрофітоценозах. Зазначено, що критерієм обґрунтованого застосування засобів захисту повинні стати конкурентні відносини між культурними рослинами і бур'янами. Розрахунки коефіцієнтів конкурентоздатності посівів і шкідливості бур'янів допомагають коректно оцінити стійкість агрофітоценозів. Виявлено, що за збільшення густоти посівів сої підвищується її стійкість до бур'янів. Зокрема, коефіцієнт конкурентоспроможності за норми висіву 500–600 тис./шт. схожих насінин на 1 га становив 1,10–1,16 (суцільна рядкова сівба, 15 см), а за густішого висіву (700–800 тис./шт.) зростав до 1,34–1,55 і 1,61–2,00 відповідно. Норма висіву виявилася важливішим фактором для врожайності сої, ніж спосіб сівби. Оптимальними умовами виявився висів 700 тис./шт. схожих насінин на 1 га, що забезпечило найвищу ефективність використання площі. Визначено, що врожайність сої в порівнянні з мінімальною нормою висіву 500 тис./га схожих насінин була вищою на: 25 % при звичайному рядковому способі сівби (2,05 т/га); на 23,2 % при широкорядному способі сівби з міжряддями 45 см (1,91 т/га); на 26,9 % при стрічковому посіві (1,98 т/га). Доведено, що підвищення норми висіву до 800 тис./шт. схожих насінин сої на 1 га не сприяло суттєвому підвищенню врожайності культури. Виявлено, що пізніє втручання у боротьбу з бур'янами викликає втрату врожаю.

Ключові слова: соя, бур'яни, конкурентоспроможність, строк сівби, норма висіву.

Бібліографічний опис для цитування: Шевніков М. Я., Лотиш І. І. Конкурентоспроможність рослин сої до бур'янів залежно від строків сівби та норми висіву. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 72–78.

Вступ

Бур'янові угруповання є постійним супутником людини з часу виникнення землеробства, спричиняючи значні втрати врожаю та потребуючи додаткових ресурсів (матеріальних і трудових) для контролю їх чисельності [1]. Бур'яни є компонентами агрофітоценозів, будучи сильними конкурентами культурних рослин за фактори життя, часто знижують врожайність сої (*Glycine max* L.) до 52 % [2, 3]. У науковій літературі наводяться різні результати щодо критичного періоду їхнього впливу на зростання та розвиток сої [4, 5].

З екологічної та біологічної точок зору бур'яни мають право на існування, оскільки кожен вид є унікальним генотипом, а його втрата зменшує біорізноманіття [6, 7]. У сучасному землеробстві концепція регулювання чисельності бур'янів поступово змінює уявлення про їх роль в агрофітоценозах. Необхідно відзначити, що раніше панівна концепція передбачала знищення бур'янів, тоді як наразі широке розповсюдження отримала нова концепція, що включає необхідність регулювання їх чисельності [8]. Вирішальною засадою щодо цього є зростаюча небезпека забруднення пестицидами навколишнього середовища. Економічна доцільність полягає у не допущенні їх масового розповсюдження до екологічно безпечних меж, оскільки бур'яни стають небезпечними не своєю наявністю в посівах або видовим різноманіттям, а високою чисельністю [9, 10].

При плануванні та проведенні захисних заходів в технології вирощування сої беруть до уваги життєву стійкість самих культурних рослин, конкурентоспроможність їх посівів за певних ґрунтово-кліматичних умов, зокрема проти найбільш шкідливих бур'янів [11]. Недостатнє вдосконалення таких заходів ускладнює підсилення стійкості культур і зменшення впливу бур'янів. Ефективність гербіцидів доцільно оцінювати через конкурентні взаємодії між культурами та бур'янами, з орієнтацією на екологічний поріг шкідливості [12, 13].

Відомо, що за широкого використання в посівах сільськогосподарських культур хімічних засобів боротьби, у тому числі й гербіцидів, не завжди вдається досягти позитивного результату. Нерідко це завдає різкого погіршення оптимальній біологічній рівновазі природного середовища [14].

Аналіз літературних джерел показав, що під конкуренцією рослин розуміють, в основному, пасивне змагання одних особин з іншими за основні фактори життя – воду, світло, елементи мінерального живлення [6, 15]. Зустрічаються навіть радикальні погляди, що конкуренція – це зміни середовища, спричинені безпосереднім використанням рослинами матеріально-енергетичних ресурсів, які знаходяться в мінімумі. Це призводить до принципу зворотного зв'язку – зміни стану самих конкуруючих рослин [16, 17].

Автори по-різному трактують значення терміну конкурентоспроможності. Оцінюючи та аналізуючи суть різних понять, прийшли до висновку, що під конкурентоспроможністю розуміють, насамперед, конкурентну потужність і конкурентну толерантність [18–20]. Конкурентна потужність визначає властивість виду

рослинного ресурсу здійснювати відповідний вплив на зовнішнє середовище. Конкурентна толерантність – це властивість існування та відновлюваності в умовах режиму фітоценотичної конкуренції, забезпечуючи формування господарського цінного врожаю [21].

Проблема конкурентоспроможності особливо актуальна по відношенню до сої, так-як для неї властивий повільний початковий ріст і розвиток, а також порівняно невелика висота рослин. Відомо, що довгий період співіснування між культуурою та бур'янами часто спричиняє вагомий негативний вплив на формування врожаю культурної рослини [14, 22]. Ще один важливий момент, який слід згадати, це, ймовірно, більш значний вплив, який конкуренція бур'янів справляє на сорти раннього циклу, де період співіснування та час співіснування можуть впливати на потенціал врожайності культури [3, 23].

Отже, шкода від конкуренції бур'янів у посівах сої може бути різною залежно від сорту та відносної групи стиглості. Враховуючи величезну різноманітність сортів сої щодо тривалості вегетаційного періоду та доступних для вирощування, при держуємося гіпотези, що вони можуть мати чіткий конкурентний потенціал із бур'янами, а також різні рівні чутливості до втручання, створеного угрупованням бур'янів.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає в оцінці залежності розвитку бур'янового компонента в посівах сої з урахованням строку сівби і норми висіву насіння.

Завдання дослідження:

- дослідити вплив вологості ґрунту в період сівби на забур'яненість посівів сої за роки досліджень;
- визначити врожайність насіння сої залежно від способу сівби, норми висіву та бур'янів;
- проаналізувати залежність площі живлення однієї рослини залежно від способів сівби та норми висіву;
- визначити вплив способу сівби і норм висіву на польову схожість насіння, збереження рослин до збирання, врожайність насіння сої й елементи структури врожаю.

Матеріали і методи

Ми вивчали стійкість посівів сої до бур'янів в наступних варіантах: чистий від бур'янів посів сої та посів сої з природною забур'яненістю. Польові досліді проводили на трьох сортах сої Романтика, Устя та Ворскла. Досліджували вплив ширини міжрядь та норми висіву на кількість і масу бульбочок та урожайність насіння. Розмір дослідних ділянок становив 25 м², насіння кожного сорту висівали в рядки з міжряддями 15 або 45 см і з нормами висіву 0,5, 0,6, 0,7 і 0,8 млн насінин/га. Експерименти проводилися з 26 квітня по 10 травня 2017 року та повторювалися три рази протягом однакової тривалості впродовж 2018, 2019 та 2020 років. Середні температури та кількість опадів за досліджуваний період становили: 2017 рік – 13,4 °С, 7,35 мм; 2018 – 18,3 °С,

5,05 мм; 2019 – 15,6 °С, 6,08 мм; 2020 – 15,1 °С, 12,9 мм. Грунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений середньосуглинковий із вмістом гумусу 3,7 %, рН = 5,6.

Масу та кількість бульбочок для кожного сорту визначали тричі – після утворення бульбочок (1-й відбір – через 35 днів після появи сходів) та в період активної азотфіксації (2-й і 3-й відбори – 45 та 55 день після появи сходів). У дозрілому стані збирання насіння проводили зерновими комбайнами Sampo (Sampo-Rosenlew, Порі, Фінляндія). Урожайність насіння та зелену масу визначали за пробами, відібраними з площі 1 м² з кожного поля. Статистичну обробку проводили за допомогою програм Microsoft Excel та Statistica [26, 27, 28].

Для оцінювання цих відмінностей між варіантами досліду нами використаний показник, який отримав назву *коефіцієнт конкурентоспроможності посівів (K_к)*. Для його визначення використовували формулу:

$$K_k = \frac{Y_{лс} \cdot (m_{чс} - m_{сл})}{(Y_{ч} - Y_{лс}) \cdot m_{сл}}, [1]$$

де: Y_ч – урожайність сої у чистому посіві, т/га;
Y_{лс} – урожайність сої у посівах з фактичною забур'яненістю, т/га;
m_{чс} – сира надземна маса бур'янів з постійних дослідних ділянок фактичного забур'янення, г/м²;
m_{сл} – сира надземна маса бур'янів в посівах сої, г/м².

Після невеликої перебудови формула [1] може бути використана для розрахунку коефіцієнта шкідливості бур'янистих угруповань:

$$K_{ш} = \frac{m_{сл} \cdot (Y_{ч} - Y_{лс})}{(m_{чс} - m_{сл}) \cdot Y_{лс}}, \text{ або } K_{ш} = \frac{1}{K_k}, [2]$$

де: Y_ч – урожайність сої у чистому посіві, т/га;
Y_{лс} – урожайність сої у посівах з фактичною забур'яненістю, т/га;
m_{чс} – сира надземна маса бур'янів з постійних дослідних ділянок природного забур'янення, г/м²;
m_{сл} – сира надземна маса бур'янів в посівах сої, г/м².

Зворотній взаємозв'язок між цими показниками свідчить про об'єктивно існуючу біологічну рівновагу в агрофітоценозах, при якій будь-яке посилення в них конкурентоспроможності культурного компонента неминуче призводить до послаблення шкідливості бур'янистого компоненту, або навпаки, посилення конкурентоспроможності бур'янів спричиняє негативний вплив на культурні рослини, що проявляється значним зниженням продуктивності сої.

Результати та їх обговорення

На всіх ділянках досліду формувалась сильна забур'яненість, при якій без застосування ефективних заходів регулювання чисельних бур'янів неможливо одержати високу врожайність сої. Ділянки досліду, на яких зберігалась природна забур'яненість посівів,

мали середню кількість бур'янів: у 2018 р. – 208 шт./м², у 2019 р. – 197 шт./м² і в 2020 р. – 244 шт./м². Таку строкатість щодо кількісного складу бур'янів ми пов'язуємо з різними умовами температурного режиму та вологості ґрунту по роках (рис. 1).

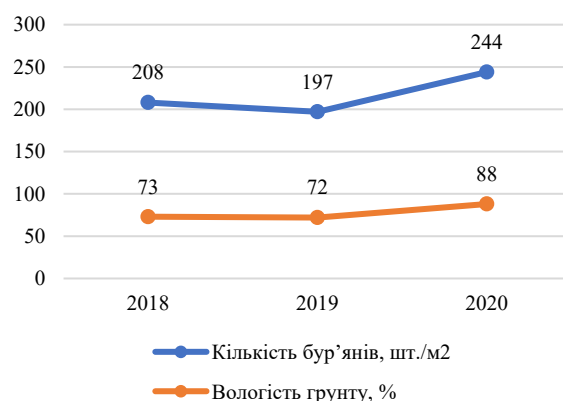


Рис. 1. Вплив вологості ґрунту в період сівби на забур'яненість посівів сої у різні роки дослідження

Досліджуючи вплив способу сівби сої на забур'яненість, встановили незначне збільшення її за рядкової сівби, але якоїсь залежності в цьому виявлено не було. Більш суттєвий вплив здійснювало збільшення норми висіву сої. Спостерігалось суттєве зменшення кількості бур'янів за збільшення густоти рослин. Коефіцієнти конкурентоспроможності посівів і шкідливості бур'янистих угруповань у посівах дають можливість правильно оцінити ситуацію щодо стійкості культурних рослин в агрофітоценозах і вибрати відповідні методи ефективної боротьби з бур'янами. Значення коефіцієнта конкурентоспроможності наглядно підтверджує, що при збільшенні норми висіву стійкість посіву сої до бур'янів підвищувалась (табл. 1). Значення цього коефіцієнта при сівбі 500–600 тис./га схожих насінин дорівнювало 1,10–1,16 (суцільний рядковий посів, 15 см). У добре розвинених посівах з більшою густрою рослин сої величина коефіцієнта була більшою і складала відповідно 1,34–1,55 і 1,61–2,00. Отримані експериментальні дані мають незаперечні докази того, що в порівняно розвинених посівах з оптимальною густрою рослин, соя здатна конкурувати з бур'янами.

На ділянках з природною забур'яненістю посівів протягом всього вегетаційного періоду ріст і розвиток рослин був суттєво стійким і конкурував з бур'янами, забезпечивши отримання врожаю зерна на рівні 1,53–1,63 т/га. Вивчення способів сівби і норм висіву показало, що тривалість періоду посів-сходи залежала від погодних умов весняного періоду і коливалась в межах від 11 до 18 днів. Цвітіння сої спостерігалось в середньому через 40–45 днів, повне досягання – через 100–110 днів. Норма висіву та спосіб сівби практично не впливали на зміну міжфазних періодів і тривалості вегетації в цілому. Характерна пряма залежність, яка вказує на підвищення польової схожості насіння в середньому на 2,5–6,5 % за збільшеної норми висіву.

Таблиця 1

Урожайність насіння сої залежно від способу сівби, норми висіву та бур'янів (середнє за 2018–2020 рр.)

| Спосіб посіву | Норма висіву, шт./га | Урожайність, т/га | Зниження врожайності від бур'янів | | Коефіцієнт конкурентоздатності | Коефіцієнт шкідливості бур'янів |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | | т/га | % | | |
| Посіви сої без бур'янів | | | | | | |
| Звичайний рядковий, 15 см | 500 | 2,12 | – | – | – | – |
| | 600 | 2,48 | – | – | – | – |
| | 700 | 2,67 | – | – | – | – |
| | 800 | 2,78 | – | – | – | – |
| Широкорядний, з міжряддями 45 см | 500 | 2,02 | – | – | – | – |
| | 600 | 2,22 | – | – | – | – |
| | 700 | 2,48 | – | – | – | – |
| | 800 | 2,34 | – | – | – | – |
| Посіви сої з фактичною забур'яненістю | | | | | | |
| Звичайний рядковий, 15 см | 500 | 1,05 | 1,07 | 50,5 | 1,10 | 0,99 |
| | 600 | 1,33 | 1,15 | 46,3 | 1,16 | 0,86 |
| | 700 | 1,53 | 1,14 | 42,6 | 1,34 | 0,74 |
| | 800 | 1,69 | 1,09 | 39,2 | 1,55 | 0,64 |
| Широкорядний, з міжряддями 45 см | 500 | 1,09 | 0,93 | 46,0 | 1,17 | 0,85 |
| | 600 | 1,29 | 0,92 | 46,1 | 1,40 | 0,71 |
| | 700 | 1,53 | 0,95 | 38,3 | 1,61 | 0,62 |
| | 800 | 1,56 | 0,78 | 33,3 | 2,00 | 0,50 |
| NIP ₀₅ | | 0,12 | 0,08 | | | |

Норма висіву насіння більше, ніж спосіб сівби, впливала на величину урожайності сої. Більш сприятливі умови для формування врожаю ранньостиглих сортів сої створюються із зменшенням ширини міжрядь. При цьому відстань між рослинами у рядку збільшується, наближаючись до геометричної

фігури квадрата. Це дозволяє їх надземним і підземним органам максимально використовувати фактори зовнішнього середовища для підвищення загальної продуктивності посівів. Найбільш продуктивним у цьому відношенні є звичайний рядковий посів з міжряддями 15 см (рис. 2).

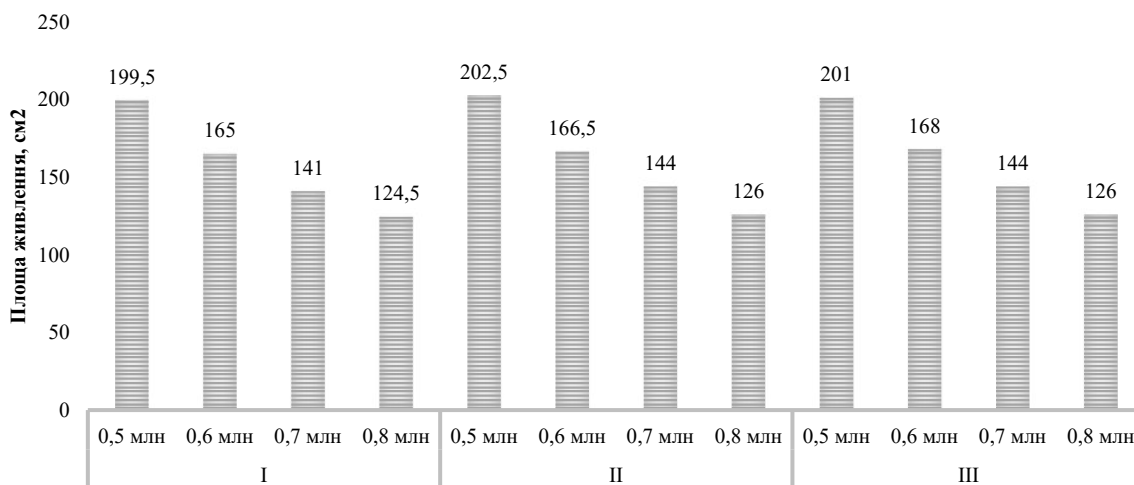


Рис. 2. Способи сівби сої та відповідна площа живлення однієї рослини залежно від норми висіву: I – звичайний рядковий, 15 см; II – широкорядний, з міжряддями 45 см, III – стрічковий 45x15 см; норми висіву: а – 500; б – 600; в – 700; г – 800 тис./га схожих насінин

У загущених посівах за збільшеної норми висіву виживаність рослин погіршувалась через взаємне затінення, конкуренцію за поживні речовини і вологу. Рослини витягувались, їхні стебла були тонкими з меншою кількістю листків, квіток і бобів. У посіві загострювалась конкуренція, особливо за дефіциту вологи в період цвітіння, формування бобів і наливання насіння.

У зріджених посівах було характерним сильне гілкування за збільшеної кількості вегетативних і генеративних органів. Індивідуальна продуктивність таких рослин висока, але з одиниці площі живлення

вона була меншою, ніж за оптимальної площі живлення рослин. За таких умов вирощування боби розташовуються близько до поверхні ґрунту, що ускладнює процес збирання врожаю та збільшує втрати насіння. Середня врожайність зерна сої впродовж трьох років демонструє певний вплив умов формування врожаю залежно від способу сівби: при зменшенні ширини міжрядь від 45 до 15 см, отже значить створенні кращих умов освітлення для ранньостиглих сортів сої, спостерігалось збільшення врожайності з 1,74 до 1,92 т/га (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив способу сівби і норм висіву на польову схожість насіння та збереження рослин до збирання (середнє за 2018–2020 рр.)

| Спосіб сівби | Норма висіву, тис./га | Польова схожість насіння, % | Рослин на 1 м ² | | Збереженість рослин до збирання, % |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------------------|
| | | | повні сходи | перед збиранням | |
| Звичайний рядковий, 15 см | 500 | 82 | 41 | 37 | 92 |
| | 600 | 84 | 50 | 44 | 88 |
| | 700 | 86 | 60 | 51 | 85 |
| | 800 | 87 | 70 | 58 | 83 |
| Ширококорядний, з міжряддями 45 см | 500 | 86 | 43 | 38 | 88 |
| | 600 | 88 | 53 | 46 | 87 |
| | 700 | 87 | 61 | 5 | 87 |
| | 800 | 89 | 71 | 60 | 84 |
| Стрічковий, 45×15 см | 500 | 85 | 43 | 39 | 91 |
| | 600 | 87 | 52 | 47 | 90 |
| | 700 | 87 | 61 | 53 | 87 |
| | 800 | 88 | 70 | 59 | 84 |
| НІР ₀₅ | | 4,0 | 3,2 | 3,1 | 3,8 |

Найкращі умови для зростання та розвитку сої та формування врожаю склалися при сівбі 700 тис./га схожих насінин (табл. 3). Урожайність сої була вищою на 25 % за звичайної рядкової сівби (2,05 т/га), за ширококорядної сівби, 45 см – на 23,2 % (1,91 т/га) і

за стрічкової сівби – на 26,9 % (1,98 т/га) в порівнянні з мінімальною нормою висіву 500 тис./га (відповідно способу сівби 1,64, 1,55 та 1,56 т/га). Збільшення норми висіву до 800 тис./га схожих насінин не сприяло суттєвому підвищенню врожаю.

Таблиця 3

Вплив способу сівби та норми висіву насіння на урожайність насіння сої

| Спосіб сівби | Норма висіву, тис./га | Урожайність, т/га | | | |
|---------------------------|-----------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| | | 2018 р. | 2019 р. | 2020 р. | середня |
| Звичайний рядковий, 15 см | 500 | 1,93 | 0,97 | 2,03 | 1,64 |
| | 600 | 2,07 | 1,12 | 2,54 | 1,91 |
| | 700 | 2,08 | 1,20 | 2,88 | 2,05 |
| | 800 | 1,96 | 1,43 | 2,80 | 2,06 |
| Ширококорядний, 45 см | 500 | 1,57 | 0,96 | 2,13 | 1,55 |
| | 600 | 1,60 | 1,05 | 2,45 | 1,70 |
| | 700 | 1,84 | 1,21 | 2,68 | 1,91 |
| | 800 | 1,91 | 0,90 | 2,60 | 1,80 |
| Стрічковий, 45×15 см | 500 | 1,66 | 0,89 | 2,12 | 1,56 |
| | 600 | 1,78 | 0,92 | 2,64 | 1,78 |
| | 700 | 2,11 | 1,07 | 2,75 | 1,98 |
| | 800 | 1,90 | 0,93 | 2,78 | 1,87 |
| НІР _{0,5} | | 0,18 | 0,06 | 0,21 | |

Серед чинників, які визначають рівень урожайності, ключовими є висота рослин і висота прикріплення нижніх бобів (табл. 4). Висота рослин варіювала залежно від способу сівби, причому для звичайного рядкового посіву вона була значно нижчою, ніж за інших методів. Найменша висота рослин за рядкової сівби спостерігалась при висіві 500 тис./га схожих насінин (63,5 см). Збільшення

норми висіву призводило до поступового зростання висоти рослин: 66,3 см для 600 тис./га, 69,1 см – для 700 тис./га, і 73,5 см – для 800 тис./га схожих насінин. Подібна закономірність спостерігалась і для інших способів сівби. Це пояснюється посиленням внутрішньовидової конкуренції в густіших посівах, що викликало взаємне пригнічення рослин і стимулювало їх вертикальний ріст.

Таблиця 4

Вплив способів сівби і норми висіву на елементи структури врожаю сої (середнє за 2018–2020 рр.)

| Спосіб сівби | Норма висіву, тис./га схожих насінин | Висота рослин, см | Висота прикріплення нижніх бобів, см | Кількість на одну рослин | | Маса 1000 насінин, г | Маса насінин з 1 рослини, г |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|---------|----------------------|-----------------------------|
| | | | | бобів | насінин | | |
| Звичайний рядковий, 15 см | 500 | 63,5 | 6,5 | 24,9 | 47,5 | 171 | 6,2 |
| | 600 | 66,3 | 10,8 | 22,0 | 45,2 | 164 | 6,0 |
| | 700 | 69,1 | 15,2 | 21,2 | 42,8 | 157 | 5,6 |
| | 800 | 73,5 | 16,7 | 20,5 | 40,2 | 153 | 5,0 |
| Ширококорядний, 45 см | 500 | 65,2 | 8,4 | 22,2 | 45,9 | 168 | 5,7 |
| | 600 | 74,4 | 12,3 | 21,4 | 43,4 | 163 | 5,2 |
| | 700 | 76,3 | 16,4 | 20,5 | 40,5 | 159 | 5,0 |
| | 800 | 76,4 | 16,1 | 19,6 | 37,4 | 157 | 4,2 |
| Стрічковий, 45×15 см | 500 | 64,0 | 8,3 | 22,8 | 46,3 | 167 | 5,6 |
| | 600 | 70,2 | 10,2 | 20,3 | 44,0 | 165 | 5,3 |
| | 700 | 70,5 | 12,7 | 21,2 | 41,8 | 157 | 5,2 |
| | 800 | 74,4 | 15,3 | 20,4 | 39,9 | 155 | 4,5 |
| НІР _{0,5} | | 4,5 | 0,8 | 0,7 | 1,8 | 8,7 | 0,5 |

Густота посівів безпосередньо впливала як на висоту рослин, так і на висоту прикріплення нижніх бобів, що суттєво впливає на рівень втрат при зборі врожаю. Збільшення норми висіву з 500 до 800 тис./шт. схожих насінин на 1 га за суцільної сівби сприяло підвищенню висоти прикріплення бобів від 6,5 до 16,7 см; для широкорядного способу (45 см) цей показник зростав з 8,4 до 16,1 см, а для стрічкового – з 8,3 до 15,3 см. У розріджених посівах основна частина врожаю формується на нижньому ярусі, що призводить до нахилу гілок і підвищення втрат під час збирання. У загущених посівах спостерігається зменшення кількості бокових пагонів, стебло стає тоншим, що спричиняє полягання рослин. Оптимальне співвідношення зазначених параметрів необхідне для досягнення максимальної врожайності. Дослідження показали, що найбільша кількість бобів (22,2–24,9 шт.) і насінин (45,9–47,5 шт.) на рослині спостерігалась за мінімальної норми висіву. Маса 1000 насінин залежала не лише від сорту, а й від способу сівби, норми висіву та погодних умов. Найраціональнішою виявилась норма висіву 700 тис./шт. схожих насінин на 1 га, що забезпечувала оптимальне співвідношення показників урожайності.

Висновки

За результатами досліджень доцільно зазначити, що раціональна просторово-структурна організації посівів сприяє рівномірному розміщенню рослин і підвищенню їх конкурентоздатності щодо бур'янів. Забур'яненість посівів залежала від строків сівби та норми висіву: за ранніх термінів сівби кількість бур'янів становила 287–374 шт./м², оптимальної – 197–244, пізньої – 155–185. Пізня сівба супроводжувалась дефіцитом вологи в ґрунті, через що відбувалось зниження густоти рослин на 10–15 %. Збільшення норми висіву сої до 700–800 тис./шт. схожих насінин на 1 га сприяло зростанню коефіцієнта конкурентоспроможності сої до 1,34–1,55 і 1,61–2,00 відповідно, а за норми сівби 500–600 тис./шт. схожих насінин на 1 га цей показник складав 1,10–1,16 (суцільний рядковий посів, 15 см). Найвищу врожайність (2,05 т/га) отримано за умови звичайної рядкової сівби (45 см) за норми 700 тис./шт. схожих насінин на 1 га. Збільшення норми висіву до 800 тис./шт. не дало істотного приросту врожаю.

Перспективи подальших досліджень направлені на вивчення та встановлення взаємозв'язків росту та розвитку культурних рослин сої та бур'янової складової в агрофітоценозах, підвищенню конкурентоспроможності культурних рослин за рахунок агротехнічних прийомів, зменшення пестицидного навантаження і збереження бур'янів як виду та невід'ємної складової біорізноманіття живої природи.

Конфлікт інтересів

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

References

- Gharde, Y., Singh, P. K., Dubey, R. P., & Gupta, P. K. (2018). Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. *Crop Protection*, 107, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.01.007>
- Soltani, N., Dille, J. A., Burke, I. C., Everman, W. J., VanGessel, M. J., Davis, V. M., & Sikkema, P. H. (2016). Potential corn yield losses from Weeds in North America. *Weed Technology*, 30 (4), 979–984. <https://doi.org/10.1614/wt-d-16-00046.1>
- Chauhan, B. S. (2020). Grand challenges in weed management. *Frontiers in Agronomy*, 1. <https://doi.org/10.3389/fagro.2019.00003>
- Knake, E. L. (1992). Weed control for soybean in the nineties. *Pest Management in Soybean*, 360–368. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2870-4_38
- Braz, G. B. P., Oliveira, R. S., Zobiolo, L. H. S., Rubin, R. S., Voglewede, C., Constantin, J., & Takano, H. K. (2017). Sumatran fleabane (*Conyza sumatrensis*) control in no-tillage soybean with diclosulam plus halauxifen-methyl. *Weed Technology*, 31 (2), 184–192. <https://doi.org/10.1017/wet.2016.28>
- Soltani, N., Dille, J. A., Burke, I. C., Everman, W. J., VanGessel, M. J., Davis, V. M., & Sikkema, P. H. (2017). Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America. *Weed Technology*, 31 (1), 148–154. <https://doi.org/10.1017/wet.2016.2>
- Whish, J. P. M., Herrmann, N. I., White, N. A., Moore, A. D., & Kriticos, D. J. (2015). Integrating pest population models with biophysical crop models to better represent the farming system. *Environmental Modelling & Software*, 72, 418–425. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.10.010>
- Shevnikov, M. Ia. (2018). *Svitovi ahrotekhnologii : navchalnyi posibnyk*. Poltava: Vydavnytstvo Poltava [in Ukrainian]
- Singh, M., Kaur, S., & Chauhan, B. S. (2020). Weed Interference Models. *Decision Support Systems for Weed Management*, 117–142. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44402-0_6
- Colbach, N., Colas, F., Cordeau, S., Maillot, T., Queyrel, W., Villerd, J., & Moreau, D. (2021). The FLORSYS crop-weed canopy model, a tool to investigate and promote agroecological weed management. *Field Crops Research*, 261, 108006. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.108006>
- Berger, S. T., Ferrell, J. A., Rowland, D. L., & Webster, T. M. (2015). Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) competition for water in cotton. *Weed Science*, 63 (4), 928–935. <https://doi.org/10.1614/ws-d-15-00062.1>
- Wyche, L. V. (2019) 2019 Survey of the most common and troublesome weeds in broadleaf crops, fruits & vegetables in the United States and Canada. *Weed Science Society of America National Weed Survey Dataset*. Retrieved from: https://wssa.net/wp-content/uploads/2019-Weed-Survey_broadleaf-crops.xlsx
- Wyche, L. V. (2020) 2020 Survey of the most common and troublesome weeds in grass crops, pasture and turf in the United States and Canada. *Weed Science Society of America National Weed Survey Dataset*. Retrieved from: https://wssa.net/wp-content/uploads/2020-Weed-Survey_grass-crops.xlsx
- Pannacci, E., Tei, F., & Guiducci, M. (2018). Evaluation of mechanical weed control in legume crops. *Crop Protection*, 104, 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.014>
- Little, N. G., DiTommaso, A., Westbrook, A. S., Ketterings, Q. M., & Mohler, C. L. (2021). Effects of fertility amendments on weed growth and weed-crop competition: a review. *Weed Science*, 69 (2), 132–146. <https://doi.org/10.1017/wsc.2021.1>
- Braz, G. B. P., Cruvinel, A. G., Caneppele, A. B., Takano, H. K., Silva, A. G. D., & Oliveira Júnior, R. S. D. (2021). Sourgrass interference on soybean grown in Brazilian Cerrado. *Revista Caatinga*, 34 (2), 350–358. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n211rc>

17. Ribeiro, V. H. V., Oliveira, M. C., Smith, D. H., Santos, J. B., & Werle, R. (2021). Evaluating efficacy of preemergence soybean herbicides using field treated soil in greenhouse bioassays. *Weed Technology*, 35 (5), 830–837. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.22>
18. Seixas, C. D. S., Neumaier, N., Balbinot Júnior, A. A., Krzyzanowski, F. C., & Leite, R. M. V. B. C. (2021). *Tecnologias de produção de soja: região Central do Brasil*. Londrina, PR: Embrapa Soja
19. Nakagawa, J. (1999). Vigor tests based on seedling performance. In F. C. Krzyzanowski, R. D. Vieira, N. J. B. França (Eds.), *Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes* (pp. 1–24). Londrina, Brazil: ABRATES
20. Guglielmini, A. C., Verdú, A. M. C., & Satorre, E. H. (2016). Competitive ability of five common weed species in competition with soybean. *International Journal of Pest Management*, 63 (1), 30–36. <https://doi.org/10.1080/09670874.2016.1213459>
21. Barbosa, M. C., Braccini, A. L., Scapim, C. A., Albrecht, L. P., Piccinin, G. G., & Zucareli, C. (2013). Agronomic performance and yield components of soybean cultivars in two sowing dates in caiaá sandstone. *A Revista Semina: Ciências Agrárias*, 34, 945–960.
22. Ottavini, D., Pannacci, E., Onofri, A., Tei, F., & Kryger Jensen, P. (2019). Effects of light, temperature, and soil depth on the germination and emergence of *Conyza canadensis* (L.) Cronq. *Agronomy*, 9 (9), 533. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090533>
23. Silva, A. G., Martins, P. D. S., Carmo, E. L., Procópio, S. O., Lobo, C. L. A., Caldas, J. V., & Ferreira, J. J. C. (2021). Influence of row spacing and plant population on a soybean cultivar with indeterminate growth habit. *Nucleus*, 18, 43–61.

ORCID

M. Shevnikov 

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

I. Lotysh 

<https://orcid.org/0000-0003-0373-6630>



2024 Shevnikov M. and Lotysh 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.

Feed and food quality of potato varieties

O. Antonets¹ | T. Kupriianova² | M. Antonets¹

Article info

Correspondence Author

O. Antonets

E-mail:

apisaaa61@gmail.com

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

² Institute for Potato Research of NAAS of Ukraine,
22 Chkalova str., Nemis-haevе, Bucha distr., Kyiv region, 07853, Ukraine

Citation: Antonets, O., Kupriianova, T. & Antonets, M. (2024). Feed and food quality of potato varieties. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 79–83. doi: 10.31210/spi2024.27.04.13

Potato is an important feed, food and technical crop in the world. The biological value of potatoes as animal feed and a food product is determined by the content of starch and crude protein in the tubers. Starch from tubers is easily absorbed by the human body and is broken down into simple sugars. In addition, potato starch is well absorbed by animals and is characterized by high digestibility. Proteins of potatoes are more biologically complete than proteins of other crops, including winter wheat. They contain all eight essential amino acids. The purpose of the research is to determine the feed and food quality indicators of potato varieties. The relevance of the study lies in the evaluation of potato varieties by biochemical indicators for the use of the best varieties in the food industry, as well as for the use of some varieties in animal feeding. The varieties taken for the study were Aria, Tyras, Skarbnytsia, Shchedryk, Cimperia, Fotinia, Tradition, Knyahynya, Myroslava, Slavyanka, Strumok, and Sluch. These varieties were created at the Institute of Potato Research of the NAAS, where their food and feed quality were assessed on average for 2021–2023. Biochemical analysis of tubers included determination of dry matter by drying to constant mass. Starch content was determined by polarimetric method. Ascorbic acid content was determined by titration. Carotenoid content was determined by spectrophotometric method. As a result of laboratory analysis of tubers, the Kimmeriya variety had a high content of ascorbic acid and a high content of carotene. The Myroslava variety had high indicators of crude protein content, starch content and carotene content. These varieties are recommended for use in animal feeding. The Sluch variety had the highest dry matter content and a high content of carotene in tubers. This variety has good culinary properties, including taste and smell. Therefore, tubers of the Sluch variety with good economically valuable characteristics can be widely used for food purposes, especially for chips and French fries.

Keywords: potato varieties, dry matter, starch, crude protein, carotenoids, vitamin C.

Кормова і харчова якість сортів картоплі

O. A. Антонець¹ | Т. М. Купріянова² | М. О. Антонець¹

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Інститут картоплярства НААН України,
сmt Немішаєве, Україна

Картопля є важливою кормовою, харчовою і технічною культурою в світі. Біологічна цінність картоплі як корму для тварин і продукту харчування визначається вмістом у бульбах крохмалю і сирого протеїну. Крохмаль бульб легко засвоюється в організмі людини і розщеплюється на прості цукри. Також картопляний крохмаль добре засвоюється тваринами і характеризується високою перетравністю. Білки картоплі за біологічною повноцінністю переважають білки інших культур, у тому числі озимої пшениці. Вони містять усі вісім незамінних амінокислот, Метою досліджень є визначення показників кормової і харчової якості сортів картоплі. Актуальність дослідження полягає в оцінці сортів картоплі за біохімічними показниками для використання кращих сортів у харчовій промисловості, а також для використання деяких сортів у годівлі тварин. Для дослідження було взято сорти Арія, Тирас, Скарбниця, Щедрик, Кіммерія, Фотинія, Традиція, Княгиня, Мирослава, Слов'янка, Струмоч, Случ. Ці сорти створені в Інституті картоплярства НААН, де й проводилася їх оцінка на харчову і кормову якість у середньому за 2021–2023 роки. Біохімічний аналіз бульб включав визначення сухих речовин шляхом висушування до постійної маси. Вміст крохмалю визначався поляриметричним методом. Вміст аскорбінової кислоти визначався титруванням. Вміст каротиноїдів визначався спектрофотометричним методом. У результаті лабораторного аналізу бульб сорт Кіммерія мав високий вміст аскорбінової кислоти і високий вміст каротину. Сорт Мирослава мав високі показники за вмістом сирого протеїну, вмістом крохмалю і вмістом каротину. Ці сорти рекомендовано використовувати для годівлі тварин. Сорт Случ мав у бульбах найвищий вміст сухої речовини і високий вміст каротину. Цей сорт має гарні кулінарні властивості, включаючи смак і запах. Тому бульби сорту Случ із гарними господарсько цінними ознаками можуть бути широко використаними на харчові цілі, особливо для чіпсів і картоплі фрі.

Ключові слова: сорти картоплі, суха речовина, крохмаль, сирій протеїн, каротиноїди, вітамін С.

Бібліографічний опис для цитування: Антонець О. А., Купріянова Т. М., Антонець М. О. Кормова і харчова якість сортів картоплі. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 79–83.

Introduction

The potato is an important feed, food and technical crop in the world. O. Krupa notes that "in the absence of a significant improvement in the standard of living, a constant increase in the prices of meat, fish and dairy products, potatoes will continue to be the "second bread" for Ukrainians [1]. M. Pysarev, T. Levkivska and H. Bandurenko claim that "potatoes are a relatively cheap raw material, a traditional and favorite culture for the population of Ukraine" [2]. This plant came to Ukraine in the 18th century. At first it was planted in Kharkiv and Poltava provinces, and starting from 1742 it began to be grown in Podilsk, Volyn and Kyiv provinces.

H. Myronova writes that "about 300 varieties of potatoes are grown in agricultural enterprises, farms, gardens, summer cottages. About 200 of them were entered in the State Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine in different years. The vast majority of varieties (50 %) are of Ukrainian selection, and the rest are from the Netherlands, Germany, the Czech Republic and other countries" [3]. V. Semenchuk notes that "growing potatoes in almost all regions of Ukraine contributes to the creation and introduction into production of varieties of domestic breeding, which belong to different groups of ripeness, directions of cultivation and have unequal potential for adaptability to the soil and climatic conditions of our country" [4].

L. Sereda and A. Misiulia note that "annual production of potatoes is 20–23 million tons" [5], and in 2023 potato harvest in Ukraine was 21.2 million tons per area of 1.18 million hectares. In 2024 Ukraine has reduced the production of certified seed potatoes by 40 %. Although A. Artiukh, O. Bezsmertna, D. Melnyk note that "according to the results of the analysis of the volume of production and the area used for potatoes during 2017–2020, it was found that the rate of increase in the volume of potato harvesting exceeds the rate of growth of the area, which means an increase in the level of productivity" [6]. "In terms of production, it ranks fourth among the world's main food crops after rice, wheat and corn and contains all the substances necessary for maintaining human life" [7].

The biological value of potatoes as animal feed and a food product is determined by the content of starch and crude protein in the tubers. The tubers contain dry matter, up to 3% protein, about 1% fiber, 0.2–0.3 % fat, 0.8–1 % ash and vitamins C, B, PP, K and carotenoids. The share of potassium is 568 mg per 100 g of the product. The main component of dry matter is starch that accumulates in tubers in the form of grains of various sizes. The starch content of different varieties ranges from 9 to 24 % of the raw mass. V. Bazalii, O. Zinchenko, Iu. Lavrynenko claim that "potato starch is easily absorbed by the human body, and its proteins are more biologically complete than proteins of other crops, including winter wheat" [8]. The protein contains all eight essential amino acids, and its completeness index ranges from 60 to 92.

In addition, potato starch is well absorbed by animals and is characterized by high digestibility. Increasing the starch content in tubers can make the feed unit cheaper and increase the profitability of using potatoes for feed purposes [9]. Scientists of the Institute for Potato

Research of NAAS write that "potatoes have long been used as livestock feed. The nutritional value of 1 kg of tubers is 0.3 feed units and 16 g of digestible protein" [10]. As noted by O. Zinchenko, H. Demydas and A. Sichkar, "the use of potatoes for feed contributes to a significant increase in the productivity of animals, even if the ration includes a minimum amount of concentrates, since it is a high-energy feed. In terms of calories, potatoes are 2.5 times higher than feed beets" [11].

It is indicated in the Holy Scriptures that God "causes the grass to grow for the cattle" [12]. Potato is a herbaceous plant, the tubers of which are valuable feed for dairy cattle and pigs. It is also a valuable feed for poultry. This culture has a high digestibility of organic matter (83–97 %). Potato tubers are widely used for feeding animals in raw and steamed form. "The waste from the technical processing of tubers is nutritious feed for cattle and other animals. The tops are used to prepare combined silage. 100 kg of tops correspond to 8.5 feed units" [13]. A. Osypchuk notes that "in terms of the number of feed units and digestible protein that can be obtained from one hectare of sowing, potatoes are second only to corn and sugar beets and far exceed barley, oats, wheat, feed beets and other crops. The average yield of potatoes from one hectare by the number of feed units is equal to the yield of oats harvested from 2.2 hectares, barley from 2 hectares or vetch from 2.3 hectares [14].

This culture has high food and taste properties, and ability for long-term storage. "Potato dishes are on the tables of the population of Ukraine every day, year-round, because potatoes have many nutritional, mineral, biologically active substances and medicinal properties" [15]. Potatoes are widely used as raw materials for the production of various food products, namely potato flakes, crackers, chips, starch, glucose, alcohol. The content of dry matter in the tubers determines nutritional qualities of potatoes, namely nutrition, taste, how fast it becomes soft after boiling and, in some varieties, the darkening of the pulp after cooking.

Morpho-physiological and technological features of cultivation of commercial and garden potatoes were studied by S. Kalenska, N. Knap and I. Fedosii [16]. The chemical composition and feed value of tubers depends on soils, fertilizers, variety and environmental factors. R. Vozhehova, H. Balashova, L. Boiarkina in the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS conducted an experiment, "the purpose of which was to determine the influence of the level of planting density and mineral nutrition with local application of complex fertilizer on the productivity of the early-ripening Kobza potato variety during summer planting" [17].

N. Pysarenko, V. Sydorukh and N. Zakharchuk investigated potentially drought-resistant varieties of potatoes of different groups of maturity according to yield and evaluated them according to their consumer qualities at early accounting periods [18]. In 2018–2020, the Institute for Potato Research of NAAS studied the influence of different rates of application of mineral fertilizers in combination with chelated fertilizers on yield, biometric indicators of potatoes, and nutritional qualities of tubers [9].

In 2018–2019, P. Zaviriuha in Ternopil region evaluated foreign varieties according to the yield of tubers

and biometric indicators. The scientist showed the importance of varietal characteristics regarding the accumulation of starch in tubers and its release from a unit of area [20]. O. Barabolia, D. Vakuliuk and T. Prudkyi studied the nutritional qualities of the early Povin variety, the medium-ripening Slovianka variety of Ukrainian selection and the late-ripening Pikasso variety of Dutch selection at different storage temperatures [21].

The relevance of the research topic is in the detection of promising varieties of potatoes for the content of dry matter, starch, crude protein and vitamins for use both for feed purposes and food needs.

The aim of the study

The purpose of the research is to determine the feed and food quality indicators of potato varieties.

To achieve the set goal, the following tasks had to be solved:

- 1) to carry out laboratory analysis of average samples of different varieties of potatoes;
- 2) to evaluate potato varieties according to the main biochemical indicators of feed and food quality.

Materials and methods

The research was conducted at the Institute for Potato Research of NAAS in 2021–2023 in laboratory conditions on average samples of tubers of various potato varieties. uch varieties as Ariia, Tyras, Skarbnytsia, Shchedryk, Kimmeriia, Fotyniia, Tradytsiia, Kniahynia, Myroslava, Slovianka, Strumok, Sluch were taken. These varieties were created at the Institute for Potato Research of NAAS of Ukraine. The content of dry matter in the tubers was determined by drying to a constant weight. The content of starch was determined by the polarimetric method. The content of ascorbic acid was determined by titration of the sample solution with 0.001 N of KI solution. The content of carotenoids was determined by the spectrophotometric method at a wavelength of 450 nm [22].

Results and discussion

The agricultural production puts forward reasonable demands on new varieties that form the national potato varietal diversity. The varieties require a comprehensive combination of high productivity with resistance to diseases, pests and environmental stress factors. New varieties must have high product quality, as well as good transportability, suitability for long-term storage and processing.

However, one of the important indicators that is paid attention to when growing potatoes for sale both fresh and for processing is the dry matter content. The biochemical composition can differ significantly even in tubers grown under the same bush. For example, a tuber that was formed earlier usually has a higher starch content than one formed later. Therefore, the influence of various factors on the biochemical composition of tubers studies in the modern scientific research.

The Ukrainian scientists obtained results on the dynamics of biochemical indicators in potato varieties of different maturity groups. They studied the influence of

mineral fertilizers as the main nutrition and additional fertilizing with micronutrients on the biochemical composition of tubers. The experiments were carried out on different areas in the soil and climatic conditions of the Carpathian region. In particular, plants of the early-ripening potato variety Ariia prevailed in the accumulation of dry matter and, accordingly, starch. The highest dry matter content of 23.3 % and starch of 17.1 % in the mid-early variety Aria was in the variant with the application of the recommended dose of fertilizers $N_{90}P_{90}K_{120}$ and with treatment with microfertilizers on the feeding area of 70×20 cm. In the mid-ripening variety Gurman, the highest dry matter indicators were on the feeding area of 70×20 cm – 22.0 %, and the starch content on the feeding areas of 70×20 cm and 70×30 cm – 16.3 %. The accumulation of vitamin C did not depend on the ripeness group of the variety, the feeding area and the dose of mineral fertilizer in combination with foliar feeding and was in the early-ripening variety Ariia at the level of 23.2 mg% and in the mid-ripening variety Gurman – 23.1 mg% [23]. By the way, the varieties Ariia and Gurman were created at the Institute for Potato Research of NAAS of Ukraine.

As a result of the research, varieties characterized by an increased content of dry matter, crude protein, and vitamins were selected. As shown in **Table 1**, the content of dry matter during the years of the research ranged from 16.6 % to 22.5 %. Sluch varieties were characterized by the highest dry matter content – 22.5 %; Skarbnytsia – 21.6 %; Kimmeriia – 19.4 % and Tyras – 19.1 %. The lowest percentage of dry matter in the tubers was found in such varieties as Kniahynia – 16.6 %, Slovianka – 16.8 % and Strumok – 17 %.

Table 1

Biochemical indicators of potato varieties on average for the years 2021–2023

| Variety | Content | | | | |
|-------------|---------------|------------------|-----------|-------------------|------------------|
| | dry matter, % | crude protein, % | starch, % | vitamin C, mcg/mg | carotene, mcg/mg |
| Ariia | 18.1 | 1.6 | 14.8 | 0.14 | 0.17 |
| Tyras | 19.1 | 1.8 | 12.9 | 0.15 | 0.07 |
| Skarbnytsia | 21.6 | 2.0 | 15.0 | 0.14 | 0.21 |
| Shchedryk | 18.7 | 1.8 | 13.5 | 0.15 | 0.04 |
| Kimmeriia | 19.4 | 1.9 | 15.0 | 0.15 | 0.23 |
| Fotyniia | 18.4 | 1.8 | 15.4 | 0.15 | 0.04 |
| Tradytsiia | 17.3 | 2.1 | 16.5 | 0.15 | 0.09 |
| Kniahynia | 16.6 | 2.2 | 13.1 | 0.13 | 0.20 |
| Myroslava | 18.8 | 2.2 | 16.9 | 0.13 | 0.20 |
| Slovianka | 16.8 | 1.7 | 10.8 | 0.13 | 0.22 |
| Strumok | 17.0 | 2.1 | 16.0 | 0.14 | 0.06 |
| Sluch | 22.5 | 2.5 | 18.5 | 0.14 | 0.20 |

According to the research results, the crude protein content ranged from 1.6 % to 2.5 %. Thus, the average late Sluch variety had the highest content of crude protein – 2.5 % by raw weight, and the early Ariia variety had the lowest content of crude protein – 1.6 %. Kniahynia and Myroslava varieties also had a high content of crude protein in the tubers – 2.2 %.

The content of starch in tubers refers to the nutritional characteristics of tubers. The starch of the tubers is easily digested and broken down into simple sugars. V. Gaviy and S. Priplavko note that storage of potatoes for nine

months caused changes in the starch content of tubers. The greatest starch losses were observed in the group of medium-late varieties (Koroleva Anna) and amounted to 9.7 %. The lowest starch losses after 9 months of storage were characterized by the varieties Granada and Bella Rossa. During storage, a varietal dependence of changes in the starch content in potato tubers of varieties of different ripeness is observed. The highest content of monosaccharides in potato tubers is characterized by the variety Koroleva Anna. Tubers of the Bella Rossa and Granada varieties both at the beginning and at the end of the study were distinguished by the lowest amount of monosaccharides [24].

The highest starch content among the studied varieties had Sluch – 18.5 %, Myroslava – 16.9 % and Tradysiiia – 16.5 % (Table 1). The lowest rate of starch content was found in Sloviianka variety – 10.8 %. When determining this indicator, almost the same values were established in such varieties as Skarbnytsia, Kimmeriia and Fotyniia, that is, 15.0 %; 15.0 % and 15.4 %, respectively.

The potato tubers are a source of vitamins. The consumption of 300 g of potatoes provides almost 50 % of the daily human need for vitamin C. The content of vitamins also determines the feed and nutritional qualities of potatoes. The content of ascorbic acid is distributed unevenly in tubers. On average, 21 % is found in the top, 17.2 % in the umbilical cord, 16.9 % in the peel, 17.7 % in the cambial part, and 16.1 % in the core. The highest content of vitamin C is during the period of intensive growth of tubers. The main loss of vitamin C occurs during the storage period - from December to February (60 %). However, losses largely depend on storage conditions. For example, at low temperatures (about 0 °C), vitamin C is almost completely destroyed. The content of ascorbic acid also depends on the variety, technology and especially on soil and climatic conditions. As a rule, on light soils it is higher than on heavy ones. The excess nitrogen and potassium leads to a decrease in the content of vitamin C, and the excess phosphorus leads to an increase. The dry weather contributes to its accumulation, while wet and cold weather has the opposite effect. During the growing season, fluctuations in the content of ascorbic acid are observed. The significant precipitation, a decrease in air temperature and cloudy weather cause a decrease in vitamin activity in leaves and young tubers. With the onset of warm, clear and moderately humid weather, a repeated increase in the content of vitamin C in tubers is observed, especially in late-ripening varieties.

As shown in Table 1, the content of vitamin C in the tubers of the studied varieties ranged from 0.13 to 0.15 mcg/mg. The highest content of ascorbic acid was characterized by such varieties as Tyras, Shchedryk, Kimmeriia, Fotyniia, Tradysiiia. The value of the index in these varieties was 0.15 mcg/mg.

The color of the pulp also refers to the edible features of the tubers. It is known that varieties with yellow pulp are superior to varieties with white pulp in terms of carotenoid content. The latter are antioxidants that bind free radicals in the human body, an excess of which accelerates the aging process. Involvement in the breeding work of the source material of potatoes with yellow pulp of tubers ensures an increase in the content of carotenoids

in newly created varieties. Among 12 studied varieties, the carotene content ranged from 0.04 to 0.23 mcg/mg. Such varieties as Kimmeriia – 0.23 mcg/mg, Sloviianka – 0.22 mcg/mg, Skarbnytsia – 0.21 mcg/mg and Kniahynia, Myroslava and Sluch – 0.20 mcg/mg had a high content of carotenoids. Such varieties as Fotyniia, Shchedryk, Tyras, Tradysiiia had the lowest content of carotenoids, respectively 0.04, 0.04, 0.07 and 0.09 mcg/mg.

Conclusions

As a result of the research, the feed and food quality of potatoes was studied. Laboratory analysis of average samples of 12 potato varieties was carried out. Varieties characterized by a high content of dry matter, crude protein, and vitamins were also selected.

Therefore, such varieties as Kimmeriia, Myroslava and Sluch stood out for the complex of high biochemical indicators. Kimmeriia variety had a high content of vitamin C (0.15 mcg/mg) and a high content of carotene (0.23 mcg/mg). Myroslava variety had good indicators for crude protein content in tubers (2.2 %), starch content (16.9 %) and carotene content (0.20 mcg/mg).

A high content of dry matter ensures an increased yield of finished products in production. Sluch variety had 22.5 % dry matter and 0.20 mcg/mg carotene in tubers. Therefore, this variety is recommended for the production of potato products, namely chips and French fries.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

1. Krupa, O., & Krupa, V. (2019). Potato market conjuncture in Ukraine and prospects of its optimization. *Efektivna Ekonomika*, 12. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.12.86>
2. Pysarev, M. G., Levkivska, T. M., & Bandurenko, H. M. (2019). perspectives of the use of modern sorted potato in production of dried semi-finished products. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 3 (2), 92–96. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/17>
3. Myronova, H. V. (2023). Udoskonalennia tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia nasinnivoi kartopli v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho. *Extended abstract of PhD thesis. Vinnytskiy natsionalnyi ahraryi universytet. Vinnytsia* [in Ukrainian]
4. Semenchuk, V. (2020). Seed potato productivity of varieties of different ripeness groups in condition of south-western part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, (67) 2, 170–181. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-11](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-11)
5. Sereda, L. P., & Misiulia, A. M. (2013). Doslydy na kartopliianomu poli. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarynoho Universytetu. Seriya Tekhnichni Nauky*, 12, 29. [in Ukrainian]
6. Artyukh, T., Bezstmertna, O., & Melnyk, D. (2022). Problems and prospects of potato market development in Ukraine. *Economy and Society*, (39). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-54>
7. Ermantraut, E. R., Kyienko, Z. B., Matsiichuk, V. M., & Feshchuk, O. M. (2015). Ecological stability and plasticity of potato varieties in Polissia. *Plant Varieties Studying and Protection*, 3-4 (28-29), 12–17. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4\(28-29\).2015.58412](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4(28-29).2015.58412)
8. Bazalii, V. V., Zinchenko, O. I., & Lavrynenko, Yu. O. (2015). *Roslynystvo*. Kherson: Hrin D. S. [in Ukrainian]
9. Bondarchuk, A. A., & Oliynyk, T. M. (Red.) (2020). *Kartopliarstvo: Seleksiia*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian]
10. Fedosii, I. O., Komar, O. O., Furdyha, M. M., & Zakharchuk, N. A. (2022). *Kartopliarstvo*. Kyiv: FOP Yamchynskiy [in Ukrainian]
11. Zinchenko, O. I., Demydas, H. I., & Sichkar, A. O. (2014). *Kormovyrobnystvo*. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD». [in Ukrainian]

12. 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
13. Iermakova, L. M., Ivanovska, R. T., & Shevnikov, M. Ia. (2008). *Kormovyrobnytsvo*. Kyiv: Intas [in Ukrainian]
14. Osypchuk, A. A. (2002). Henetychnyi potentsial kartopli. *Kartoplia*, 1, 12–14. [in Ukrainian]
15. Bondarchuk, A. A., Koltunov, V. A., Kravchenko, O. A., Osypchuk, A. A., Kalitskyi, P. F., Znamenskyi, O. P., Moroz, I. Kh., & Voitseshyna, N. I. (2009). *Kartoplia: vyroshchuvannia, yakist, zberezhnist*. Kyiv: KYT [in Ukrainian]
16. Kalenska, S. M., Knap, N. V., & Fedosii, I. O. (2017). *Kartoplia: biolohiia ta tekhnolohiia vyroshchuvannia*. Vinnytsia: Nilan-LTD [in Ukrainian]
17. Vozhehova, R. A., Balashova, H. S., & Boiarkina, L. V. (2020). Productivity of seed potatoes during summer planting of freshly harvested tubers in the conditions of the South of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 2, 103. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.2.16>
18. Pysarenko, N. V., Sydorchuk, V. I., & Zakharchuk, N. A. (2024). Evaluation of potato varieties for drought tolerance, ecological plasticity, adaptability, and consumer qualities at early stages of cultivation. *Vegetable and Melon Growing*, 74, 19–32. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2023-74-19-32>
19. Kupriianova, T., Antonets, M., & Antonets, O. (2023). Peculiarities of the technology of growing new potato varieties in the Polissia of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 27–33. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.05>
20. Zaviriukha, P. (2021). Comparative estimates of potato varieties of the european selection in the western region of Ukraine. *Visnik L'vivs'kogo Nacional'nogo Agrarnogo Universitetu. Agronomiia*, 25 (1), 107–114. <https://doi.org/10.31734/agronomy2021.01.107>
21. Barabolia, O. V., Vakuliuk, D. S., & Prudkyi, T. A. (2021). The influence of potato variety peculiarities on tubers' and storage qualities. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 120–125. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.15>
22. Bondarchuk, A. A., Koltunov, V. A., Oliinyk, T. M., Furdyha, M. M., Vyshnevskaya, O. V., Osypchuk, A. A., Kupriianova, T. M., & Zakharchuk, N. A. (2019). *Kartopliarstvo: Metodyka doslidnoi spravy*. Vinnytsia: TOV «TVORY» [in Ukrainian]
23. Koval, A. V., Ilchuk, R. V., Hadzalo, A. Ya., & Martyniuk, I. V. (2022). Biokhimichna kharakterystyka sortiv kartopli za vyroshchuvannia v umovakh zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynytsvo*. Vyp. 71 (1), 110–122. [https://doi.org/10.32636/01308521.2022-\(71\)-1-7](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-1-7) [in Ukrainian]
24. Havii, V., & Pryplavko, S. (2024). Evaluation of biochemical indicators of potatoes of varieties of different maturity. *Research Notes. Biology Research*, 3-4, 14-19. <https://doi.org/10.31654/2786-8478-2023-BN-3-4-14-19>

ORCID

- O. Antonets  <https://orcid.org/0000-0001-6741-9023>
- T. Kupriianova  <https://orcid.org/0000-0002-1039-9348>
- M. Antonets  <https://orcid.org/0000-0002-2046-713X>



2024 Antonets O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Definition of damaged crops using satellite imagery in precision agriculture

B. Chetverikov✉ | L. Babiy

Article info

Correspondence Author

B. Chetverikov

E-mail:

borys.v.chetverikov@email.uaLviv Polytechnic National
University,
12 S. Bandera St., 79013,
Lviv, Ukraine

Citation: Chetverikov, B., & Babiy, L. (2024). Definition of damaged crops using satellite imagery in precision agriculture. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 84–90. doi: 10.31210/spi2024.27.04.14

The relevance of identifying damaged crops using satellite imagery in precision agriculture is extremely high, as modern agriculture faces challenges such as climate change, pests, and natural disasters. The use of satellite data allows for rapid and accurate detection of problem areas in fields, contributing to more efficient resource management. Vegetation indices such as NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) make it possible to identify the extent of crop damage, assess their condition, and determine the need for immediate intervention. This helps farmers reduce crop losses, lower field treatment costs, and simultaneously maintain ecological balance. Remote sensing technologies provide an environmentally friendly and rapid method for obtaining large volumes of data on the condition of agricultural land. Within the framework of precision agriculture, such methods become an integral part of the automation and modernization of the industry. Additionally, satellite imagery ensures continuous monitoring, which is particularly important for large-scale farms. The integration of this data into geographic information systems enables forecasting and optimization of agronomic processes. Thus, the use of satellite imagery is becoming a strategically important tool for enhancing the resilience of agriculture to modern challenges. The study aimed to determine the NDVI index for a cornfield and analyze which part of the crops had been damaged using medium spatial resolution satellite imagery of agricultural fields in the Lviv region. The research employed methods of photogrammetry and geoinformation analysis of Earth remote sensing data. To identify damaged crops in precision agriculture, medium spatial resolution images from the Landsat satellite were used for agricultural areas in the Lviv region. The analysis process included calculating the NDVI, which allows assessing the condition of crops based on their spectral characteristics. Input data were processed in the cloud environment of Google Earth Engine, where cloud masking, quality-based filtering, and NDVI vegetation index calculations for each pixel of the images were conducted. The collected data facilitated the creation of a damage map for the study area, simplifying the visualization and interpretation of results. The application of NDVI demonstrated the effectiveness of the method for precise monitoring of agricultural fields. During the period from spring to autumn 2023, changes in NDVI values were observed, which allowed identifying areas with signs of plant stress or damage. The highest index values indicated healthy vegetation, while lower values signaled damage or insufficient crop growth. The results showed that the technology enables agronomists to identify damaged areas and take timely measures to reduce losses and improve yield. The findings on identifying damaged crops using satellite imagery in precision agriculture can be used to optimize resource utilization, reduce crop losses, and improve the efficiency of agricultural production.

Keywords: precision agriculture, NDVI index, yield optimization, satellite imagery, crop monitoring, space technologies in agriculture.

Визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків у точному землеробстві

B. В. Четверіков | Л. В. Бабій

Національний університет
«Львівська політехніка»,
м. Львів, Україна

Актуальність визначення пошкоджених культур за допомогою космічних знімків у точному землеробстві є надзвичайно високою, оскільки сучасне сільське господарство стикається з викликами змін клімату, шкідників та природних катаклізмів. Завдяки індексам рослинності, таким як NDVI, можна ідентифікувати ступінь пошкодження рослин, оцінити їх стан і визначити потребу в негайному втручанні. Це допомагає аграріям знизити втрати врожаю, зменшити витрати на обробку полів і водночас зберегти екологічний баланс. Технології дистанційного зондування є екологічно чистим і швидким способом отримання великого обсягу даних про стан сільськогосподарських угідь. Таким чином, використання космічних знімків стає стратегічно важливим інструментом для підвищення стійкості сільського господарства в умовах сучасних викликів. Метою дослідження було визначення індексу NDVI для поля кукурудзи та проаналізувати, яка частина посівів зазнала пошкоджень за допомогою використання космічних знімків середньої просторової розрізненості території сільськогосподарських посівів у Львівській області. У роботі використано методи фотограмметрії та геоінформаційного аналізу даних дистанційного зондування Землі. Для визначення пошкоджених культур у точному землеробстві використовувалися знімки середньої просторової розрізненості з супутника Landsat для сільськогосподарських ділянок Львівської області. Процес аналізу включав обчислення індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), який дозволяє оцінити стан культур за їх спектральними характеристиками. Вхідні дані опрацьовувалися в хмарному середовищі Google Earth Engine, де проводилося маскування хмар, фільтрування за критеріями якості та обчислення вегетаційного індексу NDVI для кожного пікселя зображень. Зібрані дані дозволили створити карту пошкоджень для дослідної ділянки, що полегшує візуалізацію та інтерпретацію результатів. Застосування NDVI показало ефективність методу для точного моніторингу сільськогосподарських полів. Протягом періоду з весни до осені 2023 року спостерігали зміни в значеннях NDVI, що дозволило виявити ділянки з ознаками стресу рослин або пошкоджень. Найвищі значення індексу вказували на здорову рослинність, тоді як нижчі значення сигналізували про пошкодження або недостатній ріст культур. Результати показали, що технологія дозволяє агрономам ідентифікувати пошкоджені ділянки, а також приймати своєчасні заходи для зменшення втрат та підвищення врожайності. Отримані результати з визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків у точному землеробстві можуть бути використані для оптимізації використання ресурсів, зменшення втрат врожаю та підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Ключові слова: точне землеробство, індекс NDVI, оптимізація врожайності, космічний знімок, моніторинг урожаїв, космічні технології в сільському господарстві.

Бібліографічний опис для цитування: Четверіков Б. В., Бабій Л. В. Визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків у точному землеробстві. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 84–90.

Вступ

Швидкозростаюче глобальне населення, очікується досягти 9,8 мільярда до 2050 року за даними Організації продовольства та сільського господарства [1], породило безпрецедентний попит на продовольство. Цей зростаючий попит на їжу виникає в час, коли сільське господарство стикається з великими екологічними викликами, такими як зміна клімату, дефіцит води та ерозія ґрунту, які обмежують можливість існуючих систем відповідати на попит ефективним способом. У відповідь на ці виклики точне землеробство (Precision Agriculture, PA) виступило як трансформаційний підхід, використовуючи технології для оптимізації виробництва та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище на місцевому рівні.

Точне землеробство дозволяє налаштувати практики управління, враховуючи внутрішню змінність у господарствах за допомогою систематичного збору, аналізу та використання даних. Замість рівномірного розподілу ресурсів по всьому полю, технології точного землеробства дозволяють проводити цілеспрямовані втручання, застосовуючи ресурси, такі як вода, добрива та пестициди, точно там і коли це потрібно [2]. Цей підхід не лише підвищує ефективність, але й мінімізує екологічний слід сільськогосподарської діяльності.

Під зонтиком точного землеробства входять різноманітні технології, такі як сенсори, зображення, системи позиціонування, інструменти управління інформацією та системи змінного внесення ресурсів. Останніми роками спостерігається прискорення інновацій у сфері технологій точного землеробства, що стало можливим завдяки прогресу у супутникових платформах, проксимальному та віддаленому зондуванні, автоматизації, робототехніці та науці про дані. Ці досягнення не лише розширили можливості систем точного землеробства, але також призвели до зниження витрат, сприяючи їхньому поширенню на глобальному рівні. За поточними оцінками, технології точного землеробства наразі застосовуються приблизно на 50 % основних зернових гектарів у ключових регіонах, таких як Північна Америка, Бразилія та Австралія [3].

Цей всебічний огляд проникає в останні досягнення у сфері технологій точного землеробства, які мають потенціал підтримувати стале виробництво сільськогосподарської продукції. Дослідження починається з розгляду ключових розвіток платформ у віддаленому зондуванні, проксимальному зондуванні ґрунту та системах глобальної навігації за супутником (GNSS). Далі розглядаються інновації у системах змінного внесення ресурсів, робототехніці та автоматизації, а також в аналізі даних. В заключенні, огляд аналізує існуючі перешкоди перед широким прийняттям точного землеробства і пропонує майбутні напрямки подолання цих викликів.

Сучасні виклики в галузі сільськогосподарського виробництва та необхідність ефективного використання земельних ресурсів підкреслюють важливість впровадження інноваційних технологій у сільське господарство. Однією з перспективних галузей

є використання космічних знімків для визначення пошкоджених культур у точному землеробстві. Це дозволяє не лише здійснювати ретельний моніторинг сільськогосподарських ділянок, але й забезпечує можливість швидкого виявлення проблем та вчасного реагування на них.

В умовах зростаючого світового населення та зміни клімату, забезпечення продовольчої безпеки стає насущним завданням. Точне землеробство, яке базується на використанні космічних технологій для аналізу сільськогосподарських угідь, визначення їх стану та виявлення пошкоджень культур, стає важливим інструментом у досягненні цієї мети. Враховуючи можливості сучасних космічних знімків, їх використання в точному землеробстві може сприяти оптимізації виробництва, підвищенню врожайності та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Отже, розвиток методів визначення пошкоджених культур на основі космічних зображень стає важливим напрямком в сучасному аграрному науковому дослідженні.

Використання космічних знімків у точному землеробстві є надзвичайно важливим етапом у визначенні пошкоджених культур. Завдяки сучасним технологіям космічного обліку, аграрії отримують унікальну можливість перевіряти стан своїх полів та визначати наявність пошкоджень чи стресів у рослин. Космічні знімки надають можливість оцінювати різноманітні аспекти розвитку рослин, такі як колір, текстура та інші параметри, що вказують на їхнє здоров'я. Крім того, вони дозволяють агрономам та фермерам вчасно виявляти можливі загрози, такі як захворювання, шкідники чи несприятливі погодні умови. Це дозволяє вчасно реагувати та вживати ефективні заходи для запобігання пошкодженням культур та забезпечення високого рівня врожаю.

Крім того, космічні знімки використовуються для визначення оптимального часу для проведення різних агротехнічних заходів. Аналіз змін у фізичному стані рослин та ґрунту на основі космічних даних дозволяє встановлювати оптимальні терміни сівби, поливу, обробки ґрунту та збору врожаю. Це сприяє оптимізації сільськогосподарського виробництва та забезпечує ефективне використання ресурсів.

У великій мірі використання космічних знімків у точному землеробстві не лише сприяє визначенню пошкоджених культур, але й підвищує загальну продуктивність сільського господарства, зменшуючи втрати та сприяючи стійкості рослин до небезпек.

Розглянемо останні наукові праці, які опубліковані останніми роками науковцями з різних країн світу. Серед всіх публікацій на нашу думку слід розглянути наступні.

В роботі Buchaillot та ін. [4], розглядає регіональний моніторинг шкідника осені, хробака Армії, за допомогою системи попередження. Автори Cavalaris та ін. [5], презентують моделювання врожайності пшениці твердої на основі зображень від супутника Sentinel-2. Chlingaryan та ін. [6], розглядають підходи машинного навчання для прогнозування врожайності культур та оцінювання статусу азоту в точному землеробстві. Gitelson та Merzliak [7], розробляють алгоритми для віддаленого зондування хлорофілу у листі.

Gorelick та ін. [8], представляють Google Earth Engine як інструмент для геопросторового аналізу на планетарному рівні доступний для всіх. Hunt та ін. [9], досліджують високороздільне картування врожайності пшениці за допомогою супутникового Sentinel-2. Автори Lambert та ін. [10], пропонують методику оцінки виробництва сільгосппродукції на рівні сільських господарств на основі часових рядів зображень від Sentinel-2 в малій сільській зоні Малі. McNairn та Shang [11], здійснює огляд багаточасового синтетичного апертурного радіолокаційного (SAR) зондування для моніторингу врожаю. Робота Rouse та ін. [12], розглядає моніторинг систем вегетації на рівнині Великих рівнин з використанням супутникових знімків ERTS. Rozenstein та ін. [13], пропонують методику оцінки споживання води бавовною з використанням часових рядів зображень від Sentinel-2.

Стаття Segarra [14], обговорює використання супутникових зображень в точному землеробстві. Інше джерело, також авторства Segarra та співавторів [15], розглядає вдосконалені особливості та застосування супутникових даних Sentinel-2 в точному землеробстві. Також, Segarra та співавтори [16], досліджують використання даних від супутника Sentinel-2 для оцінки внутрішньопольової врожайності пшениці. Четверте джерело, також авторства Segarra та співавторів [17], аналізує мультимасштабну оцінку спектральних даних Землі, повітряних та супутникових для моніторингу вмісту азоту в зерні пшениці. Вчений Singh [18], розглядає передові технології точного землеробства для сталого вирощування сільськогосподарських культур. Skakun та ін. [19], досліджують варіабельність врожайності кукурудзи та сої на полі за допомогою супутникових знімків різних систем. Група авторів Solano та ін. [20], описують методологію вивчення індексів рослинності в оливкових галях з використанням супутникових даних. Weiss та ін. [21], здійснюють огляд використання супутникових зображень у сільському господарстві.

Проаналізувавши всі перелічені наукові праці нами було систематизовано можливі методи визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків у точному землеробстві, та прийнято рішення використати одну з передових технологій на сьогоднішній день, а саме хмарне середовище Google Earth Engine.

Мета дослідження

Мета досліджень – використовуючи космічні знімки середньої просторової розрізненості, отримані з супутника Landsat, на територію сільськогосподарських посівів у Львівській області, визначити індекс NDVI для поля кукурудзи та проаналізувати яка частина посівів зазнала пошкоджень.

Матеріали і методи

Дослідження з визначення пошкоджених культур за допомогою космічних знімків у точному землеробстві включають в себе різноманітні матеріали та методи. Матеріали включають в себе високороздільні космічні знімки від супутників та дронів,

геопросторові дані для точної геолокації та контекстуальної інформації, а також метеорологічні дані для аналізу погодних умов. Щодо методів, вони включають в себе спектральний аналіз для вивчення колірних властивостей рослин, текстурний аналіз для виявлення змін в структурі ґрунту та рослин, класифікацію об'єктів за допомогою алгоритмів машинного навчання, моделювання стану культур та комбіновані підходи, що інтегрують різні методи та дані для комплексного аналізу сільськогосподарських угідь. Ці матеріали та методи дозволяють отримати об'єктивну та деталізовану інформацію про стан культур та вчасно реагувати на можливі пошкодження.

Об'єктом досліджень була ділянка поля біля с. Крехів Львівської області, на якому в період досліджень, а саме станом на 2023 рік, вирощувалась кукурудза. Площа досліджуваної ділянки 53,25 га. Розташування дослідної ділянки продемонстровано на *рисунку 1*.

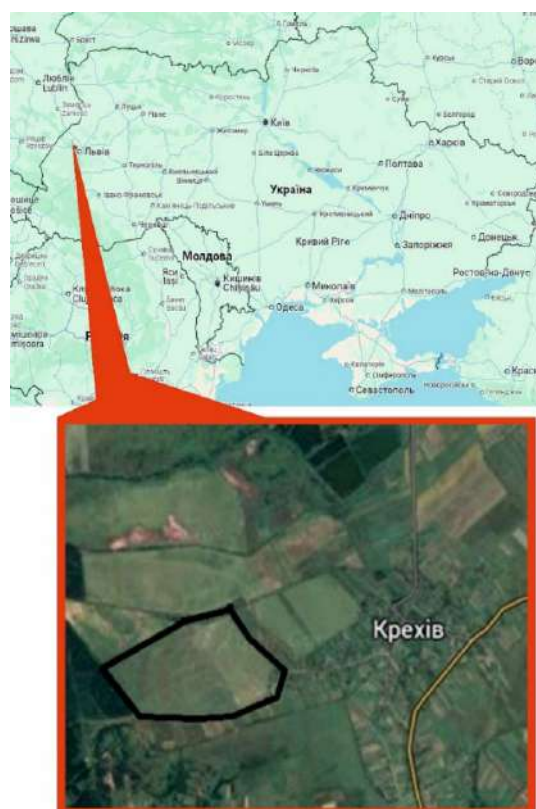


Рис. 1. Схема розташування дослідної ділянки

Методика визначення пошкоджених культур за допомогою космічних знімків у хмарному середовищі Google Earth Engine включає кілька кроків. По-перше, необхідно отримати доступ до відповідних супутникових знімків, які мають високу просторову та спектральну роздільність. По-друге, застосовується алгоритм обробки зображень, який включає у себе виявлення пошкоджених ділянок на основі аналізу змін у спектральному підписі культурних рослин. Це може включати використання індексів рослинності, таких як NDVI, для виявлення змін у здоров'ї рослин. По-третє, дані обробляються у хмарному середовищі Google Earth Engine, що дозволяє швидко та ефективно обробляти великі обсяги супутникових даних.

Використання цього середовища дозволяє автоматизувати процес аналізу та обробки даних із використанням програмних скриптів. По-четверте, на основі оброблених зображень створюються карти, що відображають рівень пошкоджень у культурних рослинах. Ці карти можуть включати в себе різні класи пошкоджень, від легких до важких, а також просторову інформацію про місцезнаходження пошкоджених ділянок.

Остаточний крок – інтерпретація та аналіз результатів для прийняття рішень щодо управління

пошкодженими культурами. Це може включати розробку стратегій реагування на пошкодження, визначення областей для застосування додаткових заходів захисту рослин та оцінку впливу пошкоджень на врожайність та прибуток від сільськогосподарської діяльності.

На *рис. 2* подано технологічну схему визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків в хмарному середовищі Google Earth Engine.

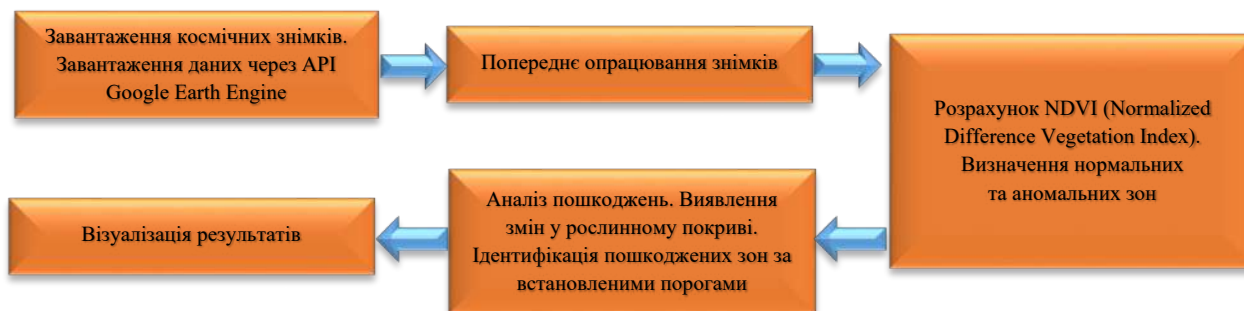


Рис. 2. Технологічна схема визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків в хмарному середовищі Google Earth Engine

Для досліджень використано різночасові космічні знімки знімальної системи Landsat протягом періоду весна-осінь 2023 р. Для отриманих різночасових даних було обчислено вегетаційні індекси у хмарній платформі для геопросторового аналізу даних в планетарних масштабах Google Earth Engine. Використання власних скриптів дозволяє автоматизувати виконання завантаження даних, їх опрацювання та візуалізації. При потребі можна отримати числові значення розрахованих параметрів для кожного окремого пікселя зображення.

1) Вхідні дані. Серія знімків із супутника Landsat, які пройшли атмосферну корекцію (Top-of-Atmosphere Reflectance) на територію дослідження.

2) Використання функції для маскуванню хмар. При аналізі вегетаційного індексу NDVI хмари можуть спотворювати результати. Маскування хмар дозволяє виключити хмарні області з обробки зображень, що забезпечує більш точні дані для розрахунку NDVI. Це сприятливо впливає на аналіз роботи індексу NDVI, допомагаючи уникнути спотворення результатів.

3) Фільтрування даних. Так як дані за обраний часовий період можуть містити знімки з високим рівнем хмарності, необхідно їх виключити з набору для забезпечення відповідної якості зображень. Для цього ми встановили порогове значення 20% для параметру "CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE". Цей параметр використовується для кількісної оцінки відсотка покриття хмарами на кожному пікселі зображення. В результаті ми отримали серію зображень з періодом 2–4 тижні, в залежності від наявності знімків з низьким рівнем хмарності.

4) Розрахунок NDVI індексів. Нормалізований диференційований вегетаційний індекс визначає щільність зеленої рослинності, відображеної на супутниковому знімку. Здорова рослинність має

характерний спектр відбиття, який можна використовувати для обчислення різниці між видимим червоним та ближнім інфрачервоним діапазонами. Формула NDVI визначається наступним чином:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

де: NIR – відбите світло в ближньому інфрачервоному діапазоні; RED – відбите світло в червоному діапазоні. Згідно з цією формулою, індекс вегетації в певній точці зображення обчислюється як різниця між інтенсивностями відбитого світла в червоному і інфрачервоному діапазонах, поділена на суму цих інтенсивностей. NDVI представляє цю різницю у вигляді числового значення від -1 до 1.

Розрахунок даного індексу в Google Earth Engine при програмуванні не є складною операцією. Можна запрограмувати формулу індексу, або використати наявну функцію. Вхідними параметрами слугують номери каналів в червоному і інфрачервоному діапазонах.

5) Візуалізація отриманих результатів. Для того, щоб обчислені дані можна було ефективно використати для подальшого аналізу стану сільськогосподарських культур, необхідно подати візуалізацію результатів таким чином, щоб на зображеннях відслідковувалась різниця між різними вегетаційними етапами розвитку та станом рослин. З цією метою ми розділили діапазон значень від -1 до 1 на 6 частин [-1, 0, 0.4, 0.6, 0.8, 1] і присвоїли їм окремі кольори. Так як дуже низькі значення NDVI (0.1 і менше) можуть бути пов'язані з наявністю порожніх скелястих ділянок, піску або снігу, і вони нас не цікавлять, цей діапазон був розділений на меншу кількість відрізків. А зміни в частині, від 0,1 і більше якраз будуть вказувати на зміни в стані здоров'я культури або рослини, так як дозволяє визначити наявність у них хлорофілу та зробити висновок про стан їхнього здоров'я.

Результати та їх обговорення

Результати досліджень визначення пошкоджених культур за допомогою космічних знімків у точному землеробстві свідчать про високий потенціал цього підходу для сільськогосподарського сектору. Застосування високороздільних космічних знімків дозволяє здійснювати точний моніторинг стану культур та розрізняти їхні різні фізіологічні характеристики. Аналіз спектральних та текстурних особливостей на знімках дозволяє виявляти вразливі аспекти рослин, такі як захворювання, стресовий стан чи вплив шкідників.

Дослідницькі зусилля також підтверджують ефективність використання алгоритмів машинного навчання для автоматичної класифікації об'єктів на космічних знімках, що допомагає автоматизувати процес визначення пошкоджень та надає швидку реакцію на виявлені проблеми. Комбіновані підходи, які інтегрують різні методи та дані, забезпечують комплексний аналіз сільськогосподарських угідь, що полегшує прийняття рішень та оптимізує агротехнічні процеси. Отримані результати свідчать про важливість використання космічних технологій у точному

землеробстві для забезпечення стійкості сільськогосподарського виробництва та максимізації врожаю.

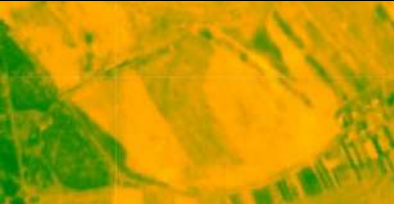
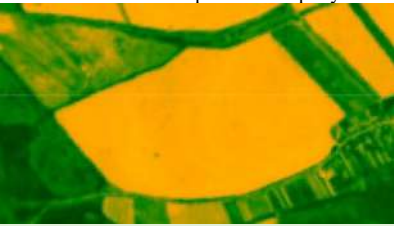
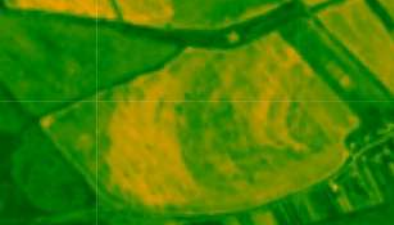

Сіяти кукурудзу в Україні рекомендується в період між кінцем квітня та серединою травня.

При цьому ранній посів при температурі +6–7°C на глибині закладення насіння забезпечує кращу вологозабезпеченість рослин, а також сприяє їх оптимальному запиленню та цвітінню в більш сприятливий температурний період. Недоліком раннього посіву є те, що сходи з'являються лише на 14–16 день, а іноді й пізніше. А пізній посів кукурудзи відповідно продовжує період її вирощування на два-три тижні.

В **таблиці 1** представлено обчислені вегетаційні індекси поля дослідної ділянки, яка засіяна кукурудзою станом на березень, червень, серпень та жовтень 2023 року, а також описані отримані вегетаційні показники на кожен період. Також вегетаційні індекси розраховано станом на квітень, травень, серпень, вересень, жовтень та листопад 2023 року. Визначено, що станом на квітень максимальне значення NDVI для поля становить 0.641, що в даному випадку свідчить про самовільну рослинність. Мінімальне значення -0.134 - вказує на наявність відкритого ґрунту.

Таблиця 1

Розраховані індекси NDVI на ключові періоди вирощування кукурудзи

| Візуалізація розрахованого індексу NDVI для дослідної ділянки | Опис показників розрахунків |
|---|--|
|  <p>Обчислений вегетаційний індекс NDVI досліджуваної ділянки станом на 17 березня 2023 року</p> | Цей період вибрано для дослідження, щоб показати стан ділянки до початку польових робіт. Поле ще не було оброблене в новому посівному році і спостерігаються сліди довільної рослинності. Максимальне значення NDVI для поля становить 0.534, що в даному випадку свідчить про самовільну рослинність. Мінімальне значення -0.009 - вказує на наявність відкритого ґрунту та високої вологості |
|  <p>Обчислений вегетаційний індекс NDVI досліджуваної ділянки станом на 05 червня 2023 року</p> | На обчисленому вегетаційному індексі NDVI за 5 червня 2023 року поле відображається жовтим кольором. При цьому мінімальне значення -0.133 - вказує на наявність відкритого ґрунту і високої вологості. Знімок отриманий після проведення орних та посівних робіт, але ще до появи сходів культури. Максимальне значення NDVI становить 0,318. Після додаткового вивчення виявлено, що підвищені значення індексу мають декілька пікселів лівій нижній частині поля, що спричинено скоріш за все роботою техніки. |
|  <p>Обчислений вегетаційний індекс NDVI досліджуваної ділянки станом на 15 липня 2023 року</p> | Розрахунок NDVI індексу на зображенні від 15 липня 2023 року показує стан розвитку сходів кукурудзи через півтора місяця після посіву. Максимальне значення NDVI становить 0.660, а мінімальне значення -0.255. На знімку чітко видно місця, де схожість слабша і кукурудза відстає в розвитку. |
|  <p>Обчислений вегетаційний індекс NDVI досліджуваної ділянки станом на 18 жовтня 2023 року</p> | Значення розрахованих індексів на цей період max: 0.667 і min: 0.323. Аналіз зображень та значень індексів показав наявність ділянки поля (ліва частина) з негативними ознаками розвитку рослин. Детальне вивчення вказує на особливості рельєфу поверхні (ерозійна борозна), яка впливає як на рух техніки і якість обробки ґрунту, так і на фактори вологості та збереження родючого шару. |

Станом на травень поле ще також не оброблене. У серпні кукурудза зазвичай перебуває на піку вегетаційного періоду або ближче до завершення активного росту. Показники NDVI max: 0.829 свідчить про зони з високою густрою вегетації та здоровим станом рослин. Це характерно для ділянок із сприятливими умовами росту. Min: 0.608 може вказувати на стресові умови (посуха, шкідники, дефіцит поживних речовин) або нерівномірність густоти посівів. У вересні кукурудза зазвичай перебуває на етапі дозрівання, коли фотосинтетична активність поступово знижується. Значення NDVI max: 0.808 і min: 0.587 інтерпретуються так: max: 0.808 – вказує на ділянки, де рослини все ще мають достатню щільність листового покриву. Це може бути ознакою пізнього дозрівання або хорошого стану вегетації навіть на пізніх стадіях. Min: 0.587 – демонструє зони, де рослини вже пройшли фазу активного росту або мають нижчу щільність посівів. Це типowo для ділянок, які дозрівають швидше або

зазнали стресових умов (посуха, збирання врожаю на окремих ділянках). У вересні вигляд ділянки виглядає дуже неоднорідно. На обчисленому вегетаційному індексі NDVI за 2 листопада 2023 року все поле вже відображається жовтим кольором. Значення індексів (max: 0.469; min: 0.088) вказують на відсутність хлорофілу, що означає висихання культури і її готовність для збору врожаю.

Порівнюючи розраховані індекси NDVI для дослідної ділянки з даними Карти посівів України, бачимо цілковиту невідповідність. Це вказує на те, що дані Карти посівів України, отримані шляхом неконтрольованої класифікації (класифікації без навчання) найімовірніше космічних знімків низького або максимум середнього просторового розрізнення, є досить грубими і частіше помилковими, що не відповідають дійсності. Ці дані можна використовувати лише для якогось глобального аналізу, а не для локального (рис. 3).



Рис. 3. Онлайн карта посівів України (<https://ukraine-cropmaps.com>)

Висновки

Висновки досліджень з визначення пошкоджених культур за допомогою використання космічних знімків у точному землеробстві свідчать про значний прогрес у використанні космічних технологій для сільськогосподарського сектору. Висока роздільна здатність космічних знімків дозволяє детально аналізувати стан культур, виявляти стресові умови та пошкодження, що надає можливість агрономам та виробникам приймати інформовані рішення.

Використання спектрального та текстурного аналізу космічних знімків забезпечує об'єктивні та точні дані щодо стану рослин, визначаючи їхні фізіологічні особливості. Використання алгоритмів машинного навчання для класифікації об'єктів робить цей процес автоматизованим та допомагає в ідентифікації навіть невеликих пошкоджень.

Застосування комбінованих підходів, які об'єднують різні методи та дані, забезпечує більш повний та глибокий аналіз сільськогосподарських угідь. Отримані результати свідчать про потенціал космічних технологій у підвищенні продуктивності, реагуванні на ризики та оптимізації управління сільськогосподарськими процесами. В цілому, використання космічних знімків у точному землеробстві є багатообіцяючим напрямком для підвищення стійкості та ефективності сільського господарства.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку нових методів опрацювання космічних знімків для більш точної ідентифікації пошкоджень культур. Це включає вдосконалення алгоритмів для автоматичного виявлення пошкоджених зон з урахуванням змін в різних індексах рослинності або

використання мультиспектральних знімків для аналізу рослинного покриву на різних етапах розвитку. Важливим напрямком є інтеграція космічних знімків з іншими даними, такими як дані з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), а також метеорологічні дані (температура, вологість, опади). Це дозволить точніше оцінювати фактори, які впливають на пошкодження культур, та забезпечить більш комплексний підхід до моніторингу стану посівів.

Конфлікт інтересів

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

References

- The future of food and agriculture: Trends and challenges. (2017). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome Retrieved from: www.fao.org/3/a-i6583e.pdf
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327 (5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Lowenberg-DeBoer, J., & Erickson, B. (2019). Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111 (4), 1552–1569. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>
- Buchailot, Ma. L., Cairns, J., Hamadziripi, E., Wilson, K., Hughes, D., Chelal, J., McCloskey, P., Kehs, A., Clinton, N., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2022). Regional monitoring of fall armyworm (FAW) using early warning systems. *Remote Sensing*, 14 (19), 5003. <https://doi.org/10.3390/rs14195003>
- Cavalari, C., Megoudi, S., Maxouri, M., Anatolitis, K., Sifakis, M., Levizou, E., & Kyriarissis, A. (2021). Modeling of durum wheat yield based on Sentinel-2 imagery. *Agronomy*, 11 (8), 1486. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081486>
- Chlingaryan, A., Sukkari, S., & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.012>
- Gitelson, A. A., & Merzlyak, M. N. (1996). Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing of chlorophyll. *Journal of Plant Physiology*, 148 (3–4), 494–500. [https://doi.org/10.1016/s0176-1617\(96\)80284-7](https://doi.org/10.1016/s0176-1617(96)80284-7)
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hunt, M. L., Blackburn, G. A., Carrasco, L., Redhead, J. W., & Rowland, C. S. (2019). High resolution wheat yield mapping using Sentinel-2. *Remote Sensing of Environment*, 233, 111410. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111410>
- Lambert, M.-J., Traoré, P. C. S., Blaes, X., Baret, P., & Defourny, P. (2018). Estimating smallholder crops production at village level from Sentinel-2 time series in Mali's cotton belt. *Remote Sensing of Environment*, 216, 647–657. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.06.036>
- McNairn, H., & Shang, J. (2016). A review of multitemporal Synthetic Aperture Radar (SAR) for crop monitoring. *Multitemporal Remote Sensing*, 317–340. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47037-5_15
- Rouse, J. W. Jr., Haas, R., Schell, J., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, 351 (309), 309–317. *3rd ERTS Symposium: National Aeronautics and Space Administration SP-351. (10-14 December 1973)*. Washington: National Aeronautics and Space Administration. Retrieved from: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>
- Rozenstein, O., Haymann, N., Kaplan, G., & Tanny, J. (2018). Estimating cotton water consumption using a time series of Sentinel-2 imagery. *Agricultural Water Management*, 207, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.017>
- Segarra, J. (2024). Satellite Imagery in Precision Agriculture. *Digital Agriculture*, 325–340. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43548-5_10
- Segarra, J., Buchailot, M. L., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2020). Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. *Agronomy*, 10 (5), 641. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050641>
- Segarra, J., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2022). Farming and Earth Observation: Sentinel-2 data to estimate within-field wheat grain yield. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 107, 102697. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102697>
- Segarra, J., Rezzouk, F. Z., Aparicio, N., González-Torralba, J., Aranjuelo, I., Gracia-Romero, A., Araus, J. L., & Kefauver, S. C. (2023). Multiscale assessment of ground, aerial and satellite spectral data for monitoring wheat grain nitrogen content. *Information Processing in Agriculture*, 10 (4), 504–522. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.05.004>
- Singh, V. (2024). Advances in precision agriculture technologies for sustainable crop production. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30 (2), 61–71. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i21844>
- Skakun, S., Kalecinski, N. I., Brown, M. G. L., Johnson, D. M., Vermote, E. F., Roger, J.-C., & Franch, B. (2021). Assessing within-field corn and soybean yield variability from WorldView-3, Planet, Sentinel-2, and Landsat 8 Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 13 (5), 872. <https://doi.org/10.3390/rs13050872>
- Solano, F., Di Fazio, S., & Modica, G. (2019). A methodology based on GEOBIA and WorldView-3 imagery to derive vegetation indices at tree crown detail in olive orchards. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 83, 101912. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101912>
- Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111402. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111402>

ORCID

B. Chetverikov  <https://orcid.org/0000-0001-8677-1735>
L. Babiy  <https://orcid.org/0000-0002-5772-4865>



2024 Chetverikov B. and Babiy L. 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.

Space-time transformations of urban landscapes of the city of Poltava

S. Shevchuk¹ | V. Hlukhota²

Article info

Correspondence Author

S. Shevchuk

E-mail:

serhii.shevchuk@pdaa.edu.ua

¹ Poltava State Agrarian University,
1/3, Skovorody str., Poltava,
36003, Ukraine

² Poltava National Pedagogical University named after V. G. Korolenko,
Ostrogradskiyi str., 2, Poltava,
36000, Ukraine

Citation: Shevchuk, S., & Hlukhota, V. (2024). Space-time transformations of urban landscapes of the city of Poltava. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 91–97. doi: 10.31210/spi2024.27.04.15

The city, as a geographical category, has historically served as a pivotal center and engine of social, scientific, and technological progress. It accumulates demographic, administrative, economic, scientific-technical, and cultural potential, exerting a profound and often decisive influence on the development of surrounding areas. The modern city has become a key hub of spatial transformations that radiate outward, affecting not only adjacent regions but also entire countries and continents. These transformations lead to the emergence of a unique type of landscape – the urban landscape. Contemporary landscape studies go beyond examining the structure and diversity of landscapes. They increasingly focus on forecasting the processes and phenomena characteristic of such environments. A central aspect of this research involves analyzing the transformation of natural landscapes into their modified forms, known as anthropogenic landscapes, which eventually evolve into urban landscapes. Unlike natural landscapes, the development and diversification of urban landscapes are ongoing and dynamic processes, reflecting the continuous interplay between human activity and the natural environment. In this study, the typology of urban landscapes has been expanded through the application of supervised classification techniques in Geographic Information Systems (GIS). This approach has enabled the identification of primary and secondary types of urban landscapes. The research traces the evolutionary trajectory of Poltava's urban landscape, starting from the earliest settlements in the region. This progression moves through the stages of anthropogenic landscapes, residential landscapes, and urban landscapes, culminating in the formation of highly urbanized landscapes, which represent the apex of this developmental process. The study also examines the geographical factors that have shaped Poltava's urban landscapes and highlights the historical conditions underlying the city's emergence and development. A comparative analysis of satellite imagery from 1985 to 2023 reveals significant transformations in the city's urban landscapes over time. Among the most notable changes is the conversion of garden-park landscapes into low-rise urban landscapes. Simultaneously, high-rise urban landscapes have emerged in areas previously occupied by industrial urban landscapes. These shifts reflect broader trends of urban densification and spatial reorganization. Overall, the findings indicate a decrease in the area of garden-park landscapes, accompanied by a corresponding increase in both low-rise and high-rise urban landscapes. This transformation underscores the dynamic nature of urban development and its impact on the structure and function of urban landscapes. The study not only enhances our understanding of urban landscape evolution but also provides a framework for future urban planning and sustainable development in Poltava and similar cities.

Keywords: urban landscape, types of urban landscapes, evolution of urban landscape, agricultural landscape, GIS, Poltava.

Просторово-часові трансформації урболандшафтів міста Полтави

С. М. Шевчук¹ | В. О. Глухота²

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка,
м. Полтава, Україна

Розглянуто просторово-часові зміни урболандшафтів м. Полтави в контексті їх еволюції, структурних трансформацій та географічних особливостей формування. У дослідженні проаналізовано поняття урболандшафту та запропоновано їхню типологію, що базується на результатах класифікації за допомогою геоінформаційних систем (ГІС). Типологія охоплює основні типи урболандшафтів (багатоповерховий, промисловий, малоповерховий, садово-парковий та акваландшафт) і побічні (тафальні, белігеративні, комерційні, комунікативні, агроландшафти). Здійснено геопросторовий аналіз етапів розвитку та історичних умов формування урболандшафтів Полтави. За допомогою програмного забезпечення QGIS та плагіна «Dzetsaka» виконано класифікацію урболандшафтів міста станом на 1985, 2000 та 2023 рр. Результати дешифрування супутникових знімків Landsat-5 (28 жовтня 1985 р., 30 вересня 2000 р.) та Sentinel-2 (28 жовтня 2023 р.) дозволили визначити динаміку змін урболандшафтів за зазначений період. Аналіз підтвердив значні трансформації: у 1985 р. домінували садово-паркові та малоповерхові урболандшафти, тоді як багатоповерхові та промислові були сконцентровані на північному заході, півдні та сході міста. Значні площі також класифіковано як відкритий ґрунт. До 2000 р. спостерігається зростання площ багатоповерхового урболандшафту за рахунок садово-паркового та відкритого ґрунту, тоді як промисловий ландшафт залишився відносно стабільним. Станом на 2023 р. відбулися суттєві зміни: тривала трансформація садово-паркових ландшафтів у малоповерхові, особливо на півночі міста; ділянки малоповерхових ландшафтів помітно з'являлися серед багатоповерхових. Площа садово-паркових ландшафтів зменшилась, і вони стали більш розосередженими. Промислові урболандшафти частково трансформувалися у багатоповерхові, особливо на північному заході та півдні міста. Побічні типи урболандшафтів, хоча й не були чітко визначені в межах ГІС-класифікації, також зазнали змін: наприклад, промислові території перетворилися на комерційні (ТРЦ «Київ», «Екватор»), агроландшафти – на тафальні (нові кладовища, меморіали) чи комунікативні (транспортні розв'язки). Встановлено послідовність етапів трансформації: від освоєння території до формування антропогенних, сільбищних, міських ландшафтів і, зрештою, урболандшафтів. Дослідження трансформацій урболандшафтів є важливим для планування територій, зокрема створення чи розвитку нових мікрорайонів (Левада-2, Лазурний, Садовий) і формування нових типів урболандшафтів. Важливо забезпечити інтеграцію урболандшафтів Полтави з сільськими ландшафтами сусідніх населених пунктів (Ковалівка, Супрунівка, Тахтаулове). Отримані результати дозволяють глибше оцінити вплив урбанізації на структуру міського середовища та слугуватимуть основою для подальшого ландшафтного планування й підвищення екологічної стійкості міста.

Ключові слова: урболандшафт, види урболандшафтів, еволюція урболандшафту, агроландшафт, ГІС, м. Полтава.

Бібліографічний опис для цитування: Шевчук С. М., Глухота В. О. Просторово-часові трансформації урболандшафтів міста Полтави. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 91–97.

Урболандшафти відображають складні взаємодії між природними компонентами та антропогенними впливами, що робить їх дослідження важливим для розуміння загальних тенденцій міського розвитку і екологічного стану міського середовища. Виникнення та розвиток урболандшафтів характеризується постійною трансформацією одного виду в інший, а вивчення їх еволюції має на меті максимально використати ці зміни для оптимального ландшафтного планування території. Аналіз просторово-часових змін урболандшафтів м. Полтави дозволяє виявити динаміку трансформацій, що відбулися протягом останніх десятиліть, зокрема розширення міських територій, зміну використання земель та вплив діяльності людини на природні ландшафти. Полтава, як і багато інших міст України, переживає інтенсивний процес урбанізації, що призводить до значних змін у структурі та функціонуванні урболандшафтів, дослідження цих змін є необхідним для планування та управління міським середовищем. Використання ГІС дозволяє проводити більш точний і детальний аналіз трансформації урболандшафтів, забезпечує високу точність і наочність результатів, сприяє оцінці екологічної стійкості міста. Це дозволяє розробляти заходи для зменшення негативного впливу урбанізації на природне середовище та покращення якості життя мешканців. Дослідження трансформації урболандшафтів м. Полтави є важливим і своєчасним внеском у розуміння процесів міського розвитку, збереження екологічного балансу та створення сталих умов для життя населення. Це дослідження не лише розширює наукові знання у галузі урбаністики та географії, але й має практичне значення для міського планування та управління.

Методологічні та методичні аспекти дослідження урболандшафтів розроблено в працях Г. Денисика, О. Дмитрука [1], Л. Сорokinoї [2], Ю. Яцентюка [3], Г. Тітенко та Л. Баскакової [4] В. Щурової [5]. Окремі дослідження Л. Булави і Ю. Дмитренка [6], О. Коваленко [7], В. Вечерського [8] присвячені історії формування міського простору Полтави як проміжного етапу в формуванні урболандшафтів міста. С. Шевчук та В. Глухота у статті «Геопросторовий аналіз урболандшафтів м. Полтави» [9] охарактеризували умови та фактори їх формування і запропонували модель урболандшафтного районування міста, в якій виокремлено такі типи: багатоповерховий із промисловим та малоповерхово-сельбищний з ділянками садово-паркового та агроландшафтами; багатоповерховий з промисловим та малоповерхово-сельбищний з незначним рослинним покривом; малоповерхово-сельбищний з незначним рослинним покривом та багатоповерховий сельбищний з ділянками садово-паркового та акваландшафтів. Проте дослідження, які стосуються еволюції та трансформації урболандшафтів м. Полтави упродовж останніх десятиліть ще не проводилися.

Мета дослідження

Мета дослідження полягала у встановленні просторово-часові зміни в структурі урболандшафтів м. Полтави за 1985–2023 рр. та здійснити їх геопросторовий аналіз.

Під час виконання дослідження застосовувалися методи системно-структурного аналізу для дослідження стану вивчення урболандшафтів та особливостей їх еволюції, удосконалення класифікації урболандшафтів. Метод ретроспективно-хорологічного аналізу застосовано для зіставлення та виявлення змін у територіальному аналізі основних типів урболандшафтів у місті в 1985, 2000 та 2023 рр. Картографічні та геоінформаційні методи використано при укладанні моделі просторової розбудови м. Полтави, дешифруванні космічних знімків в середовищі «EO Browser» з використанням спектральних кольорів, а також програму «QGIS» – для створення картографічного матеріалу з візуалізації просторово-часових змін типів урболандшафтів, їх геопросторового аналізу.

Матеріали дослідження – космічні знімки супутника «Landsat-5» від 28 жовтня 1985 р., 30 вересня 2000 р. та супутника «Sentinel-2» від 28 жовтня 2023 р.; онлайн середовище «EO Browser»; програми «QGIS» та плагін «dzetsaka», результати власних спостережень та узагальнень.

Результати та їх обговорення

Сучасні дослідження ландшафтів характеризуються не лише глибоким вивченням їх будови, різноманіття, а й прогнозуванням характерних для них трансформацій, зокрема природних ландшафтів у їх модифікації – антропогенні ландшафти та власне урболандшафти. Розвиток та урізноманітнення останніх продовжується і в наш час.

Загальнопоширеною класифікацією урболандшафтів є їх поділ на сельбищні (багатоповерхова, малоповерхова, стихійна та дачна забудови), транспортні, промислові, агроландшафти, лісогосподарські, водогосподарські, белігеративні, сакральні, паразитичні девастовані тощо. Однак, такий підхід не враховує наявність природних ландшафтів у структурі урболандшафтів міста.

О. Железняк виділяє наступні типи урболандшафту:

- за конфігурацією (компактний, лінійний, кільцевий, клиноподібний, радіальний);

- за архітектурно-планувальною схемою (моноцентричний, поліцентричний, без виражених центрів); за призначенням у функціонуванні міста (санітарно-гігієнічний, житловий, комерційний, естетичний, комунікаційний тощо) [10]. Т. Чиркова і С. Столбцов пропонують класифікацію урболандшафтів за змістом, виділяючи три основні класи міських ландшафтів: селитебні, транспортні, інші ландшафти, що визначають функціональні особливості міста [11].

З урахування можливостей ГІС доцільно виділяти основні та побічні типи урболандшафтів міста. Серед основних: промисловий (займає значні території, часто відрізняється наявністю інтенсивних атмосферних забруднювачів, промислові майданчики і складські зони погано озеленені, на їх території переважає рудеральна рослинність); багатоповерховий (визначає основні риси «обличчя» міста, складається з різновисотної житлової забудови міста); малоповерховий характеризується незначною

щільністю забудови та чергуванням ділянок садово-паркового урболандшафту); садово-парковий, або рекреаційний (представлений лісопарками, лукопарками, міськими і заміськими парками з рекреаційними функціями, благоустроєм і обладнанням – парки культури та відпочинку, спортивно-оздоровчі зони); акваландшафт (ландшафти річок, озер і ставків, які умовах міст є зарегульованими, виконують рекреаційні чи санітарно-гігієнічні функції). Побічні типи урболандшафту: комерційний (характеризуються незначною площею, але масовістю серед багатоповерхового, відсутністю природних ландшафтів, зазвичай представлені великими торговими центрами, ринками тощо); девастований (найчастіше представлені кар’єрними виїмками та відвалами в зоні видобутку будівельних матеріалів); комунікаційний (специфічна форма урбанізованого ландшафту, який розвивається у зв’язку з будівництвом залізниць та шосейних доріг); агрокультурний (складається з ландшафтів окремих населених пунктів у складі міста, а також дачних масивів, полів, луків і садів); тафальний (складається з поховань, курганів, кладовищ); белігеративний (утворився в результаті ведення воєнних дій чи як результат оборони міста).

Більшість дослідників розглядають розвиток урболандшафту від природного до антропогенного, а потім до сельбищного та власне урболандшафту. Але процес формування урболандшафту не завжди розпочинався з сельбищного ландшафту, оскільки не кожний населений пункт згодом трансформувалася в місто. Основними напрямками перетворення ландшафту в урболандшафт є: знищення природного рослинного і ґрунтового покриву для розробки мінеральних ресурсів; регулювання стоків річок та інших водотоків внаслідок створення водосховищ; використання землі під будівництво доріг та інженерних споруд; відчуження земель під очисні споруди і місця захоронення та утилізації відходів; створення штучного рослинного покриву в садах та парках [1]. Трансформація урболандшафтів є багатоступеневим процесом, що відображає поступове втручання діяльності людини у природні екосистеми. Початковий етап цього процесу розпочинається з освоєння території, що призводить до формування антропогенних ландшафтів. На цьому рівні відбуваються помірні, але незворотні зміни: змінюється ґрунтовий покрив, використовуються неприродні матеріали в будівництві, трансформуються мікроклімат, флора та фауна. Ці зміни визначають перехід до сельбищного ландшафту, для якого характерне інтегрування людських поселень у природне середовище. Наступним етапом є перетворення сельбищного ландшафту на міський, що супроводжується впорядкуванням території, зростанням забудови (малоповерхової та багатоповерхової) та значними змінами у природному середовищі. Однак, природна складова частково зберігається у вигляді парків, скверів, водойм і залишків агроландшафтів. Подальший розвиток урболандшафту характеризується переважанням багатоповерхової та промислової забудови, що супроводжується збільшенням площ із штучним покриттям і скороченням природних територій. Формуються штучні рекреаційні зони, змінюються природні в ойоми відповідно до потреб міста, що є визначальними ознаками урболандшафту. Зрештою,

урболандшафти об’єднуються в урбанізовані території, де домінують багатоповерхові житлові та промислові зони.

У моделі трансформації урболандшафту виділяється три ключові етапи:

- 1) формування сельбищного ландшафту;
- 2) перехід до міського ландшафту;
- 3) консолідація урболандшафтів у єдині урбанізовані території.

Кожен із цих етапів супроводжується зменшенням природної складової та збільшенням техногенного навантаження, що створює необхідність адаптації управлінських підходів до збереження екологічного балансу.

Еволюція урболандшафту також відбувається і в його типах. Найбільш характерними є такі зміни: малоповерховий перетворюється в багатоповерховий; промисловий в рекреаційний, зрідка в садово-парковий; промисловий трансформується в багатоповерховий, агроландшафт – у малоповерховий.

З-поміж чинників формування урболандшафтів визначальними є рельєф, клімат, ґрунти, рослинний світ і внутрішні води; стан природних ландшафтів, населення та особливості історичного розвитку міста.

Місто Полтава розташоване на рівнинному Полтавському плато і його крутому прирічковому схилі, ця територія належить до крайньої південної частини Атлантично-континентальної помірно вологої, помірно теплої кліматичної області. Водний басейн міста включає більш ніж 100 водних об’єктів, а саме: 76 ставків, 3 річки та 22 струмки. В межах міста представлені різноманітні типи ґрунтів, включаючи чорноземи, темно-сірі та сірі лісові ґрунти лісостепу; значною мірою поширені техноземи. На території м. Полтави знаходиться 20 парків, 28 скверів та 12 бульварів, загальна площа зелених насаджень складає 360,77 га, займаючи понад 15 % площі міста [9].

Загальна чисельність жителів м. Полтави на 01.01.2023 р. складала 275 573 осіб [12]. Середня густина населення в місті 2528,6 осіб/км². Найбільшим по чисельності є Київський район, який охоплює Центральну частину міста та мікрорайони Пушкарівський, Браїлки і райони малоповерхової забудови – Юрїївка, Рибці, Яківці. Шевченківський район має території щільної забудови багатоповерхівками – Сади-1, Сади-2, Огнівка та Алмазний. Саме останній мікрорайон і є найбільш чисельним у місті – тут проживає понад 30 тис. жителів. Подільський район міста є найменшим за кількістю жителів. Лише мікрорайон багатоповерхової забудови – Левада має чисельність близько 25 тис., решта території району – це окремі населені пункти – Монастирська Гора, Затишний, Дублянщина, які мають близько 2–3 тис. мешканців.

Згідно з дослідженнями О. Коваленко в історії формування міського простору Полтави можна виділити декілька етапів, поміж яких – доба раннього заліза (VII–III ст. до н. е.) та сіверсько-давньоруський період (IX ст. – перша чверть XV ст.) засвідчують історію освоєння цієї території. Наступний період характеризується подальшим територіальним зростанням міста і відповідно утворенням сельбищного ландшафту. У 1640-х рр. виникла Полтавська фортеця, і стала найголовнішою частиною урбаністичного утворення. Окрім фортеці, тобто середмістя,

міський простір включав у себе передмістя та міські села що утворили декілька територіальних рівнів. У другій половині XVII ст. Мазурівка та Поділ стали першими передмістями Полтави, які були засновані ще в першій половині XVII ст. Внаслідок цього форштадти (передмістя) отримали характерне планування. Особливості планування форштадтів включали нерегулярність, залежність від ландшафту, розміщення забудови вздовж доріг, продовження головних вулиць міста на передмісті, встановлення головних вулиць паралельно до вододілів та осей долин, а вторинних – перпендикулярно до них, переважання не квартальної, а кутової забудови, освоєння схилів балок та існування великої кількості провулків. Ближні околиці, такі як приміські села, слободи та хутори, були територіально та економічно пов'язані з міським центром, а при подальшому зростанні міської території вони були включені до міських меж.

У період з другої половини XVII ст. до середини XVIII ст. м. Полтава функціонувало як центр Полтавського полку. Протягом цього часу в місті почали формуватися міські ландшафти. Полтава отримала власну композиційну структуру, сформувалася адміністративний та торговельний центр, а також з'явилися специфічні будівлі, необхідні для функціонування фортеці та міста. Також відбулося розширення міської території на Монастирську Гору, забудова схилів балок та низовинних ділянок між Соборним майданом та Інститутською горою. У XVIII ст. місто мало чітку композиційну ієрархію, одним з основних елементів якої був Соборний майдан, на якому розміщувалися Успенський собор та магістрат. Саме ці об'єкти відігравали важливу роль у плануванні історичної частини міста, що була акцентом радіальної забудови та просторової структури фортеці [7].

З кінця XVIII ст. до початку XIX ст. Полтава перетворилася з полкового міста на повітове, а з 1802 по 1917 рр. функціонувала як центр Полтавської губернії. Під час цього періоду місто було переплановане і адміністративний центр був перенесений

на нове місце, що і стало композиційним вузлом радіальної забудови. Змінилися композиційні осі, крім головної, відбулося зростання міської території за рахунок північно-західних ділянок, що прилягали до фортеці, забудова навколо нового центру, який з'явився на раніше не забудованій території.

22 вересня 1937 р. була створена Полтавська область із центром у м. Полтаві. Це спричинило ухвалення другого генерального плану реконструкції міста у 1938 р. Цей план передбачав створення громадських, житлових та промислових зон, з винесенням фабрик і заводів за межі житлових районів, а також закладання нових парків і скверів. Інтенсивна забудова відбувалася на колишніх околицях міста, таких як Павленки, Юріївка, Лісок. У 1946 р. було прийнято рішення про адміністративне та господарське підпорядкування місту українських сіл Якіці, Рибці, Браїлки, Тернівщина, Огнівка, Мала Рудка та Кривохатки.

На початку 1960-х рр., коли розпочалося будівництво заводу штучних алмазів, житлове будівництво переважно перенеслося на південь міста, де виник новий житловий масив – Алмазний. У 1973 р. почалося будівництво нових житлових масивів – Пушкарівський і Браїлки, де на середину 1980-х рр. проживало по сорок тисяч мешканців. Для того, щоб поєднати віддалені території міста, наприкінці 1980-х рр. збудовано мікрорайони Сади-1, Сади-2, Огнівка, які стали продовженням до вже існуючих районів Алмазний та Пушкарівський, таким чином завершивши формування єдиного урбаністичного простору в південно-західній частині міста [6].

Сучасна розбудова міста триває в південній її частині – мікрорайон Садовий та в північній – 109 мікрорайон. Згідно з генеральним планом розвитку Полтави в найближчому майбутньому мають з'явитися мікрорайони Левада-2, на південь від вже існуючого Левада, також подальша розбудова 109-го та Дослідного поля, а також розбудова мікрорайонів Огнівка і Юріївка (рис. 1).

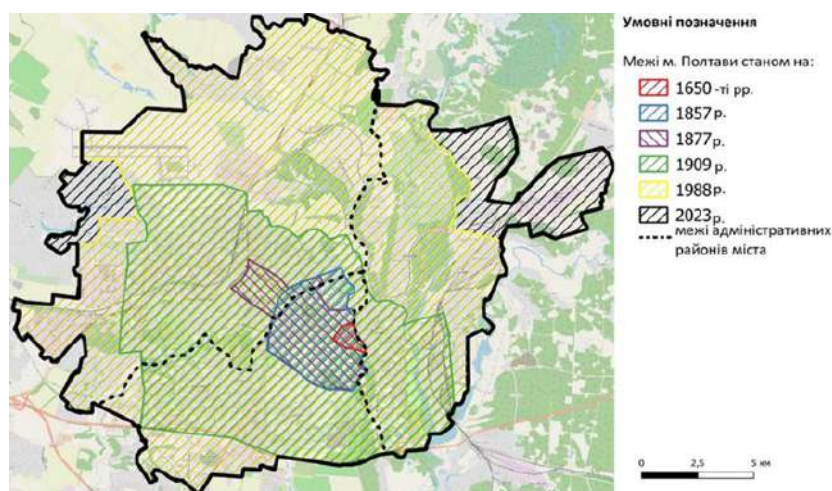


Рис. 1. Розбудова м. Полтави з 1650-х рр. по 2023 р.

Аналіз трансформації урболандшафтів м. Полтави проводився на основі порівняння різночасових знімків супутника Landsat-5 за 28 жовтня 1985 р. та за 30 вересня 2000 р. а також супутника Sentinel-2 за 28 жовтня 2023 р.

Дешифрування знімку за 28 жовтня 1985 р. (рис. 2) з використанням програми QGIS та плагіну dzetsaka показало переважання садово-паркового та малоповерхового в урболандшафтній структурі міста. Значні площі займають ділянки відкритого ґрунту,

це майбутні райони багатоповерхової житлової забудови – Огнівка, Левада, Сади-2. На карті ідентифіковано промисловий урболандшафт, який сконцентрований на північному-заході, півдні та сході міста. Вкраплення промислового урболандшафту також помітні на всій території Полтави. Багатоповерховий урболандшафт сконцентрований у таких районах міста – Центр, Пушкарівський,

Алмазний. Окремі ділянки можна спостерігати серед промислового та малоповерхового урболандшафтів. Малоповерховий урболандшафт – це колишні населені пункти Юріївка, Пушкарівка, Кривохатки, які включені до складу міста, сконцентрований здебільшого поміж садово-паркового урболандшафту на півночі, багатоповерхового – в центрі та в південній частині міста.

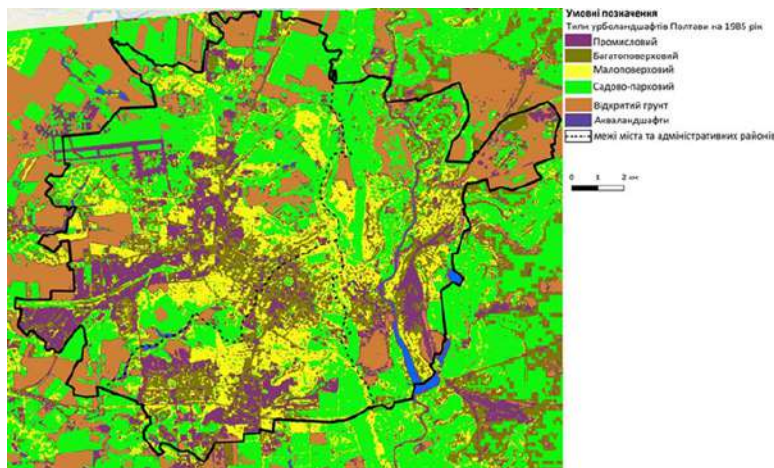


Рис. 2. Типи урболандшафтів м. Полтави, 1985 р.

Дешифрування знімку за 30 вересня 2000 р. (рис. 3) показало суттєві зміни урболандшафтів міста. Зменшилися ділянки садово-паркового ландшафту, натомість з'явився малоповерховий урболандшафт, особливо на півночі міста. Збільшилась забудова районів, які в минулому були окремими населеними пунктами – Рибці, Яківці, з'явилися дачні поселення в районах Червоного Шляху, Вакуленців. Багатоповерховий урболандшафт значно розширився,

сформувалися нові мікрорайони міста, де раніше були ділянки відкритого ґрунту – Левада з продовженням на Поділ, Сади-2, Огнівка. Окремі осередки також спостерігаються серед промислового та малоповерхового урболандшафтів. Промисловий урболандшафт в порівнянні з 1985 р. суттєвих змін не зазнав, збереглися і основні райони розташування – північний-захід, південь та на схід міста.

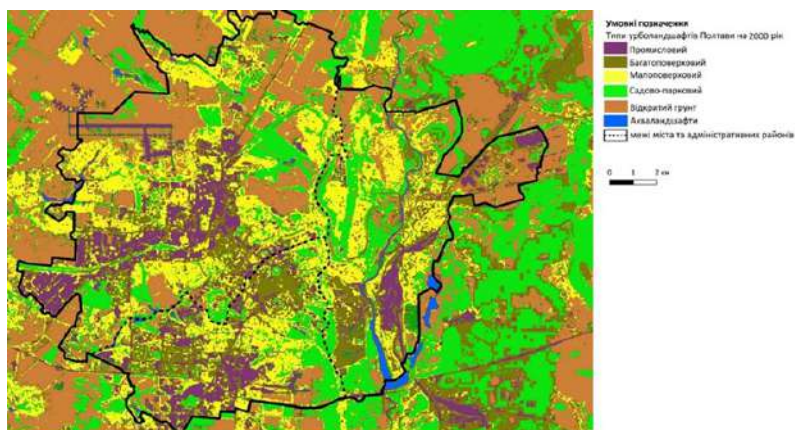


Рис. 3. Типи урболандшафтів м. Полтави, 2000 р.

Аналіз знімку за 28 жовтня 2023 р. (рис. 4) показав подальшу трансформацію урболандшафтів. На місці садово-паркових та агроландшафтів з'явилися малоповерхові урболандшафти, особливо на півночі міста – райони сіл Монастирська Гора, Яківці, Затишний, помітна динаміка об'єднання районів малоповерхового з іншими типами урболандшафтів міста.

Багатоповерховий урболандшафт став більш розосередженим в Полтаві, але локалізація в найбільших житлових масивах міста зберігається. Традиційно класифікуються основні житлові

мікрорайони міста – Левада, Пушкарівський, Алмазний, Сади-1, Огнівка. Динаміка промислового урболандшафту також зберегла локалізацію в місті – на північному-заході, сході та півдні міста, але його площа значно зменшилася. У порівнянні з минулими роками помітні трансформації промислового в багатоповерховий, зокрема в південній частині, де в минулому існував завод і на карті 1985 р., ця територія класифікована як промисловий урболандшафт, зараз, формується багатоповерховий урболандшафт.

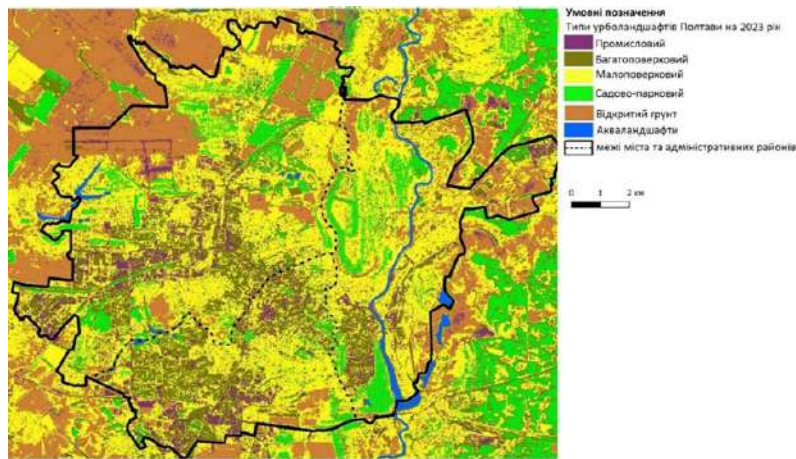


Рис. 4. Типи урболандшафтів м. Полтави, 2023 р.

Помітне також суттєве зменшення площ зменшення садово-паркового урболандшафту в порівнянні з 1985 та 2000 рр., спостерігаються лише його окремі локалізації.

Серед побічних типів урболандшафту також відбулися трансформації, зокрема перетворення промислового в комерційний. Найбільші торговельні центри міста – «Екватор» та «Київ» це колишні цехи заводів. Поширеними також є перетворення агроландшафтів у тафальні або комунікаційні чи бегігеративні ландшафти.

Обговорення результатів дослідження свідчить про його внесок у розвиток наукових підходів до аналізу трансформації урбанізованих ландшафтів. У порівнянні з попередніми роботами [1–11], які зосереджувалися переважно на теоретичних засадах класифікації та моделювання урболандшафтів, дана стаття виділяється інтеграцією просторово-часового та геоінформаційного аналізу, що дозволяє врахувати локальну специфіку трансформацій. Подібно до досліджень, присвячених геоінформаційним методам картографування [14–16], автори забезпечили точність і деталізацію результатів за рахунок використання сучасних ГІС-технологій. Новизна підходу полягає в інтеграції природних компонентів із урахуванням місцевих умов міста Полтави, що раніше залишалося поза увагою у подібних дослідженнях [10, 13, 17, 18]. Унікальність роботи також полягає в акценті на екологічно збалансованому міському плануванні, чого не було вітчизняних аналогах [12, 19, 20]. Таким чином, результати відкривають нові перспективи для адаптації розробленої методології до інших міських територій та розробки динамічних моделей для просторового планування міського середовища.

Висновки

За результатами аналізу просторово-часової розбудови м. Полтави встановлено послідовні етапи трансформації урболандшафту: перше освоєння території, утворення антропогенного, потім сельбищного, міського ландшафту і власне урболандшафту.

Дешифрування знімків супутника Landsat-5 за 28 жовтня 1985 р. та за 30 вересня 2000 р., а також

супутника Sentinel-2 за 28 жовтня 2023 р. показало значну трансформацію урболандшафтів міста. В 1985 р. виявлено домінування садово-паркового та малоповерхового урболандшафту, багатоповерховий та промисловий сконцентровані на північному-заході, півдні та сході міста. Значні площі також класифіковано як відкритий ґрунт. Аналіз результатів класифікації за 2000 р. засвідчив зміну збільшення площ багатоповерхового урболандшафту на місці садово-паркового та ділянками з відкритим ґрунтом, малоповерховий з'явився на місці садово-паркового, значної трансформації промислового урболандшафту не виявлено. Результати аналізу за 2023 р. показали суттєві зміни в урболандшафтах, зокрема продовжилися трансформації садово-паркового на малоповерховий урболандшафт, особливо на півночі міста; осередки малоповерхового також помітні поміж багатоповерхового по всьому місту; ділянок садово-паркового урболандшафту стало менше, і він став більш розосередженим; відбулися зміни також і серед промислового урболандшафту, на місці якого виникає багатоповерховий, що помітно на північному-заході та півдні міста. Побічні типи урболандшафтів хоч і не виділені за допомогою ГІС, але також трансформувалися в інші види.

Проведеними дослідженнями отримано дані щодо урболандшафтів м. Полтави із врахуванням природної складової, що дає змогу комплексно оцінити вплив урбанізації на структуру міського середовища. Отримані результати є основою для подальшого обґрунтованого ландшафтного планування та підвищення екологічної стійкості міста.

Конфлікт інтересів

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

Інформація щодо дослідження

Дослідження виконане у рамках виконання НДР Агроландшафтне планування землекористування сільських територій Полтавської області» (0122U000529), що реалізується на кафедрі геоматики, землеустрою та планування територій Полтавського державного аграрного університету.

References

1. Dmytruk, O. Yu. (2004). *Urbanized Landscapes: Theoretical and Methodological Foundations of Constructive-Geographical Research*. Kyiv: VGL Obrii. [
2. Sorokina, L. Yu. (2019) *The unified classification of natural and anthropogenically altered landscape complexes*. Kyiv: Publishing House "Steel"
3. Yatsentiuk, Yu. V. (2015). *Urban Landscape-Technical Systems (case study of the city of Vinnytsia): Monograph*. Vinnytsia: Nilan LTD.
4. Titenko, H. V., & Baskakova, L. V. (2014). Criteria and parameters for developing an urban landscape model. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series: Ecology*, 10, 91–95.
5. Shchurova, V. A. (2008). Classification and typology of urban landscapes. *Modern Problems of Architecture and Urban Planning*, 19, 201–204.
6. Bulava, L. M., & Dmytrenko, Yu. M. (2019). Experience in analyzing the history of formation of urban landscapes of Poltava. *Educational and Scientific Dimensions of Geography and Tourism: Materials of the II All-Ukrainian Scientific-Practical Conference* (April 26, 2019). (pp. 49–55). Poltava.
7. Kovaleno, O. V. (2012). Walking the streets of Poltava. *Historians*. Retrieved from <http://surl.li/oyslp>
8. Vecherskyi, V. V. (1993). Urban development of Poltava during the era of Hetmanate. *Cossack Antiquities of Poltava Region*, 1, 26–44.
9. Hlukhota, V., & Shevchuk, S. (2023). Geospatial analysis of urban landscapes in the city of Poltava. *Ekonomichna ta Sotsialna Geografiya*, 89, 21–30. <https://doi.org/10.17721/2413-7154/2023.89.21-30>
10. Zheleznyak, O. O. (2018). Classification and properties of structures of urbanized landscapes. *Scientific Technologies*, 1 (37), 101–105.
11. Chirkova, T. A., & Stolbtsov, S. V. (2008). Mapping urban landscapes (Case study of the city of Novomoskovsk, Dnipropetrovsk Region). *Problems of Continuous Geographic Education and Cartography*, 10, 230–235.
12. Kalashnyk, L. V. (Ed.). (2023). *Statistical yearbook of the city of Poltava for the year 2022*. Poltava: Main Statistical Office in Poltava Region.
13. Denisyk, G. I. (2011). Settlement landscapes: terms and concepts, their essence and legitimate use. *Scientific Notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsiubynskyi. Series: Geography*, 22, 5–9.
14. Chuvpylo, V., Shevchuk, S., Gapon, S., Nahorna, S., & Kuryshko, R. (2023). Cadastral systems and land structure in urban planning: optimization of land use and urban planning. *Urban Development and Spatial Planning*, 84, 407–423. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423>
15. Shevchuk, S., Domashenko, H., & Kuryshko, R. (2024). Geodetic monitoring in the development of integrated spatial development plans. *Geography and Tourism*, 76, 31–37. <https://doi.org/10.17721/2308-135x.2024.76.31-37>
16. Shevchuk, S., Domashenko, H., & Rozhi, T. (2024). Modern methods of geodesic mapping of territories: use of gps and gnss technologies. *Spatial Development*, 8, 506–517. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517>
17. Shevchuk, S., Prokopenko, N., & Rozhi, T. (2024). Analysis of the use of geodesic data in the planning and monitoring of agricultural landscapes: optimization of land use and nature protection. *Spatial Development*, 7, 445–458. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.445-458>
18. Dmytruk, S., Kupach, T., Demianenko, S., & Olishvska, Yu. (2009). Analiz struktury vidnovlennykh landshaftiv m. Kyieva ta prymiskoi zony. *Visnyk Kyivskoho Natsionalnoho Universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heohrafiia*, 56, 15–19. [in Ukrainian]
19. Kostrikov, S., Serohin, D., & Berezhnoy, V. (2021). Visibility analysis of the urbanistic environment as a constituent of the urbogeosystems approach. *Human Geography Journal*, 30, 7–23. LOCKSS. <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2021-30-01>
20. Vyatkin, K. (2020). Theoretical and methodological approaches to the definition of the land monitoring. *Municipal Economy of Cities*, 3 (156), 135–139. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-3-156-135-139>

ORCID

- S. Shevchuk  <https://orcid.org/0000-0002-8155-8326>
V. Hlukhota  <https://orcid.org/0000-0001-8152-9712>



© 2024 Shevchuk S. and Hlukhota 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.

Organic agriculture as a factor influence on the level of nitrates in water from non-centralized sources of rural settlements

L. Romanchuk  | R. Valerko

Article info

Correspondence Author

L. Romanchuk

E-mail:

ludmilaromanchuk14@gmail.com

Zhytomyr Polytechnic State University,
103 Chudniska St.,
Zhytomyr, 10005,
Ukraine

Citation: Romanchuk, L., & Valerko, R. (2024). Organic agriculture as a factor influence on the level of nitrates in water from non-centralized sources of rural settlements. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 98–104. doi: 10.31210/spi2024.27.04.16

The article examines the impact of organic agriculture on nitrate levels in water from non-centralized water supply sources in rural areas of Ukraine. The intensive use of mineral fertilizers in conventional agriculture is identified as the primary cause of anthropogenic nitrate pollution in groundwater, posing a serious threat to public health. Organic agriculture, based on environmentally safe principles, is considered one of the approaches to reducing environmental pollution. The article characterizes the current state of organic farming development in Ukraine, highlighting the growth in the number of organic production operators. Attention is focused on the differences between organic and conventional farming approaches, as well as the potential of organic farming to reduce pollution of water resources. This study aimed to assess the impact of organic agriculture on nitrate levels in drinking water from non-centralized water supply sources in Ukrainian rural areas where both organic and conventional farming are practiced. Research was conducted in 14 Ukrainian regions, covering rural areas practicing organic and conventional agriculture, primarily focused on crop production. However, traditional farming methods have led to ecological imbalances, including soil degradation, water pollution, and reduced crop quality. The widespread use of nitrogen fertilizers in Ukraine has driven increased agricultural productivity, but plants absorb only about 50% of these fertilizers, with the remainder polluting the environment, including surface and groundwater. From 2016 to 2022, the application of organic fertilizers in Ukraine showed a gradual increase, driven by European integration processes promoting organic farming. Despite positive trends, the contribution of organic farming to water quality improvement is unclear. Research revealed that nitrate levels in non-centralized water sources frequently exceeded permissible levels, with variations between 50 % and 100 % across regions. Elevated nitrate concentrations were particularly prominent in areas practicing traditional farming. However, even in organic farming regions, some samples showed significant nitrate levels. The findings underscore the urgent need for policies promoting sustainable agricultural practices and enhanced monitoring of water quality. Expanding organic farming practices and integrating advanced farming techniques could mitigate nitrate pollution and improve environmental and public health outcomes. Further studies should explore the long-term effects of organic farming on groundwater quality to guide policy decisions.

Keywords: drinking water, rural settlements, agriculture, fertilizers, nitrates

Органічне сільське господарство як чинник впливу на рівень нітратів у воді з нецентралізованих джерел сільських населених пунктів

Л. Д. Романчук | Р. А. Валерко

Державний університет
«Житомирська
політехніка»,
м. Житомир, Україна

У статті досліджено вплив органічного сільського господарства на рівень нітратів у воді з нецентралізованих джерел водопостачання сільських населених пунктів України. Інтенсивне використання мінеральних добрив у традиційному сільському господарстві є основною причиною антропогенного забруднення підземних вод нітратами, що створює серйозну загрозу для здоров'я населення. Споживання води з високим вмістом нітратів асоціюється з ризиком розвитку метгемоглобінемії, порушенням репродуктивного здоров'я та онкологічними захворюваннями. Органічне сільське господарство, що базується на екологічно безпечних принципах, розглядається як один із способів зменшення забруднення навколишнього середовища. У статті охарактеризовано сучасний стан розвитку органічного землеробства в Україні, зокрема зростання кількості операторів органічного виробництва. Увага акцентується на відмінностях між органічним і традиційним підходами до ведення господарства, а також на потенціалі органічного землеробства у зменшенні забруднення водних ресурсів. Дослідження проводились у 14 областях України, охоплюючи населені пункти, де застосовуються як органічні, так і традиційні методи ведення сільського господарства. Результати аналізу проб води з джерел нецентралізованого водопостачання свідчать про значні перевищення допустимого рівня нітратів у регіонах із переважанням традиційного землеробства. Виявлено, що у низці областей, таких як Херсонська, Кіровоградська та Вінницька, рівень нітратів у воді сягав 13,6 разів вище нормативів. Хоча органічне господарство демонструє позитивну тенденцію до зменшення використання хімічних добрив, у деяких випадках рівень нітратів у воді в населених пунктах з органічним виробництвом все ж перевищував нормативи. Це підкреслює необхідність подальшого вдосконалення методів органічного господарювання та запровадження системного моніторингу якості водних ресурсів. Отримані результати мають важливе практичне значення для формування екологічної політики, спрямованої на зниження забруднення водних ресурсів, а також для популяризації органічного землеробства як стратегії сталого розвитку аграрного сектора України.

Ключові слова: питна вода, сільські населені пункти, сільське господарство, добрива, нітрати.

Бібліографічний опис для цитування: Романчук Л. Д., Валерко, Р. А. Органічне сільське господарство як чинник впливу на рівень нітратів у воді з нецентралізованих джерел сільських населених пунктів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 98–104.

Вступ

Інтенсивне сільське господарство передбачає використання значної кількості штучних речовин, таких як мінеральні добрива та хімічні засоби захисту рослин, які не властиві природному середовищу. Це забезпечує стабільне отримання високих урожаїв, необхідних для задоволення продовольчих потреб населення. Однак, така практика має і суттєві недоліки. Зокрема, продукти харчування, отримані в результаті інтенсивного господарювання, можуть містити небезпечні речовини, такі як важкі метали, нітрати [1] та залишки пестицидів. До того ж, значного забруднення зазнає навколишнє середовище, включно із ґрунтом, водоймами, атмосферою та питною водою, де часто перевищуються допустимі рівні забруднюючих речовин.

Внесення великих обсягів мінеральних добрив, особливо азотних, є основною причиною збільшення концентрації нітратів у питній воді. Нітрати, які є солями азотної кислоти, переважно потрапляють до організму людини з питною водою або овочевою продукцією. Вони є одним із найбільш розповсюджених антропогенних забруднювачів підземних вод. Споживання води з високим вмістом нітратів може викликати метгемоглобінемію, негативно впливати на репродуктивне здоров'я та сприяти розвитку специфічних онкологічних захворювань [2, 3].

Проблема забруднення питної води нітратами в джерелах нецентралізованого водопостачання в сільських населених пунктах широко висвітлена в дослідженнях як українських [4–6], так і зарубіжних учених, які аналізують шляхи потрапляння нітратів у водні ресурси, причини перевищення їх допустимих концентрацій у питній воді, а також вплив цих сполук на здоров'я людини [7–9].

У багатьох регіонах світу концентрація нітратів у водних ресурсах продовжує зростати, насамперед через використання неорганічних добрив та гною тваринного походження в аграрних зонах. Азотні добрива є основним джерелом антропогенного азоту в навколишньому середовищі, а їх застосування набуло масового характеру після впровадження технології Габера-Боша в 1920-х роках. Особливо активне використання синтетичних добрив на полях почалося з 1980-х років. Близько половини азотних стоків із сільськогосподарських угідь потрапляє в поверхневі та підземні води, що стало основною причиною зростання концентрації нітратів у цих джерелах [10].

Органічне землеробство визнане ефективним способом зменшення забруднення пестицидами, збереження біорізноманіття та збільшення чисельності мікроорганізмів у ґрунті [11, 12]. Водночас його вплив на рівень забруднення водних ресурсів нітратами залишається дискусійним. На сьогодні відсутні ґрунтовні дослідження щодо впливу органічного господарювання на якість питної води в сільських населених пунктах України, де розташовані «органічні підприємства». Враховуючи, що вміст нітратів у джерелах питного водопостачання безпосередньо впливає на здоров'я та рівень життя населення, це питання є надзвичайно актуальним і потребує детального вивчення.

Мета дослідження

Метою даного дослідження була оцінка впливу ведення органічного сільського господарства на вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання у сільських населених пунктах України, у межах яких знаходяться фермерські господарства органічного та традиційного сільськогосподарського виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідним стало вирішення таких завдань:

- проаналізувати внесення мінеральних та органічних добрив на території України;
- охарактеризувати стан розвитку органічного виробництва в Україні та визначити його роль щодо екологізації сільського господарства;
- оцінити вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів різних областей України та визначити можливі причини їх перевищення.

Матеріали і методи

Дослідження проводились у 14 областях України протягом 2020–2022 років, на території сільських населених пунктів, у яких ведеться органічне та традиційне сільське господарство, переважаючою діяльністю яких є рослинництво (*табл. 1*).

Таблиця 1

Схема відбору зразків води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів України

| Область | Населений пункт | Органічне с/г | Традиційне с/г |
|----------------|-----------------------|---------------|----------------|
| Вінницька | с. Лука-Мелешівська | +* | -** |
| | с. Краснопілка | - | + |
| Волинська | с. Тростянець | - | + |
| | с. Маневичі | + | - |
| Житомирська | с. Заріччя | - | + |
| | с. Суємці | + | - |
| Київська | с. Рогачів | + | - |
| | с. Острожок | - | + |
| Кіровоградська | с. Гавронщина | + | - |
| | с. Лігочки | - | + |
| Миколаївська | с. Зелений Барвінок | + | - |
| | с. Голоківка | - | + |
| Одеська | с. Мішково-Погорілове | + | - |
| | с. Дорошівка | - | + |
| Полтавська | с. Саф'яни | + | - |
| | с. Свердлово | - | + |
| Рівненська | с. Шушвалівка | + | - |
| | с. Еркл | - | + |
| Тернопільська | с. Красносілля | + | - |
| | с.мт Гоща | - | + |
| Хмельницька | с.мт Бучач | + | - |
| | с. Жизномир | - | + |
| Херсонська | с. Олешки | + | - |
| | с. Маячка | - | + |
| Черкаська | с. Сахнівці | + | - |
| | с. Ярмолинці | - | + |
| Чернігівська | с. Христинівка | + | - |
| | с. Паланка | - | + |
| Чернівецька | с. Чемер | + | - |
| | с. Беремиське | - | + |

Примітки: * – сільські населені пункти, у яких знаходяться господарства органічного або традиційного сільського господарства; ** – не проводили відбір зразків.

Відбір проб питної води та їх транспортування і зберігання проводили відповідно до державного стандарту. Аналітичні дослідження зразків води на вміст нітратів (мг/дм³) здійснювали у сертифікованій вимірвальній лабораторії Поліського національного університету іонометричним методом.

Результати та їх обговорення

Характерною рисою сільських територій є діяльність виробників сільськогосподарської продукції, яка відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки та економічної стабільності країни. Водночас традиційні методи ведення сільського господарства спричинили значні порушення екологічної рівноваги, що проявляється в деградації ґрунтів, забрудненні водних ресурсів і зниженні якості рослинницької продукції.

В Україні за останні роки суттєво зросли обсяги виробництва сільськогосподарської продукції. Це пояснюється як зростанням світових цін на продовольство, так і значною інвестиційною привабливістю агропромислового комплексу. Для підвищення

врожайності культур і покращення родючості ґрунтів фермери активно застосовують мінеральні добрива. Водночас рослини засвоюють лише близько 50 % цих добрив, а залишки вимиваються за межі полів, забруднюючи довкілля, зокрема поверхневі водойми [13].

За даними ФАО ООН, найвищий рівень використання мінеральних добрив спостерігається в Нідерландах, де на 1 гектар вноситься 258 кг. У Великій Британії цей показник становить 247 кг, в Ізраїлі – 240 кг, Німеччині – 202 кг, Польщі – 176 кг, Франції – 169 кг, Чехії – 153 кг, а у США – 137 кг д. р. мінеральних добрив [14].

В Україні починаючи із 2016 року спостерігається збільшення кількості внесення мінеральних добрив (рис. 1), що спричинено збільшенням виробництва сільськогосподарської продукції, яка є основою продовольчої безпеки, фінансової стабільності та сталого функціонування держави. Збільшення кількості внесених добрив описується поліноміальною залежністю 3-го ступеня:

$$y = -25,871x^3 + 156632x^2 - 3E + 08x + 2E + 11$$

$R^2 = 0,8792$, що вказує на високий кореляційний зв'язок.

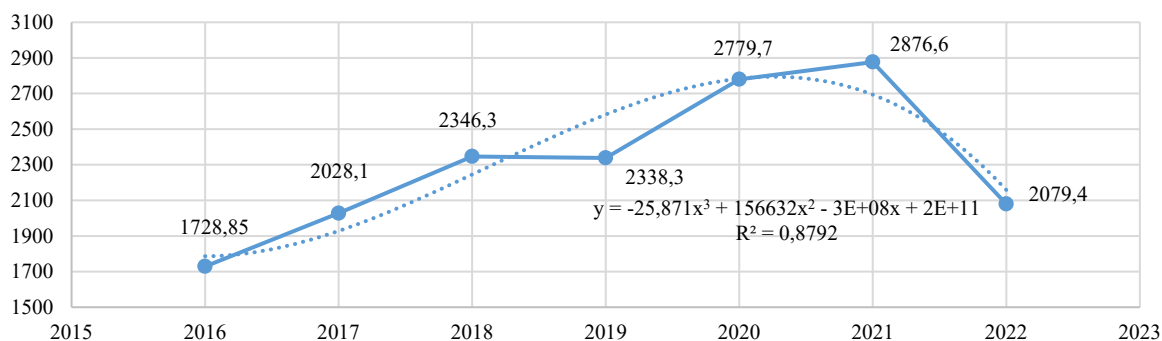


Рис. 1. Динаміка внесення мінеральних добрив під урожай в Україні, тис. т (побудова на основі літературних даних)

Джерело: [16].

У 2022 році лідерами за площею земель, удобрених мінеральними добривами, стали Одеська та Дніпропетровська області, де було удобрено відповідно 1050,7 тис. га та 1020,6 тис. га. Найвищий відсоток оброблених мінеральними добривами земель

зафіксовано в Одеській області – 95,7 %, тоді як найнижчий – у Херсонській області, де цей показник становив 68,2 %. Зниження частки в Херсонській області обумовлено активними бойовими діями в регіоні (рис. 2).

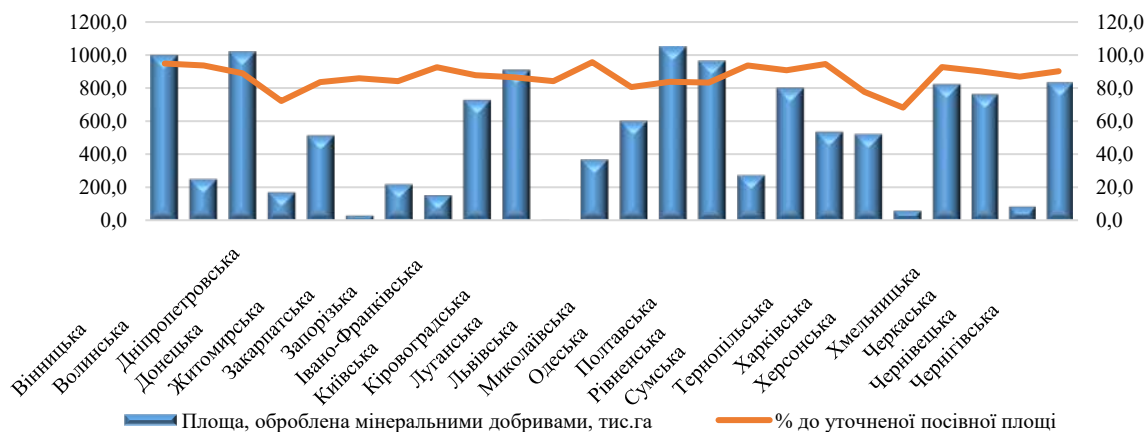


Рис. 2. Площа, оброблена мінеральними добривами у розрізі регіонів України, тис. га (побудова на основі літературних даних)

Джерело: [16].

Одним із важливих показників біологічної активності ґрунту та рівня забезпечення його рухомими формами азоту є нітрифікаційна здатність. Тривале використання ґрунтів без внесення добрив значно знижує цей показник, що призводить до обмеженого доступу рослин до рухомих форм азоту. Це пояснюється втратою енергетичних ресурсів,

необхідних для мікробної активності. Тому внесення азотних добрив є важливим заходом навіть для високородючих ґрунтів.

Азотні добрива займають провідне місце серед інших видів добрив. Зокрема, у 2022 році їх частка у структурі застосування добрив для вирощування сільськогосподарських культур в Україні становила 66% (рис. 3).



Рис. 3. Обсяг внесення мінеральних добрив за видами в Україні у 2022 році, % (побудова на основі літературних даних)
Джерело: [16].

Занепад тваринництва в Україні, який розпочався після 1990-х років, призвів до значного дефіциту органічних добрив. Це спричинило інтенсивну дегуміфікацію ґрунтів і погіршення їх агрофізичних властивостей.

У 2016 році частка сільськогосподарських угідь, удобрених органічними добривами, зменшилася до 2,6% у порівнянні з 13,1% у 1990 році. Внесення органічних добрив із розрахунку на 1 га скоротилося на 96%, що значною мірою пов'язано зі зменшенням поголів'я худоби. Наприклад, кількість свиней знизилася з 19,4 млн голів у 1990 році до 3,3 млн у 2018 році, а чисельність великої рогатої худоби скоротилася з 24,6 млн до 1,2 млн голів за той самий період [16].

Водночас з 2018 року спостерігається поступове зростання обсягів внесення органічних добрив і частки земель, оброблених ними (рис. 4). На нашу думку, ця позитивна динаміка зумовлена євроінтеграційними процесами в Україні, які стимулюють розвиток органічного землеробства як пріоритетного напрямку аграрної політики.

Динаміку внесення органічних добрив можна описати поліноміальною залежністю другого ступеня, яка має вигляд рівняння:

$y = -162,94x^2 + 1688,7x + 7345,3$, із достатнім рівнем кореляції $R^2 = 0,8137$.

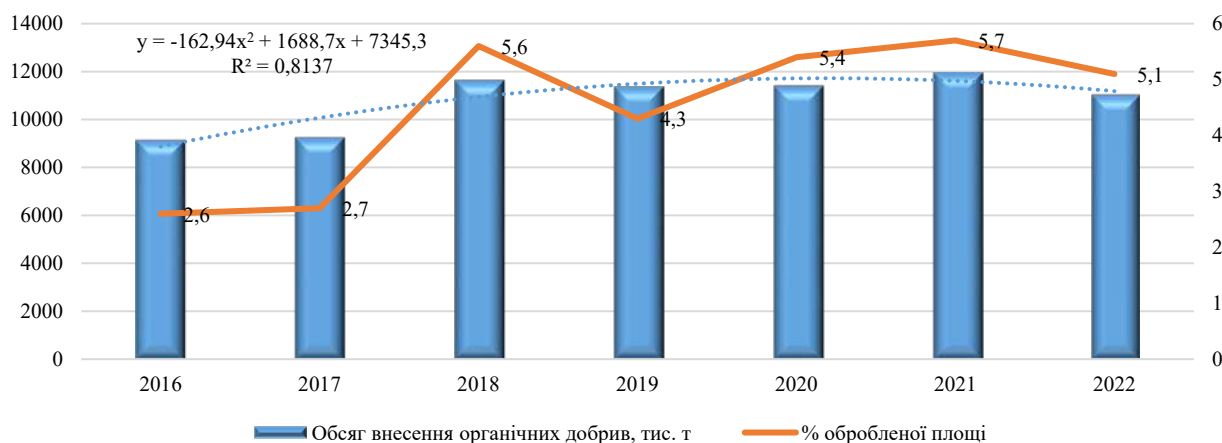


Рис. 4. Динаміка внесення органічних добрив в Україні протягом 2016-2022 років, тис. т (побудова на основі літературних даних)
Джерело: [16].

Екологізація сільськогосподарського виробництва є одним із шляхів вирішення проблем негативного впливу на стан довкілля, оскільки органічне сільське господарство базується на принципах екологічно безпечного господарювання, що підвищує якість продукції та знижує негативний вплив на довкілля. Наразі в Україні спостерігається позитивна динаміка

щодо кількості операторів органічного виробництва, зокрема й виробників сільськогосподарської продукції. Станом на кінець 2022 року в Україні, за даними Органікінфо, налічувалось 462 оператори, серед яких 380 є виробниками сільськогосподарської продукції (рис. 5).

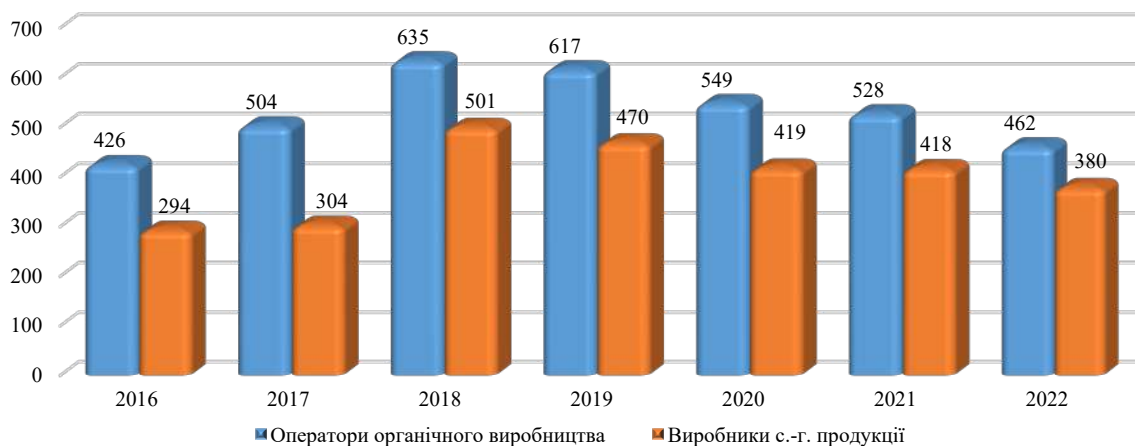


Рис. 5. Динаміка кількості операторів органічного виробництва в Україні протягом 2016-2022 років, шт (побудова на основі літературних даних)

Джерело: [18]

Найбільша кількість виробників органічної продукції знаходиться у Київській та Вінницькій областях. Понад 20 фермерських господарств виробляють органічну продукцію у Волинській, Житомирській, Львівській, Миколаївській, Полтавській та Харківській областях. У Закарпатській, Луганській, Одеській та Львівській областях налічується понад 10 виробників органічної продукції. Найменша кількість виробників органічної продукції в Донецькій області - лише дві компанії. Це пов'язано з профілем регіону та тим, що в регіоні зараз відбуваються активні військові дії, а частина території області тимчасово окупована. У Дніпропетровській, Запорізькій, Івано-Франківській, Кіровоградській, Сумській, Тернопільській, Херсонській, Хмельницькій, Черкаській, Чернігівській та Чернівецькій областях налічується від 4 до 9 виробників органічної продукції.

Забруднення підземних вод нітратами є серйозною екологічною проблемою, яка привертає

увагу науковців у всьому світі. Ця проблема має значний вплив на здоров'я людей через питну воду. Нітрати природним чином утворюються в підземних водах у результаті розкладання органічної речовини в ґрунті, однак їх концентрація може суттєво зростати через антропогенні чинники, основним із яких є сільське господарство [18].

Власні дослідження, проведені у межах сільських територій України, виявили, що вода з джерел нецентралізованого водопостачання часто не відповідає нормативам за вмістом нітратів. У різних регіонах відсоток проб, що не відповідають допустимим нормам, варіюється від 50 % до 100 %. Однак, у сільських районах Волинської, Закарпатської, Львівської, Миколаївської, Одеської, Полтавської, Рівненської та Харківської областей питна вода з нецентралізованих джерел виявилася безпечною за вмістом нітратів. Встановлено перевищення вмісту нітратів у 10 із 15 досліджуваних областей від 1,3 до 13,6 разів (рис. 6).

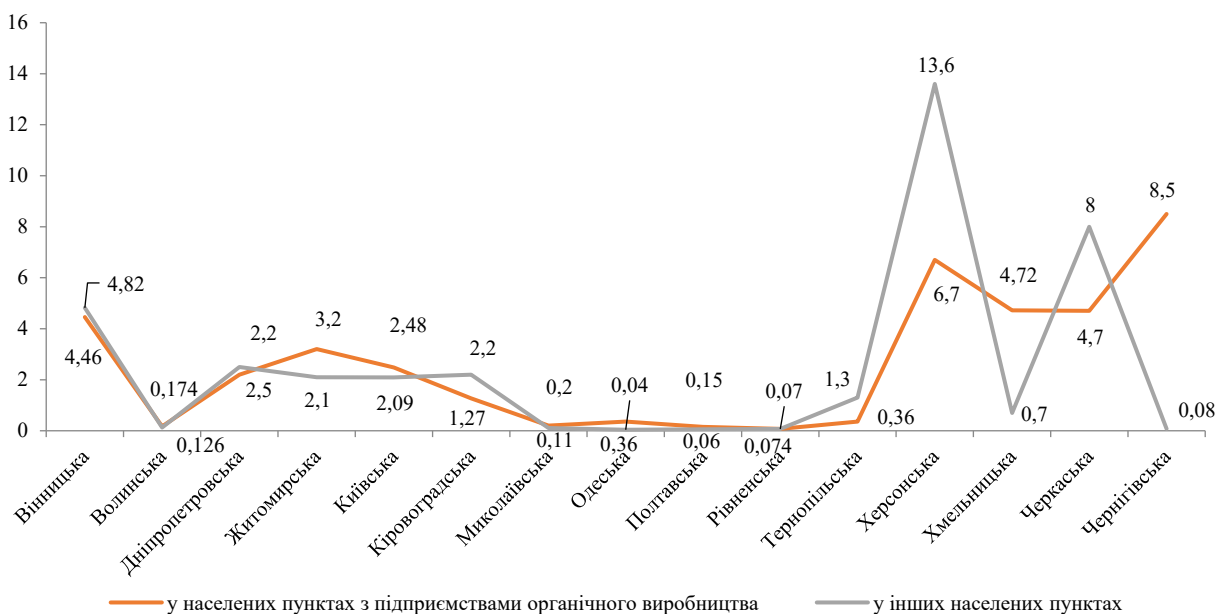


Рис. 6. Кратність перевищення ГДК нітратів у досліджуваних областях України

Найгірша ситуація зафіксована в Херсонській області, де вміст нітратів був у 13,6 разів вищим за норматив у селі Маячка, у межах якого практикується традиційне сільське господарство. У Вінницькій, Кіровоградській, Тернопільській, Херсонській та Черкаській областях проби, відібрані в населених пунктах, де переважає органічне сільське господарство, демонструють тенденцію до збільшення вмісту нітратів у питній воді порівняно з пробами із сільських населених пунктів, де провадиться традиційне сільське господарство.

Досить переконливими і цікавими виявилися результати дослідження в Чернігівській області, де проби води були відібрані в селі Чемер, в якому функціонує сільськогосподарська компанія ТОВ «Екопарк», яка займається вирощуванням органічної лохини. У свердловинах села Чемер було виявлено перевищення критичного рівня вмісту нітратів у середньому у 8,5 разів, що свідчить про те, що незважаючи на органічне спрямування фермерського господарства, воно здійснює негативний вплив на стан підземних вод. Ще одним населеним пунктом Чернігівської області є село Береміцьке, яке розташоване в заповідній зоні області, і на території села та навколо нього немає жодних фермерських господарств. Результати дослідження підтверджують, що вміст нітратів у колодязях села Береміцьке в

середньому значно нижчий за норму. У Житомирській, Київській та Хмельницькій областях результати дослідження неоднозначні. Середній вміст нітратів у сільських населених пунктах з органічним землеробством вищий, ніж у населених пунктах з традиційним землеробством. Особливо це стосується Хмельницької області, тоді як у Вінницькій та Дніпропетровській областях вміст нітратів у порівнюваних населених пунктах майже однаковий. В інших регіонах середня концентрація нітратів у питній воді з децентралізованих джерел водопостачання не перевищувала гранично допустиму концентрацію.

Також було оцінено залежність вмісту нітратів у колодязній воді в сільських населених пунктах досліджуваних регіонів України від кількості внесених азотних мінеральних добрив. Ця залежність описується поліноміальною лінією тренду третього порядку за формулою

$$y = 1E-05x^3 - 0,0223x^2 + 11,726x - 1701,7$$

з наближеним значенням надійності 0,32 і характеризується низькою залежністю вмісту нітратів у воді від кількості внесених азотних добрив (рис. 7). Таким чином, на вміст нітратів у питній воді з децентралізованих джерел водопостачання в сільській місцевості, окрім сільськогосподарських практик, впливають й інші антропогенні фактори.

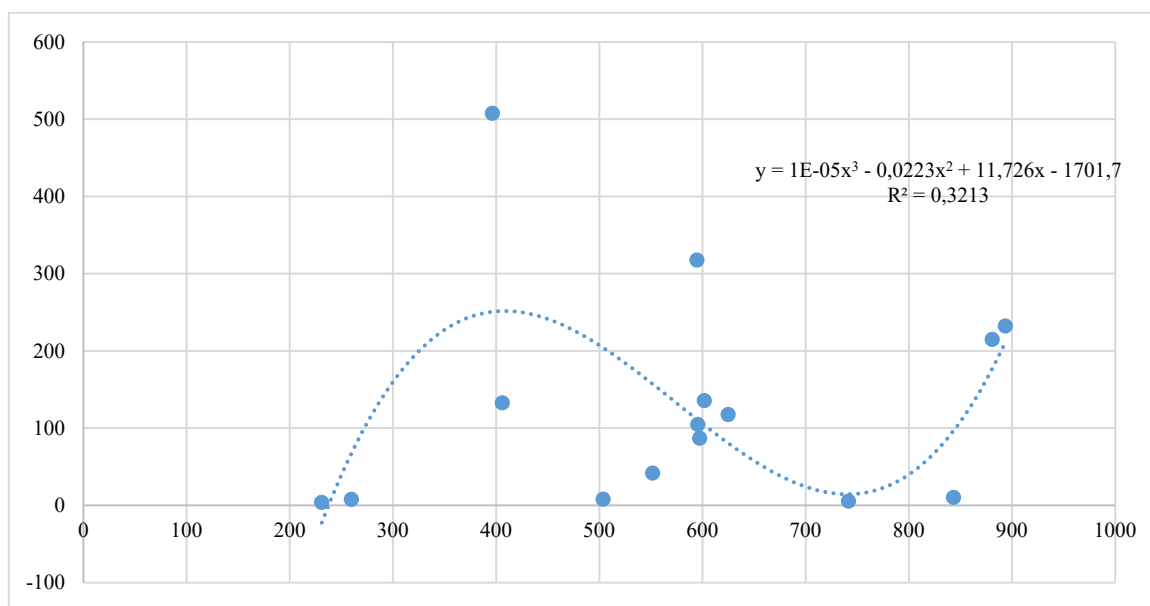


Рис. 7. Залежність вмісту нітратів у колодязній воді від кількості внесених мінеральних добрив у досліджуваних областях

На нашу думку, важливим фактором збільшення вмісту нітратів у підземних водах є також й підвищення середньорічних температур, яке наразі спостерігається в усіх регіонах України. Це також може призвести до зменшення кількості підземних вод у неглибоко залягаючих індивідуальних джерелах водопостачання, особливо в колодязях, частина з яких виснажена, що значно погіршило якість води та збільшило концентрацію розчинених речовин у воді, особливо нітратів. Звичайно, на вміст нітратів впливає і природний склад гірських порід, які через свою структуру можуть накопичувати надмірну

кількість хімічних елементів [19]. Однак, однією з найважливіших і найпоширеніших причин такої ситуації є забруднення колодязної води стічними водами вигрібних ям і тваринницьких ферм, хімікатами з полів та недотримання власниками свердловин законодавчих вимог щодо розміщення та утримання свердловин [20].

Висновки

У 2022 році в Україні внесення мінеральних добрив сягнуло пікових показників, зокрема в

Одеській області удобрено 1050,7 тис. га (95,7 % площ), крім того, азотні добрива становили 66 % від загального обсягу внесених добрив.

Занепад тваринництва призвів до дефіциту органічних добрив: у 2016 році частка угідь, удобрених органікою, зменшилася до 2,6 % порівняно з 13,1 % у 1990 році. Втім, з 2018 року спостерігається позитивна динаміка, що зумовлено євроінтеграційними процесами. У 2022 році в Україні діяло 462 оператори органічного виробництва, з яких 380 – виробники сільськогосподарської продукції.

У дев'яти з 14 проаналізованих областей України рівень нітратів у питній колодязній воді в сільських населених пунктах перевищував показники як у традиційних, так і в органічних господарствах; у Вінницькій, Кіровоградській, Тернопільській, Херсонській та Черкаській областях рівень нітратів в органічних господарствах був вищим, ніж у традиційних, і нижчим, ніж у фермерських господарствах, що не займаються органічним виробництвом. Протилежна ситуація спостерігалася в господарствах Житомирської, Київської, Хмельницької та Чернігівської областей, де вміст нітратів у ґрунтах традиційних господарств був нижчим, ніж в органічних. Найгірша ситуація зафіксована у Херсонській області, де перевищення ГДК нітратів досягло 13,6 разів.

Застосована модель оцінки ризику, така як регресійний аналіз, продемонструвала, що вміст нітратів у воді не повністю корелює з кількістю внесених добрив ($R^2 = 0,32$), що свідчить про вплив інших факторів, таких як неправильне зберігання гною, недотримання правил облаштування водозаборів та кліматичні зміни.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Valerko, R. A., Herasymchuk, L. O., Martenyuk, G. M., & Kravchuk, M. M. (2018). Ecological assessment of vegetable products grown in the city of Zhytomyr and its residential suburb. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 927–938. https://doi.org/10.15421/2018_295
2. Ward, M., Jones, R., Brender, J., De Kok, T., Weyer, P., Nolan, B., Villanueva, C., & Van Breda, S. (2018). Drinking water nitrate and human health: an updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (7), 1557. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>
3. Blaisdell, J., Turyk, M. E., Almborg, K. S., Jones, R. M., & Stayner, L. T. (2019). Prenatal exposure to nitrate in drinking water and the risk of congenital anomalies. *Environmental Research*, 176, 108553. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108553>
4. Hushchuk, I. V., Liakh, Yu. Ye., Safonov, R. V., Sedlyar, N. V., Smulka, L. S., Yankiv, V. A., & Rudnytska, O. P. (2022). Environmental and hygienic assessment of the quality of drinking water from the sources of centralized and decentralized water supply in the Volodymyrets district of Rivne region. *Hygiene of Populated Places*, 72, 30–40. <https://doi.org/10.32402/hygiene2022.72.030>

5. Kotkova, T. N., Fedjuchka, N. I., & Karas, I. F. (2018). Environmental assessment of drinking water in Luhyny district of Zhytomyr region on chlorides, sulphates and nitrates content. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (7), 83–87. <https://doi.org/10.15421/40280718>
6. Palapa, N. (2015). Assessment of rural residential areas according to drinking water quality. *Agroecological Journal*, 4, 41–47. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2015.318166>
7. Chen, J., Wu, H., & Qian, H. (2016). Groundwater nitrate contamination and associated health risk for the rural communities in an agricultural area of Ningxia, Northwest China. *Exposure and Health*, 8 (3), 349–359. <https://doi.org/10.1007/s12403-016-0208-8>
8. Ford, L., Bharadwaj, L., McLeod, L., & Waldner, C. (2017). Human health risk assessment applied to rural populations dependent on unregulated drinking water sources: a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14 (8), 846. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080846>
9. Feng, W., Wang, C., Lei, X., Wang, H., & Zhang, X. (2020). Distribution of nitrate content in groundwater and evaluation of potential health risks: A case study of rural areas in Northern China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (24), 9390. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249390>
10. Romanchuk, L. D., Valerko, R. A., Herasymchuk, L. O., Kravchuk, M. M. (2021). Assessment of the impact of organic agriculture on nitrate content in drinking water in rural settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 17–26.
11. Henneron, L., Bernard, L., Hedde, M., Pelosi, C., Villenave, C., Chenu, C., Bertrand, M., Girardin, C., & Blanchart, E. (2014). Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (1), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0215-8>
12. Sihi, D., Dari, B., Yan, Z., Sharma, D. K., Pathak, H., Sharma, O. P., & Nain, L. (2020). Assessment of water quality in indo-gangetic plain of South-Eastern Asia under organic vs. conventional rice farming. *Water*, 12 (4), 960. <https://doi.org/10.3390/w12040960>
13. Mel'nyk, S. I., Novichkov, O. V., Polupan, V. M., & Levenko, M. G. (2017). Increase the efficiency of organic fertilizers. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 5 (69). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2017.05.019>
14. Kireitseva, O. V. (2016). Ecological problems in agricultural production. *Scientific Bulletin of the National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine. Series: Economics, Agricultural Management, Business*. 244, 274–282.
15. Prokhorchuk, I. (2018). Innovatsiini tekhnologii vykorystannia dobryv: dosvid SShA. *GrowHow.in.ua*. Retrieved from: <https://www.growhow.in.ua/innovatsiini-tehnologiyi-vykorystannya-dobryv-dosvid-sshah/> [in Ukrainian]
16. Zastosuvannia dobryv i pestytsydiv dlia vrozhaiu silskohospodarskykh kultur (2023). *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian]
17. Bereziuk, S., & Zubar, I. (2019). Modern economic and ecological aspects of fertilizer application in the crop production. *Ekonomika APK*, 10, 34–43. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201910034>
18. Orhanichni operatory za 2016-2022 rr. (2022). *Organicinfo*. Retrieved from: <https://organicinfo.ua> [in Ukrainian]
19. Sahoo, P. K., Kim, K., & Powell, M. A. (2016). Managing groundwater nitrate contamination from livestock farms: implication for nitrate management guidelines. *Current Pollution Reports*, 2 (3), 178–187. <https://doi.org/10.1007/s40726-016-0033-5>
20. Lototska, O. V., & Prokopov, V. O., (2018). Assessment of the risk of the consumption of drinking water with the increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil region. *Environment & Health*, 4 (89), 20–24. <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.020>

ORCID

L. Romanchuk  <https://orcid.org/0000-0003-4790-8414>
R. Valerko  <https://orcid.org/0000-0003-4716-0100>



2024 Romanchuk L. and Valerko R. 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 a probiotic feed additive on the growth of young quails

I. Kachanov | Y. Poberezhets

Article info

Correspondence Author

I. Kachanov

E-mail:

kachanovigor5@gmail.comVinnytsia National Agrarian
University,
Sonyachna St., 3,
Vinnytsia, 21000,
Ukraine

Citation: Kachanov, I., & Poberezhets, Y. (2024). The effect of a probiotic feed additive on the growth of young quails. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 105–108. doi: 10.31210/spi2024.27.04.17

The article examines the effect of probiotic feed additive on the growth dynamics and live weight gain of quails. Probiotics are a modern solution to combat pathogenic microflora in animals, stimulate productivity, and support the production of environmentally friendly livestock products. The purpose of the experiment was to study the effect of probiotic supplementation on live weight, growth and feed consumption of quail breeders. Four groups of one-day-old quails of the «Manchurian Golden» breed were selected based on the principle of analogue groups. Each group contained 50 birds. The duration of the experiment was 49 days, including 7 days for levelling and 42 days for the main experimental period. The control group was fed a complete pelleted feed, while the experimental groups of quails received a probiotic feed additive in different doses. The probiotic under study contained a mixture of concentrates: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium* and dextrose. The results showed that probiotic feeding increased the live weight of quails at the age of 49 days in the 2nd group by 4.5 % ($P < 0.01$), in the 3rd group by 14.4 % ($P < 0.001$), and in the 4th group by 6.0 % ($P < 0.001$), compared to the control group. Feeding the probiotic also positively affected the absolute growth rate. In the 2nd, 3rd and 4th experimental groups, the absolute growth increased by 4.8 %, 14.9 % and 6.4 % ($P < 0.001$), respectively, compared to the quails of the control group. Under the influence of the feed additive, the average daily growth increased in young quails of the 2nd group by 4.5 % ($P < 0.05$), in the 3rd group by 14.6 % ($P < 0.001$), and in the 4th group by 6.1 % ($P < 0.01$) compared to the control. The additional feeding of probiotic supplementation also reduced feed consumption per 1 kg of live weight gain by 27.0 % in the 3rd experimental group compared to the control.

Keywords: probiotics, quail breeding, live weight, gains, productivity.

Вплив пробіотичної кормової добавки на ріст молодняку перепелів

I. O. Качанов | Ю. М. Побережець

Вінницький національний
аграрний університет,
м. Вінниця, Україна

У статті досліджено вплив пробіотичної кормової добавки на динаміку росту перепелів та приростів живої маси. Пробиотики – це сучасне вирішення боротьби з патогенною мікрофлорою в організмі тварин та стимулювання продуктивності та виробництва екологічно чистої продукції тваринництва. Метою дослідження є вивчення впливу пробіотичної добавки на живу масу, прирости та витрату корму ремонтного молодняку перепелів. Для експерименту було відібрано 4 групи перепілок однодобового віку «Маньчжурської золотистої» породи за принципом груп-аналогів. В кожній групі було по 50 голів. Тривалість дослідження становила 49 діб, який включав в себе 7 діб зрівняльного та 42 доби основного періоду. Основою годівлі в перепелів контрольної групи був повнораціонний гранульований комбікорм. Дослідним групам перепілок до основного раціону добавляли пробіотичну кормову добавку в різних дозах. Досліджуваний пробіотик містив суміш концентратів: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium* та декстрозу. Визначено, що згодовування пробіотики підвищило живу масу перепелів у віці 49-ти діб в 2-й групі на 4,5 % ($P < 0,01$), 3-й на 14,4 % ($P < 0,001$) та 4-й на 6,0 % ($P < 0,001$), відносно контрольних аналогів. Встановлено, що згодовування кормової добавки позитивно вплинули на показники абсолютного приросту. У птиці 2-ї, 3-ї та 4-ї дослідної групи зріс абсолютний приріст відповідно на 4,8, 14,9 та 6,4 % ($P < 0,001$) відносно перепілок контрольної групи. За дії кормової добавки середньодобовий приріст, підвищується у молодняку перепелів 2-ї групи на 4,5 % ($P < 0,05$) у 3-й на 14,6 % ($P < 0,001$), та у 4-й на 6,1 % ($P < 0,01$), проти контрольних ровесників. За додаткового згодовування пробіотичної добавки, виявлено зниження витрат корму на 1 кг приросту живої маси в 3-й дослідній групі на 27,0 % порівняно з контролем.

Ключові слова: пробіотики, перепелівництво, жива маса, прирости, продуктивність.

Бібліографічний опис для цитування: Качанов І. О., Побережець Ю. М. Вплив пробіотичної кормової добавки на ріст молодняку перепелів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 105–108.

Вступ

Птахівництво є однією з найважливіших галузей сільського господарства в багатьох країнах світу. У великомасштабному комерційному птахівництві тварини піддаються впливу різним біотичним стресам, переважно пов'язаних з бактеріальними, вірусними та грибовими патогенами, які призводять до значних економічних втрат [7].

Загальний стан організму перепелів прямопропорційно відображається на продуктивності. Тому продуктивні якості птиці є важливим показником оцінки ефективності основного раціону та додаткового згодовування кормових добавок природного походження [3, 10].

Важливим аспектом вирощування здорової «органічної» птиці є контроль та балансування мікробної флори, що необхідно робити комплексно. Тому більшість фермерів віддають перевагу саме пробіотикам, а не антибіотикам [2, 22].

Пробіотики – це живі організми або мікробні кормові добавки, спрямовані на поліпшення мікробного балансу кишечника. Різні штами бактерій мають унікальні характеристики та функції, завдяки чому в кишечник потрапляє ширший спектр корисних бактерій, що сприяє мікробному різноманіттю [21]. Мікробіота кишечника – це динамічна екосистема,

на яку можуть впливати різні фактори, такі як зміни в дієті або фактори навколишнього середовища [6, 17, 18].

Певні штами бактерій були детально вивчені і довели, що вони мають певні переваги. Мультиштамові пробіотики дають змогу застосовувати їх цілеспрямовано, оскільки можна вибрати штами, які відомі своєю ефективністю у вирішенні конкретних проблем зі здоров'ям [1, 12, 14, 15].

Мета дослідження

Метою роботи було з'ясувати вплив пробіотичної кормової добавки на живу масу, прирости та витрати корму в молодняку перепелів яєчної породи.

Матеріали і методи

Науково-господарський дослід відбувався в умовах віварію Вінницького національного аграрного університету м. Вінниця на ремонтному молодняку перепелів «Маньчжурської золотистої» породи. Для проведення дослідів відібрали 4 групи однодобових перепеленят за принципом груп-аналогів. У кожній групі було по 50 голів. Дослід для ремонтного молодняку перепелів тривав 49 днів у тому числі зрівняльний період 7 днів та основний 42 доби (*табл. 1*).

Таблиця 1

Схема науково-господарського дослідів

| Група | Кількість тварин у групі, гол | Тривалість дослідів, днів | | Особливості годівлі |
|--------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|------------------------------------|
| | | зрівняльного | основного | |
| 1-контрольна | 50 | 7 | 42 | ОР (повнораціонний комбікорм) |
| 2-дослідна | 50 | 7 | 42 | ОР + «Гардізен М» (500 г/т корму) |
| 3-дослідна | 50 | 7 | 42 | ОР + «Гардізен М» (1000 г/т корму) |
| 4-дослідна | 50 | 7 | 42 | ОР + «Гардізен М» (1500 г/т корму) |

Перепелам контрольної групи згодовувався повнораціонний гранульований комбікорм ТМ «Калинка»-25 П для молодняку перепела. В той час, три дослідні групи до основного раціону споживали різні дози пробіотичної добавки «Гардізен М».

Досліджувана добавка містить суміш концентратів пробіотиків: *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. rhamnosus*, *L. acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium* та декстрозу.

Живу масу тіла перепелів визначали шляхом зважування на електронних вагах з точністю до 1 г [9].

Біометричну обробку результатів дослідів проводили використовуючи дисперсійний аналіз (ANOVA). Крім того, розраховували статистичну вірогідність за критерієм Фішера, де визначали межі достовірності: $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$ [20].

Результати та їх обговорення

За результатами дослідів виявлено, що починаючи з 14-ти добового віку в птиці 3-ї та 4-ї дослідної групи зростає жива маса відповідно на 4,2 % ($P < 0,01$) та 2,9 % ($P < 0,05$), проти контролю (*табл. 2*).

Таблиця 2

Динаміка росту перепеленят, $x \pm SD$, $n=50$

| Вік, днів | Група | | | |
|-----------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | 1-контрольна | 2-дослідна | 3-дослідна | 4-дослідна |
| 1 | 7,3±0,09 | 7,4±0,07 | 7,4±0,07 | 7,3±0,07 |
| 7 | 37,1±0,58 | 37,8±0,34 | 38,1±0,32 | 37,2±0,34 |
| 14 | 98,2±0,98 | 100,4±0,84 | 102,3±1,14** | 101,1±0,90* |
| 21 | 158,7±1,44 | 162,8±1,05* | 162,3±1,09* | 162,2±0,92* |
| 28 | 197,4±2,44 | 205,4±2,49* | 206,5±2,22** | 204,4±2,27* |
| 35 | 231,7±4,30 | 241,7±5,15 | 240,6±6,25 | 241,2±5,66 |
| 42 | 237,3±3,69 | 250,1±4,63* | 255,6±5,09** | 264,7±4,87*** |
| 49 | 254,7±2,55 | 266,2±3,43** | 291,5±4,42*** | 270,1±3,32*** |

Встановлено, що у віці 21-ї доби, перепели 2-ї, 3-ї та 4-ї груп переважали своїх аналогів з контролю на 2,5, 2,2 та 2,2 % (P<0,05) відповідно.

Показники живої маси також відрізнялися в 28-ми добовому віці, так, перепели 2-ї групи були важчі на 4 % (P<0,05), 3-ї на 4,6 % (P<0,01) та 4-ї на 3,5 % (P<0,05), порівняно з контрольними ровесниками.

У віці 42-х діб, перепели 2-ї групи переважали за живої масою на 5,3 % (P<0,05), 3-ї на 7,7 % (P<0,01) та 4-ї на 11,5 % (P<0,001) проти контролю.

Таблиця 3

Прирости живої маси молодняку перепелів $\bar{x} \pm SD$, n=50

| Приріст живої маси | Група | | | |
|--------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| | 1-контрольна | 2-дослідна | 3-дослідна | 4-дослідна |
| Абсолютний, г | 247±1,28 | 259±1,20*** | 284±1,05*** | 263±1,41*** |
| Середньодобовий, г | 5,05±0,053 | 5,28±0,070* | 5,79±0,103*** | 5,36±0,096** |
| Відносний, % | 189±0,98 | 189±0,97 | 190±1,01 | 189±1,08 |

Встановлено, що середньодобовий приріст збільшується у птиці 2-ї групи на 4,5% (P<0,05) у 3-ї на 14,6% (P<0,001), та у 4-ї на 6,1% (P<0,01), проти контрольних аналогів.

Таблиця 4

Витрата кормів, кг

| Група | Витрати кормів | | |
|----------------|--------------------|----------------|------------------|
| | за період досліджу | на одну голову | на 1 кг приросту |
| 1 – контрольна | 24,1 | 0,482 | 2,55 |
| 2 – дослідна | 26,25 | 0,525 | 2,02 |
| 3 – дослідна | 26,55 | 0,531 | 1,86 |
| 4 – дослідна | 24,75 | 0,495 | 1,93 |

Зафіксовано, що за додаткового споживання пробіотика у годівлі птиці витрати корму на 1 кг приросту живої маси зменшувалися у перепелів 3-ї групи на 27,0 % відносно з контролю.

Результати досліджу узгоджуються з науковими експериментами сучасних науковців. Наприклад Чудак Р. [4] виявив підвищення живої маси та зниження витрат кормів у птиці за дії пробіотичної кормової добавки. Крім того, інші вчені вивчали вплив пробіотиків на продуктивність птиці [5, 11, 23]. Науковці дослідили, що додаткове використання кормової добавки пробіотичного походження у годівлі перепелів підвищує їх прирости та збереженість поголів'я [8, 16]. Водночас, виявлено, що за дії пробіотичної добавки поліпшується якість продукції птахівництва [13, 19].

Таким чином, застосування пробіотиків у годівлі перепелів сприяє збільшенню продуктивності птиці та одержання органічної продукції високої якості, адже пробіотичні кормові добавки не накопичуються у кінцевих продуктах харчування, що є безпечним для споживача.

Висновки

За результатами досліджу встановлено, що використання досліджуваної пробіотичної добавки збільшує живу масу молодняку перепелів 3-ї на

Додаткове згодовування пробіотика збільшує живу масу перепелів у 49-ти добовому віці в 2-ї групі на 4,5 % (P<0,01), 3-ї на 14,4 % (P<0,001) та 4-ї на 6,0 % (P<0,001), порівняно з контрольною групою.

Виявлено, що за дії пробіотичної кормової добавки, абсолютні прирости живої маси перепелів у 2-ї, 3-ї та 4 групи збільшилися відповідно на 4,8, 14,9 та 6,4 % (P<0,001) відносно контролю (табл. 3).

За результати обліку кормів, витрати корму на період досліджу в 3-ї групі збільшується на 10,1 % порівняно з контрольними ровесниками (табл. 4).

14,4 % (P<0,001), відносно контролю. За згодовування пробіотика підвищується абсолютний приріст живої маси перепелів 3-ї групи на 14,9 % (P<0,001) та середньодобовий 14,6 % (P<0,001), проти контрольних аналогів. Виявлено, що за дії кормової добавки витрати корму на 1 кг приросту живої маси знизилися у перепелів 3-ї групи на 27,0 %, порівняно з контрольною групою.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Akoy, R. (2015) The effects of probiotics, prebiotics and synbiotics on gut flora, immune function and blood characteristics of broilers. *Thesis*. University of Plymouth. Retrieved from: <https://pearl.plymouth.ac.uk/fose-theses-other/197>
2. Bharathi, I. D., Ravikumar, R., & Latchumikanthan, A. (2023) Effect of probiotics supplementation on the growth performance of Japanese quail broilers (*Coturnix coturnix japonica*). *The Pharma Innovation Journal*, 12 (5), 998–999.
3. Chudak R. A., Poberezhets, Y. M., Lotka, H. I., & Kupchuk I. M. (2021). *Suchasni kormovi dobavky u hodivli ptytsi: Monohrafiia*. Vinnytsia. TVORY. 280 [in Ukrainian]
4. Chudak, R. (2019). Productivity and quality of quail eggs fed by probiotic. *Modern Scientific Researches*, 9(1), 71–79. <https://doi.org/10.30889/2523-4692.2019-09-01-012>

5. Fesseha, H., Demlie, T., Mathewos, M., & Eshetu, E. (2021). Effect of *Lactobacillus* species probiotics on growth performance of dual-purpose chicken. *Veterinary Medicine*, 12, 75–83. <https://doi.org/10.2147/vmrr.s300881>
6. Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66 (5), 365–378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x>
7. Grajek, W., Olejnik, A., & Sip, A. (2005). Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. *Acta Biochimica Polonica*, 52 (3), 665–671. https://doi.org/10.18388/abp.2005_3428
8. Gupta, N. K., Shrivastava, A. K., Praveen, P. K., & Ganguly, S. (2016). Effect of feed supplement and probiotics on growth performance of Japanese quails. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 33 (4), 486. <https://doi.org/10.5958/2231-6744.2016.00087.6>
9. Ibatullin, I. I., Zhukorskyi, O. M., & Bashchenko, I. (2017). *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynytsi*. Kyiv: Ahrarna Nauka [in Ukrainian]
10. Krysiak, K., Konkol, D., & Korczyński, M. (2021). Overview of the Use of probiotics in poultry production. *Animals*, 11 (6), 1620. <https://doi.org/10.3390/ani11061620>
11. Kytaieva, D. V., & Petrov, R. V. (2020). The use of probiotics in the cultivation of turkeys. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22 (100), 23–27. <https://doi.org/10.32718/nvvet10004>
12. Lokapirnasari, W. P., Dewi, A. R., Fathinah, A., Hidanah, S., Harijani, N., Soeharsono, Karimah, B., & Andriani, A. D. (2017). Effect of probiotic supplementation on organic feed to alternative antibiotic growth promoter on production performance and economics analysis of quail. *Veterinary World*, 10 (12), 1508–1514. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1508-1514>
13. Lokapirnasari, W. P., Al-Arif, M. A., Hidayatik, N., Safiranisa, A., Arumdani, D. F., Zahirah, A. I., Yulianto, A. B., Lamid, M., Marbun, T. D., Lisnanti, E. F., Baihaqi, Z. A., Khairullah, A. R., Kurniawan, S. C., Pelawi, E. B. S., & Hasib, A. (2024). Effect of probiotics and acidifiers on feed intake, egg mass, production performance, and egg yolk chemical composition in late-laying quails. *Veterinary World*, 462–469. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.462-469>
14. Marchewka, J., Sztandarski, P., Solka, M., Louton, H., Rath, K., Vogt, L., Rauch, E., Ruijter, D., de Jong, I. C., & Horbańczuk, J. O. (2023). Linking key husbandry factors to the intrinsic quality of broiler meat. *Poultry Science*, 102 (2), 102384. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102384>
15. Mountzouris, K. C., Tsitsrikos, P., Palamidi, I., Arvaniti, A., Mohnl, M., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2010). Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition. *Poultry Science*, 89 (1), 58–67. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00308>
16. Park, Y. H., Hamidon, F., Rajangan, C., Soh, K. P., Gan, C. Y., Lim, T. S., Abdullah, W. N. W., & Liong, M. T. (2016). Application of probiotics for the production of safe and high-quality poultry meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36 (5), 567–576. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.5.567>
17. Pieczynska, M. D., Sampino, S., Lawinski, M., Stachowiak, A., Zietek, M., Ligas, J., Szelag, M., Horbanczuk, O. K., Swirski, M., Modlinski, J. A., & Horbanczuk, J. O. (2022). Dynamics of gut microbiota emergence during fetal development in mice model. *Animal Science Papers and Reports*, 40 (1), 99–110.
18. Pieczynska, M. D., Yang, Y., Petrykowski, S., Horbanczuk, O. K., Atanasov, A. G., & Horbanczuk, J. O. (2020). Gut microbiota and its metabolites in atherosclerosis development. *Molecules*, 25 (3), 594. <https://doi.org/10.3390/molecules25030594>
19. Ribeiro, V., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., Barreto, S. L. T., Hannas, M. I., Harrington, D., de Araujo, F. A., Ferreira, H. C., & Ferreira, M. A. (2014). Effects of the dietary supplementation of *Bacillus subtilis* levels on performance, egg quality and excreta moisture of layers. *Animal Feed Science and Technology*, 195, 142–146. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.06.001>
20. Rudenko, V. M. (2012). *Matematychna statystyka*. (pp. 234–245). Kyiv: Center for Educational Literature [in Ukrainian]
21. Sarangi, N. R., Babu, L. K., Kumar, A., Pradhan, C. R., Pati, P. K., & Mishra, J. P. (2016). Effect of dietary supplementation of prebiotic, probiotic, and synbiotic on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Veterinary World*, 9 (3), 313–319. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.313-319>
22. Yulianto, A. B., Lokapirnasari, W. P., Suwanti, L. T., Yunus, M., Pratama, H. S., Wardiana, N. I., Irawan, P. I., & Mas'ad, K. (2020). Potency of probiotic combination as alternative growth promoters against antibiotics. *Indian Veterinary Journal*, 97 (3), 20–22.
23. Orishchuk, O. S., & Tsap, S. V. (2020). Scientific and practical basis for the use of probiotics to improve the quality of poultry products. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8 (4), 241–245. <https://doi.org/10.32819/2020.84034>

ORCID

I. Kachanov  <https://orcid.org/0000-0002-4384-6394>
 Y. Poberezhets  <https://orcid.org/0000-0002-1727-6105>



© 2024 Kachanov I. and Poberezhets Y. 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.

A review on the role of glutamate and glutamine in modern swine production

M. Sychoy¹ | V. Pitera² | I. Ilchuk¹ | I. Balanchuk¹ | T. Holubieva¹ | R. Vozniuk¹ | D. Umanets¹ | A. Shostia² | S. Usenko²

Article info

Correspondence Author
V. Pitera
E-mail:
pitera@nubip.edu.ua

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Horikhuvtyskyi shliakh Str., 19, Kyiv, 03041, Ukraine

² Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Sychoy, M., Pitera, V., Ilchuk, I., Balanchuk, I., Holubieva, T., Vozniuk, R., Umanets, D., Shostia, A., & Usenko, S. (2024). A review on the role of glutamate and glutamine in modern swine production. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 109–114. doi: 10.31210/spi2024.27.04.18

This article provides an in-depth analysis of contemporary advancements in the application of glutamate and glutamine in swine nutrition, emphasizing their pivotal roles in supporting metabolic processes, immune function, and gut health. Special attention is given to the functional properties of these amino acids, which enhance animal performance, reduce stress during critical periods such as weaning and transportation, and improve metabolic adaptation to adverse conditions. The paper examines their effects on the intestinal barrier, highlighting their ability to mitigate inflammation, stimulate epithelial regeneration, and maintain gut microbiota homeostasis. A substantial portion of the article explores the integration of glutamate and glutamine into low-protein diets, which allow the maintenance of productivity while reducing the environmental impact of swine farming by lowering nitrogen emissions. Research findings demonstrate that supplementation with these amino acids enhances post-weaning piglet performance, decreases diarrhea incidence, and strengthens immunity by activating specific immune cells and reducing levels of pro-inflammatory cytokines. Additionally, the potential of glutamate and glutamine as alternatives to antibiotics is emphasized, given their ability to reduce the risk of infectious diseases while improving overall gut health and function. The article also evaluates the incorporation of these amino acids into the “ideal protein” concept, focusing on achieving a balanced ratio of essential and non-essential amino acids. This balance ensures optimal growth and health of swine and aligns with sustainable production practices. Insights are provided on the impact of these compounds across different age groups, and particular attention is given to their role in minimizing stress-related behavioral and physiological disruptions. However, the paper identifies gaps in the current understanding, particularly concerning the risks of overdose, potential side effects, and the long-term implications of glutamate and glutamine supplementation. These aspects are critical for ensuring safe and effective integration into feeding regimes. Furthermore, the need for future research to establish precise dosage thresholds and explore their metabolic effects under diverse farming conditions is emphasized. The findings presented in this article underscore the multifaceted benefits of glutamate and glutamine supplementation in swine nutrition. These amino acids offer promising avenues for advancing modern, sustainable pig production practices by supporting metabolic health, enhancing immune responses, and reducing environmental impacts. This review highlights the importance of continued exploration and innovation in their application to address the evolving needs of the swine industry.

Keywords: pig feeding, low-protein diets, amino acids, low carbon footprint, umami, technology.

Огляд ролі глутамату та глутаміну в сучасному свинарстві

М. Ю. Сичов¹ | В. О. Пітера¹ | І. І. Ільчук¹ | І. М. Баланчук¹ | Т. А. Голубєва¹ | Р. П. Вознюк¹ | Д. П. Уманець¹ | А. М. Шостя² | С. О. Усенко²

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

² Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Метою проведеного огляду було здійснення аналізу сучасних досягнень у використанні амінокислот, таких як глутамат і глутамін, у раціонах свиней. У роботі проаналізовано сучасні досягнення у використанні глутамату та глутаміну в годівлі свиней, акцентуючи увагу на їхній ключовій ролі у підтримці метаболічних процесів, імунної відповіді та здоров'я кишечника. Особлива увага приділена функціональним властивостям цих амінокислот, які сприяють підвищенню продуктивності тварин, зниженню рівня стресу під час відлучення поросят і транспортування, а також покращенню метаболічної адаптації до несприятливих умов. У статті розглядаються вплив глутамату та глутаміну на бар'єрні функції кишечника, зокрема їхня здатність зменшувати запальні процеси, стимулювати регенерацію епітелію та підтримувати гомеостаз кишкової мікробіоти. Значна частина статті присвячена застосуванню глутамату та глутаміну в низькопротеїнових раціонах, які дозволяють підтримувати продуктивність тварин, зменшуючи екологічний вплив свинарства за рахунок зниження викидів азоту та оптимізації використання кормів. Дослідження демонструють, що додавання глутамату і глутаміну до раціонів покращує продуктивність поросят після відлучення, знижує частоту діареї, а також підвищує показники імунітету через активацію специфічних імунних клітин і зменшення рівня прозапальних цитокінів. Окремо підкреслюється їхній потенціал як альтернативи антибіотикам завдяки здатності знижувати ризик інфекційних захворювань і підтримувати здоров'я кишечника. У статті також аналізується інтеграція глутамату та глутаміну в концепцію «ідеального протеїну», що базується на збалансованому співвідношенні незамінних і замінних амінокислот, для підвищення ефективності годівлі та збереження здоров'я тварин. Особливу увагу приділено перспективам використання цих амінокислот у раціонах для різних вікових груп свиней. Висвітлено питання необхідності додаткових досліджень щодо оптимальних дозувань, ризиків передозування, можливих побічних ефектів, а також довгострокового впливу на продуктивність і здоров'я тварин. Представлені результати підкреслюють багатфункціональність глутамату і глутаміну, їхню здатність не лише підтримувати метаболічні процеси, але й сприяти зменшенню екологічного впливу свинарства. Це відкриває нові можливості для формування інноваційних стратегій годівлі свиней, які відповідають сучасним вимогам сталого розвитку галузі.

Ключові слова: годівля свиней, низькопротеїнові раціони, амінокислоти, низький вуглецевий слід, умами, технологія.

Бібліографічний опис для цитування: Сичов М. Ю., Пітера В. О., Ільчук І. І., Баланчук І. М., Голубєва Т. А., Вознюк Р. П., Уманець Д. П., Шостя А. М., Усенко С. О. Огляд ролі глутамату та глутаміну в сучасному свинарстві. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 109–114.

Відомо, що традиційно класифіковані незамінні амінокислоти, які не можуть синтезуватися організмом *de novo*, є надзвичайно важливими для забезпечення максимального росту та оптимального здоров'я поросят. Однак, навіть у звичних раціонах, вони можуть бути недостатньо представленими для задоволення потреб сучасного свинарства. Дослідження свідчать, що певні поживні речовини й амінокислоти здатні значно покращувати ріст поросят та функції кишечника. Зокрема, використання спеціальних сумішей амінокислот у раціоні позитивно впливає на здоров'я тварин [39].

Примітно, що рекомендації Національної дослідницької ради (NRC) щодо триптофану й треоніну, особливо для поросят у період раннього відлучення, можуть бути недостатніми для забезпечення оптимального росту та здоров'я. Це вимагає перегляду годівельних стандартів у відповідності до сучасних потреб свинарської індустрії [41].

У цьому контексті концепція амінокислот набуває особливого значення, адже вона підкреслює їхню ключову роль у метаболічних процесах і підтримці здоров'я тварин. Наприклад, гліцин, як одна з амінокислот, сприяє покращенню продуктивності та якості м'яса, особливо у поросят із внутрішньоутробними порушеннями росту [14].

Сучасні породи свиней демонструють підвищені метаболічні потреби, зокрема, через інтенсивний катаболізм. У таких умовах низькопротеїнові раціони з додаванням незамінних амінокислот допомагають зменшити викиди азоту та забезпечити достатній рівень росту [20].

Баланс між незамінними та замінними амінокислотами в раціонах є критично важливим для оптимізації раціонів, особливо за умов зниження рівня сирого протеїну. Це дозволяє забезпечити ефективний ріст без шкоди для здоров'я тварин і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище [43].

Цікаво, що використання амінокислот у таких раціонах не тільки підтримує продуктивність, але й сприяє покращенню здоров'я свиней навіть у випадках інфекційних викликів [26].

Таким чином, сучасні дослідження підкреслюють значення амінокислот у раціонах поросят. Їх застосування може суттєво підвищити ефективність годівлі, оптимізувати ріст і здоров'я поросят, що є важливим для сталого розвитку свинарської галузі.

Глутамат у сучасному свинарстві: ключові аспекти та перспективи.

Глутамат є однією з найпоширеніших амінокислот у складі рослинних і тваринних кормів, а також у білках тканин організму свиней. Його унікальна метаболічна роль полягає в тому, що до 95–97% дієтичного глутамату катаболізується в тонкому кишечнику під час першого проходження через ворітну вену. Це створює необхідність його синтезу з інших амінокислот через численні метаболічні шляхи, які підтримують гомеостаз організму свиней [16].

Синтез глутамату відбувається практично у всіх типах клітин організму свиней. Основними попередниками для його утворення є амінокислоти,

такі як глутамін, амінокислоти з розгалуженим ланцюгом, аланін і аспарат, а також глюкоза, яка забезпечує α -кетоглутарат, ключовий метаболіт у циклі Кребса. Цей процес підтримується активністю таких ферментів, як глутаматдегідрогеназа (GDH) і амінотрансферази [10].

Глутамат та глутамін мають синергічний вплив на функціонування кишечника та імунної системи свиней. Глутамат забезпечує вуглецевий скелет для синтезу глутаміну, який є важливим джерелом для утворення цитруліну та аргініну. Особливо це важливо в умовах стресу, таких як відлучення поросят, коли зростає потреба у підтримці цілісності кишкового бар'єру та запобіганні запальним процесам [11].

Глутамат позитивно впливає на кишкову мікробіоту, сприяючи зростанню корисних бактерій, які відповідають за ферментацію поживних речовин та утворення коротколанцюгових жирних кислот. Це не лише покращує процес травлення, але й підвищує загальну стійкість організму до кишкових інфекцій. Застосування глутамату в раціонах допомагає досягти більш збалансованого складу мікробіоти та забезпечити її стабільність [31].

Додавання глутамату до раціону свиней має позитивний вплив на екологію. Використання низькопротеїнових раціонів із додаванням амінокислот, зокрема глутамату, знижує викиди азоту в навколишнє середовище. Це зменшує утворення метану та аміаку, водночас зберігаючи продуктивність тварин [23].

Глутамат демонструє значний протизапальний ефект, знижуючи рівень прозапальних цитокінів, таких як TNF- α , у поросят із запальними викликами. Він також сприяє збільшенню рівня антиоксидантних молекул, таких як глутатіон, що забезпечує захист клітин від окислювального стресу та покращує загальний стан здоров'я тварин [11].

Додавання 1–2% глутамату до раціонів поросят після відлучення позитивно впливає на їхню продуктивність та здоров'я кишечника. Це зокрема проявляється у збільшенні висоти ворсинок у тонкому кишечнику, що забезпечує кращу абсорбцію поживних речовин, та зниженні відношення висоти ворсинок до глибини крипт, що є показником здорового кишечника [25].

Дослідження 2018 року [15] виявило, що введення 2% глутамату до раціону поросят після відлучення позитивно впливає на морфологію кишечника, зокрема збільшує висоту ворсинок та покращує співвідношення висоти ворсинок до глибини крипт. Це сприяло зниженню запальних маркерів у крові та підвищенню продуктивності росту.

У 2019 році [17] встановлено, що комбіноване додавання глутамату та аргініну до раціону свиней на відгодівлі призводить до зниження маси жирової тканини. Це пов'язано з підвищенням рівня коротколанцюгових жирних кислот, таких як пропіонат і бутират, та змінами в складі мікробіоти, включно зі зростанням кількості бактерій роду *Actinobacteria*.

Додавання глутамату до раціону поросят, які зазнали запального стресу, сприяло зменшенню рівня прозапальних цитокінів, таких як TNF- α , у плазмі

крові. Воно також регулювало шляхи сигналізації mTOR, TLR4 і NOD, що забезпечило захист епітелію кишечника та підтримку його структурної цілісності [24].

Дослідження Wang Z. [31] продемонструвало, що введення до раціону мононатрієвої солі глутамату (MSG) значно впливає на метаболізм поживних речовин у поросят. Було виявлено, що мононатрієва сіль знижує рівень цитрату в сироватці крові, водночас підвищуючи концентрацію глутаміну, триметиламіну, альбуміну та холіну. Ці зміни забезпечують наукову основу для розробки кормових добавок, які покращують споживання корму у поросят.

Guzmán-Pino [12] з іншими дослідниками стверджують, що додавання 5 % мононатрієвого глутамату до раціону свиноматок вплинуло на кормову поведінку їхніх поросят. Зокрема, потомство свиноматок мало знижену чутливість до смаку умамі та підвищену мотивацію до споживання солодких кормів. Це свідчить про те, що дієтична добавка мононатрієвої солі може модифікувати харчову поведінку у поросят.

Згідно з дослідженнями Hou та Wu [15], додавання 2 % глутамату до раціону поросят сприяє підвищенню споживання корму та покращенню коефіцієнта засвоєння поживних речовин. Було зафіксовано збільшення приросту ваги та зниження рівня запальних маркерів у крові, що свідчить про позитивний вплив глутамату на загальний стан здоров'я поросят.

Глутамат є ключовим компонентом, що надає смак умамі, стимулюючи апетит і харчову поведінку. У свинарстві його використовують для підвищення апетиту, особливо у період стресу чи після відлучення поросят. Введення мононатрієвого глутамату до кормів сприяє збільшенню споживання завдяки активації рецепторів, відповідальних за смак умамі, що покращує продуктивність та харчовий рефлекс [40].

Результати дослідження 2019 року [12] свідчать, що додавання мононатрієвого глутамату до раціону свиноматок змінює харчову поведінку їхніх поросят. У потомства підвищилася чутливість до смаку умамі, а також мотивація до споживання солодких розчинів. Додавання глутамату до раціонів не лише покращує смакові властивості, але й впливає на метаболічні процеси, які активізують апетит. Наприклад, використання 1 % мононатрієвої солі глутамату у раціонах поросят після відлучення допомагало зменшити стрес та уникнути зниження споживання корму. Це досягається завдяки активації рецепторів смаку та метаболічних шляхів, які регулюють харчову поведінку.

Дослідження свідчать, що додавання солі глутамату у раціони свиноматок змінює кормову поведінку їхніх поросят. Потомство свиноматок, які споживали мононатрієву сіль глутамату, проявляло більшу зацікавленість до кормів, особливо із солодким смаком, що свідчить про можливий ефект пренатального впливу на формування харчових звичок [12].

Глутамат також використовується для підвищення привабливості кормів, зокрема для свиней із низьким

апетитом. Його застосування забезпечує кращу прийнятність навіть у дієтах із пониженим вмістом білка, дозволяючи оптимізувати раціони без зниження продуктивності [16].

Крім стимуляції апетиту, глутамат позитивно впливає на поведінку свиней у стресових ситуаціях. Наприклад, введення мононатрієвої солі глутамату у раціон під час транспортування знижувало агресивність і тривожність, що пов'язано з його впливом на нейромедіаторні системи [35].

Ці факти підтверджують багатофункціональність глутамату: він не тільки покращує смакові характеристики корму, але й підвищує споживання, сприяє зменшенню стресу та підтримує продуктивність тварин.

Дослідження 2019 року [5] показало, що глутамат у раціонах свиней сприяє адаптації до холоду, зменшуючи негативний вплив стресу. Це забезпечується покращенням морфології кишечника та ефективністю засвоєння поживних речовин.

Глутамат є одним із головних джерел енергії для кишечника. Він забезпечує енергетичну підтримку через окислювальні шляхи, сприяючи виробленню АТФ та оптимальному функціонуванню кишкового бар'єра [29].

У 2019 році Zhao та ін. [42] було визначено, що глутамат сприяє підвищенню активності антиоксидантних ферментів у кишечнику. Це захищає клітини від окислювального стресу і підтримує функції кишечника, що є критичним для здоров'я поросят.

Включення 1 % L-глутамату до раціонів поросят, які піддавалися інфекційному стресу, сприяло покращенню співвідношення між приростом ваги та споживанням корму, а також зменшувало прояви діареї. Це підкреслює роль глутамату в оптимізації споживання та засвоєння корму у поросят [34].

Включення глутамату та аспартату в раціони з низьким вмістом лізину покращувало середньодобовий приріст ваги та стан кишечника у поросят. Було зафіксовано позитивний вплив на морфологію кишечника, що сприяло підвищенню споживання корму та засвоєнню поживних речовин [7].

Роль глутаміну в метаболізмі свиней: синтез, функції та застосування.

Глутамін є однією з найважливіших амінокислот у метаболізмі свиней. У плазмі крові поросних і лактуючих свиноматок, а також у плодів, новонароджених та відлучених поросят, концентрація глутаміну досягає 0,35–0,5 мМ, що робить його третьою за поширеністю вільною амінокислотою [36]. Значна частина глутаміну, отриманого з їжі, а саме 67 %, метаболізується в тонкому кишечнику під час першого проходження через ворітну вену. Основний внесок у рівень циркулюючого глутаміну забезпечує його ендогенний синтез [38].

Синтез глутаміну каталізується єдиним ферментом – глутамінсингетазою, яка використовує глутамат і аміак у присутності АТФ. Основними тканинами, відповідальними за синтез глутаміну, є скелетні м'язи, хоча легені, жирова тканина та молочна залоза також роблять свій внесок у цей процес [32]. Глутамін розщеплюється шляхом

гідролізу, що каталізується фосфат-активованою глутаміназою. Отриманий глутамат може перетворюватися на глутатіон, аланін, орнітин, пролін чи аргінін або окислюватися до вуглекислого газу. Водночас утворений аміак перетворюється на сечовину, що допомагає регулювати його концентрацію в крові [38].

Нирки відіграють ключову роль у підтримці кисло-лужного балансу організму. Аміак, отриманий із глутаміну, зв'язується з протонами, утворюючи амоній (NH_4^+), який виводиться з організму, сприяючи зниженню кислотності крові [4]. Особливістю лактуючої молочної залози та плаценти свиней є відсутність активності глутамінази, що дозволяє зберігати глутамін для підтримки виробництва молока та росту плода [22, 28].

Додавання 1 % глутаміну до раціону поросят після відлучення сприяє покращенню продуктивності, зниженню частоти та тривалості діареї, а також покращує ефективність використання корму. Зафіксовано зменшення співвідношення корм/приріст на 12,05 % і зниження рівня сечовини в крові на 4,27 %, тоді як концентрація білка підвищилася на 18,7 % порівняно з контрольною групою [45].

Глутамін та глутамат є основними джерелами енергії для ентероцитів поросят, забезпечуючи значно більший синтез АТФ, ніж глюкоза. Це є важливим для підтримки цілісності кишкового бар'єру, особливо у новонароджених та відлучених тварин [13]. У випадках інфекційного стресу, наприклад, при зараженні *Escherichia coli*, добавки глутаміну сприяли зниженню запалення та підвищенню рівня IgA, що підтримує імунну систему поросят [33].

Глутамін також відіграє вирішальну роль у розвитку ембріонів. Дослідження показали, що його застосування *in vitro* сприяє підвищенню частоти розвитку ембріонів до стадії бластоцисти, збільшенню кількості клітин та зменшенню апоптозу [3].

У 2024 році дослідженнями групи вчених на чолі з Jiang T. [19] було показано, що глутамін впливає на активацію специфічних генів у репродуктивних тканинах, які беруть участь у розвитку плода та функціонуванні плаценти. Це свідчить про необхідність підвищення рівня глутаміну в раціонах порослих свиноматок для забезпечення оптимального росту потомства.

Сучасні дослідження підтвердили антиоксидантні властивості глутаміну, зокрема його участь у синтезі глутатіону. Це сприяє захисту клітин від окислювального стресу в умовах інтенсивного метаболізму, таких як лактація чи ріст свиней [2].

Нове дослідження підтвердило, що глутамін залишається пріоритетним джерелом енергії для ентероцитів поросят у період відлучення, що сприяє покращенню здоров'я кишечника та підвищенню продуктивності [2].

Глутамін також виявився ефективним у зниженні рівня запальних цитокінів через активацію Toll-like рецепторів (TLR) та інгібування NF- κ B-сигнального шляху, що сприяє регуляції запальних реакцій у свиней [1].

У 2023 році [18] результати наукових досліджень показали, що додавання 0,5 % L-глутаміну до раціону свиней значно покращує функції неспецифічного

імунітету. Зокрема, спостерігалось підвищення фагоцитарної активності моноцитів і гранулоцитів, а також збільшення рівнів прозапальних цитокінів, таких як TNF- α , IL-1 β та IL-10. Ці зміни свідчать про посилення захисних механізмів організму і здатності протистояти патогенам.

Застосування глутаміну як кормової добавки позитивно впливає на будову та функції кишечника поросят із низькою масою тіла. Було виявлено покращення показників морфології товстого кишечника, зокрема зменшення концентрації біогенних амінів, таких як кадаверин, у його вмісті. Крім того, спостерігалось збільшення кількості імунних CD3+ клітин у слизовій оболонці, що свідчить про покращення імунного статусу та метаболізму кишечника [27].

Як свідчать наукові джерела, додавання L-глутаміну та L-глутамату до раціонів із низьким вмістом лізину сприяє поліпшенню росту свиней і здоров'я їхнього кишечника. Зокрема, збільшується висота ворсинок у тонкому кишечнику, а також кількість келихоподібних клітин, що сприяє покращенню бар'єрної функції кишечника та засвоєння поживних речовин [8].

Дослідження 2022 року [21] підтвердило, що глутамін відіграє важливу роль у підтриманні кисло-лужного балансу, особливо в нирках. Завдяки його здатності регулювати рівень амонію, глутамін сприяє підтриманню нормального рН крові, що особливо важливо для тварин із високим рівнем енергетичного обміну.

Глутамін є важливим джерелом енергії для печінки та кишечника. Його застосування в раціонах активує сигнальні шляхи mTOR-S6K1-4EBP1, які регулюють білковий синтез і енергетичний метаболізм. Це сприяє ефективнішому використанню поживних речовин і підтриманню росту свиней [6].

Нові дослідження стверджують, що концепція «ідеального протеїну», яка базується на ідеальному вмісті необхідних амінокислот, є неповною для годівлі свиней, оскільки не враховує незамінні амінокислоти, такі як глутамін і глутамат. Важливо включати всі необхідні амінокислоти для забезпечення оптимального росту і здоров'я свиней [37].

Використання 0,2 % L-глутаміну в раціонах свиней виявилось ефективним заміном антибіотиків. Дослідження показало, що така добавка сприяє зниженню рівня запальних реакцій, поліпшенню продуктивності тварин і зменшенню проявів стресової поведінки після транспортування [9].

Додавання до раціону поросят глутаміну, глутамату та аспартату сприяло поліпшенню морфологічних показників кишечника. Зокрема, це підвищувало висоту ворсинок і сприяло регенерації епітелію навіть у стресових умовах після відлучення [31].

Включення до раціону поросят глутаміну та глутамату зменшило тривалість і частоту діареї після відлучення. У перші 10 днів після зміни раціону відзначено підвищення ефективності росту поросят на 12 % [44].

Отримані результати демонструють багатофункціональність глутамату та глутаміну як

кормових добавок, що сприяють оптимізації метаболічних процесів, покращенню здоров'я кишечника та підвищенню продуктивності свиней. Ці аспекти особливо важливі для сталого розвитку свинарської галузі, забезпечуючи як економічну ефективність, так і екологічну відповідальність.

Висновки

Метою проведеного огляду було здійснення аналізу сучасних досягнень у використанні амінокислот, таких як глутамат і глутамін, у раціонах свиней. Глутамат і глутамін відіграють ключову роль у сучасному свинарстві, сприяючи зростанню продуктивності, покращенню імунної відповіді та здоров'я кишечника, а також зменшенню екологічного навантаження. Їхній потенціал як альтернативи антибіотикам є особливо цінним у контексті скорочення їх використання у годівлі тварин.

Водночас залишаються недостатньо вивченими аспекти передозування, ризику та побічні ефекти надмірного застосування цих амінокислот. Необхідні подальші дослідження для визначення оптимальних дозувань, що забезпечать максимальну ефективність і безпеку їх використання, особливо в умовах різних фізіологічних станів та стресових ситуацій.

Конфлікт інтересів









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

References

1. Akbari, A., Jelodar, G., & Hosseinzadeh, S. (2024). Injection of resistin into the paraventricular nucleus produces a cardiovascular response that may be mediated by glutamatergic transmission in the rostral ventrolateral medulla. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 27 (1), 39–48. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2023.69324.15110>
2. He, J., Feng, G. D., Ao, X., Li, Y. F., Qian, H. X., Liu, J. B., Bai, G. Y., & He, Z. Z. (2016). Effects of L-glutamine on growth performance, antioxidant ability, immunity and expression of genes related to intestinal health in weanling pigs. *Livestock Science*, 189, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.05.009>
3. Jiang, J., Chen, D., Yu, B., He, J., Yu, J., Mao, X., Huang, Z., Luo, Y., Luo, J., & Zheng, P. (2024). Lactic acid and glutamine have positive synergistic effects on growth performance, intestinal function, and microflora of weaning piglets. *Animals*, 14(23), 3532. <https://doi.org/10.3390/ani14233532>
4. Imenez Silva, P. H., & Mohebbi, N. (2022). Kidney metabolism and acid–base control: back to the basics. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 474 (8), 919–934. <https://doi.org/10.1007/s00424-022-02696-6>
5. Leite da Silva, A., dos Santos, S. G. C. G., Saraiva, E. P., Fonsêca, V. de F. C., Givisiez, P. E. N., Pascoal, L. A. F., Martins, T. D. D., & de Amorim, M. L. C. M. (2019). Supplementation of diets with glutamine and glutamic acid attenuated the effects of cold stress on intestinal mucosa and performance of weaned piglets. *Animal Production Science*, 59 (10), 1880. <https://doi.org/10.1071/an17630>
6. Lin, Q., Tu, X., Li, X., Gou, F., Ding, L., Lu, Z., Feng, J., Ying, Y., & Hu, C. (2024). Effects of electrolyte balance on intestinal barrier, amino acid metabolism, and mTORC1 signaling pathway in piglets fed low-protein diets. *Animal Nutrition*, 17, 408–417. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2024.03.011>
7. Dorea, E. S., Júnior, V. R., Correia, A. M., & Rocha, G. C. (2022). PSXV-19 Effects of L-Glutamine and L-Glutamate on nursery pigs fed diets with low digestible lysine content. *Journal of Animal Science*, 100 (3), 339–340. <https://doi.org/10.1093/jas/skac247.620>
8. Gomes, M. da S., Valente Júnior, D. T., Silva, F. C. de O., Cunha Júnior, R. L., Ribeiro Junior, V., Saraiva, A., & Rocha, G. C. (2021). Effects of glutamine and glutamate on nursery piglets fed diets with different digestible lysine content. *Semina: Ciências Agrárias*, 42 (6supl2), 3919–3930. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6supl2p3919>
9. Duttlinger, A. W., Kpodo, K. R., Lay, D. C., Richert, B. T., & Johnson, J. S. (2019). Replacing dietary antibiotics with 0.20% L-glutamine in swine nursery diets: Impact on health and productivity of pigs following weaning and transport. *Journal of Animal Science*, 97 (5), 2035–2052. <https://doi.org/10.1093/jas/skz098>
10. Feng, J., Quan, Y., Gu, Y., Liu, F., Huang, X., Shen, H., Dang, Y., Cao, M., Gao, W., Lu, X., Wang, Y., Song, C., & Wang, S. (2017). Enhancing poly-γ-glutamic acid production in *Bacillus amyloliquefaciens* by introducing the glutamate synthesis features from *Corynebacterium glutamicum*. *Microbial Cell Factories*, 16 (1). <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0704-y>
11. Guo, J., Liang, T., Chen, H., Li, X., Ren, X., Wang, X., Xiao, K., Zhao, J., Zhu, H., & Liu, Y. (2022). Glutamate attenuates lipopolysaccharide induced intestinal barrier injury by regulating corticotropin-releasing factor pathway in weaned pigs. *Animal Bioscience*, 35 (8), 1235–1249. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0476>
12. Guzmán-Pino, S. A., Lazcano, C., De Luca, V., Figueroa, J., Valenzuela, C., & Roura, E. (2019). Dietary inclusion of monosodium glutamate in gestating and lactating sows modifies the preference thresholds and sensory-motivated intake for umami and sweet solutions in post-weaned pigs. *Animals*, 9 (6), 336. <https://doi.org/10.3390/ani9060336>
13. Zhu, M., Lai, W., Yao, L., Xu, E., Chen, X., Zhang, Y., & Li, X.-G. (2023). Glutamine regulates gene expression profiles to increase the proliferation of porcine intestinal epithelial cells and the expansion of intestinal stem cells. *Animals*, 13 (18), 2917. <https://doi.org/10.3390/ani13182917>
14. He, W., Posey, E. A., Steele, C. C., Savell, J. W., Bazer, F. W., & Wu, G. (2023). Dietary glycine supplementation enhances postweaning growth and meat quality of pigs with intrauterine growth restriction. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad354>
15. Hou, Y., & Wu, G. (2018). L-Glutamate nutrition and metabolism in swine. *Amino Acids*, 50 (11), 1497–1510. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2634-3>
16. Roura, E., & Fu, M. (2017). Taste, nutrient sensing and feed intake in pigs (130 years of research: then, now and future). *Animal Feed Science and Technology*, 233, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.002>
17. Hu, C., Li, F., Duan, Y., Yin, Y., & Kong, X. (2019). Glutamic acid supplementation reduces body fat weight in finishing pigs when provided solely or in combination with arginine and it is associated with colonic propionate and butyrate concentrations. *Food & Function*, 10 (8), 4693–4704. <https://doi.org/10.1039/c9fo00520j>
18. Jarosz, Ł. S., Tomaszewska, E., Marek, A., Hejdysz, M., Burmańczuk, A., Ciszewski, A., Nowaczewski, S., Gładzki, Z., Batorski, M., Świątkiewicz, M., & Rysiak, A. (2023). The effect of glutamine as feed additive on selected parameters of the nonspecific immune response in pigs. *Agriculture*, 13 (4), 912. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040912>
19. Jiang, T., Zhou, Z.-M., Ling, Z.-Q., Zhang, Q., Wu, Z.-Z., Yang, J.-W., Yang, S.-Y., Yang, B., & Huang, L.-S. (2024). Pig H3K4me3, H3K27ac, and gene expression profiles reveal reproductive tissue-specific activity of transposable elements. *Zoological Research*, 45 (1), 138–151. <https://doi.org/10.24272/j.issn.2095-8137.2023.060>
20. Liu, S., Ni, J.-Q., Radcliffe, J. S., & Vonderohe, C. E. (2017). Mitigation of ammonia emissions from pig production using reduced dietary crude protein with amino acid supplementation. *Bioresource Technology*, 233, 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.082>
21. Newsholme, P., Diniz, V. L. S., Dodd, G. T., & Cruzat, V. (2022). Glutamine metabolism and optimal immune and CNS function. *Proceedings of the Nutrition Society*, 82 (1), 22–31. <https://doi.org/10.1017/s0029665122002749>
22. O'Quinn, P. R., Knabe, D. A., & Wu, G. (2002). Arginine catabolism in lactating porcine mammary tissue. *Journal of Animal Science*, 80 (2), 467–474. <https://doi.org/10.2527/2002.802467x>
23. Qi, M., Wang, J., Tan, B., Li, J., Liao, S., Liu, Y., & Yin, Y. (2020). Dietary glutamine, glutamate, and aspartate supplementation improves hepatic lipid metabolism in post-weaning piglets. *Animal Nutrition*, 6 (2), 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.12.002>
24. Qin, Q., Xu, X., Wang, X., Wu, H., Zhu, H., Hou, Y., Dai, B., Liu, X., & Liu, Y. (2018). Glutamate alleviates intestinal injury, maintains mTOR and suppresses TLR4 and NOD signaling pathways in weanling pigs challenged with lipopolysaccharide. *Scientific Reports*, 8 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33345-7>

25. Reeds, P. J., Burrin, D. G., Stoll, B., Jahoor, F., Wykes, L., Henry, J., & Frazer, M. E. (1997). Enteral glutamate is the preferential source for mucosal glutathione synthesis in fed piglets. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 273 (2), E408–E415. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1997.273.2.e408>
26. Rodrigues, L., Wellington, M. O., Krone, J. E., González-Vega, C., Htoo, J. K., Van Kessel, A. G., & Columbus, D. A. (2020). 118 Functional amino acid supplementation, regardless of dietary protein content, improves growth performance, acute-phase response, and bacterial shedding in Salmonella-challenged pigs. *Journal of Animal Science*, 98 (4), 99–100. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.182>
27. Perna, S., Alalwan, T. A., Alaali, Z., Alnashaba, T., Gasparri, C., Infantino, V., Hammad, L., Riva, A., Petrangolini, G., Allegrini, P., & Rondanelli, M. (2019). The role of glutamine in the complex interaction between gut microbiota and health: A narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (20), 5232. <https://doi.org/10.3390/ijms20205232>
28. Self, J. T., Spencer, T. E., Johnson, G. A., Hu, J., Bazer, F. W., & Wu, G. (2004). Glutamine synthesis in the developing porcine placental. *Biology of Reproduction*, 70 (5), 1444–1451. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.103.025486>
29. Tomé, D. (2018). The roles of dietary glutamate in the intestine. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 73 (5), 15–20. <https://doi.org/10.1159/000494777>
30. Wang, J., Tan, B. E., Li, J., Qi, M., Ren, W., & Yin, Y. (2019). PSXIII-23 Dietary glutamine, glutamate, and aspartate supplementation improves morphology and intercellular junction of small intestine in piglets. *Journal of Animal Science*, 97 (3), 472–474. <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.930>
31. Wang, Z., Zhang, J., Wu, P., Luo, S., Li, J., Wang, Q., Huang, P., Li, Y., Ding, X., Hou, Z., Wu, D., Huang, J., Tu, Q., & Yang, H. (2019). Effects of oral monosodium glutamate administration on serum metabolomics of suckling piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104 (1), 269–279. <https://doi.org/10.1111/jpn.13212>
32. Wafford, M. (2008). Glutamine metabolism and function in relation to proline synthesis and the safety of glutamine and proline supplementation. *The Journal of Nutrition*, 138 (10), 2003S–2007S. <https://doi.org/10.1093/jn/138.10.2003s>
33. Kyoung, H., Lee, J. J., Cho, J. H., Choe, J., Kang, J., Lee, H., Liu, Y., Kim, Y., Kim, H. B., & Song, M. (2021). Dietary glutamic acid modulates immune responses and gut health of weaned pigs. *Animals*, 11 (2), 504. <https://doi.org/10.3390/ani11020504>
34. Wongchanla, S., Park, S., Kim, K., Sun, S., Li, X., & Liu, Y. (2023). 264 Effects of L-glutamate and L-aspartate supplementation on growth performance, severity of diarrhea, and systemic immunity of weaned piglets challenged with F18 enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science*, 101 (3), 202–203. <https://doi.org/10.1093/jas/skad281.244>
35. Wang, L., Wang, C., Peng, Y., Zhang, Y., Liu, Y., Liu, Y., & Yin, Y. (2023). Research progress on anti-stress nutrition strategies in swine. *Animal Nutrition*, 13, 342–360. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.03.006>
36. Wessels, A. G., Simongiovanni, A., & Zentek, J. (2022). Impact of dietary supplementation of L-Arginine, L-Glutamine, and the combination of both on nursing performance of multiparous sows. *Translational Animal Science*, 7 (1). <https://doi.org/10.1093/tas/txac169>
37. Wu, G., & Li, P. (2022). The “ideal protein” concept is not ideal in animal nutrition. *Experimental Biology and Medicine*, 247 (13), 1191–1201. <https://doi.org/10.1177/15353702221082658>
38. Wu, G., Bazer, F. W., Dai, Z., Li, D., Wang, J., & Wu, Z. (2014). Amino acid nutrition in animals: protein synthesis and beyond. *Annual Review of Animal Biosciences*, 2(1), 387–417. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022513-114113>
39. Yi, D., Li, B., Hou, Y., Wang, L., Zhao, D., Chen, H., Wu, T., Zhou, Y., Ding, B., & Wu, G. (2018). Dietary supplementation with an amino acid blend enhances intestinal function in piglets. *Amino Acids*, 50 (8), 1089–1100. <https://doi.org/10.1007/s00726-018-2586-7>
40. Bauchart-Thevret, C., Stoll, B., Benight, N. M., Olutoye, O., Lazar, D., & Burrin, D. G. (2013). Supplementing monosodium glutamate to partial enteral nutrition slows gastric emptying in preterm pigs. *The Journal of Nutrition*, 143 (5), 563–570. <https://doi.org/10.3945/jn.112.167783>
41. Zhang, Q., Hou, Y., Bazer, F. W., He, W., Posey, E. A., & Wu, G. (2021). Amino acids in swine nutrition and production. *Amino Acids in Nutrition and Health*, 81–107. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_6
42. Zhao, Y., Li, J.-Y., Yin, L., Feng, L., Liu, Y., Jiang, W.-D., Wu, P., Zhao, J., Chen, D.-F., Zhou, X.-Q., & Jiang, J. (2019). Effects of dietary glutamate supplementation on flesh quality, antioxidant defense and gene expression related to lipid metabolism and myogenic regulation in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, 502, 212–222. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.050>
43. Zhao, Y., Tian, G., Chen, D., Zheng, P., Yu, J., He, J., Mao, X., Huang, Z., Luo, Y., Luo, J., & Yu, B. (2019). Effect of different dietary protein levels and amino acids supplementation patterns on growth performance, carcass characteristics and nitrogen excretion in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0381-2>
44. Zou, X. T., Zheng, G. H., Fang, X. J., & Jiang, J. F. (2006). Effects of glutamine on growth performance of weaning piglets. *Czech Journal of Animal Science*, 51 (10), 444–448. <https://doi.org/10.17221/3963-cjas>

ORCID

- M. Sychov  <https://orcid.org/0000-0002-6319-9876>
- V. Pitera  <https://orcid.org/0000-0002-3390-2516>
- I. Ilchuk  <https://orcid.org/0000-0003-0961-6613>
- I. Balanchuk  <https://orcid.org/0000-0002-7576-6508>
- T. Holubieva  <https://orcid.org/0000-0002-2467-5972>
- R. Vozniuk  <https://orcid.org/0000-0003-4710-5371>
- D. Umanets  <https://orcid.org/0000-0002-1973-1132>
- A. Shostia  <https://orcid.org/0000-0002-1475-2364>
- S. Usenko  <http://orcid.org/0000-0001-9263-5625>



© 2024 Sychov 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.

Characteristics of the course of acaroses in dogs caused by parasitism of acariform ticksV. Yevstafieva^{1,2} | Y. Plakhotna¹ | V. Melnychuk^{1,2} | I. Yuskiv³ | L. Korchan¹ | N. Kanivets¹ | V. Slynko¹**Article info**Correspondence Author
V. Yevstafieva
E-mail:
evstva@ukr.net**Citation:** Yevstafieva, V., Plakhotna, Y., Melnychuk, V., Yuskiv, I., Korchan, L., Kanivets, N., & Slynko, V. (2024). Characteristics of the course of acaroses in dogs caused by parasitism of acariform ticks. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 115–119. doi: 10.31210/spi2024.27.04.19¹ Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine² Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Donetska Str., 30, Kyiv,
03151, Ukraine³ Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine

Among the most common skin diseases in dogs are acaroses caused by acariform mites such as sarcoptosis, otodectosis and demodocosis. These are zoonotic diseases of dogs caused by ticks of the genus *Sarcoptes*, *Otodectes* and *Demodex*. The spectrum of clinical signs in these acaroses varies from itching and local skin lesions to intoxication and depression of the central nervous system. Animals can be carriers without clinical signs. The main transmission of causative agents of acaroses occurs more often during direct contact with sick animals. The purpose of the research was to establish the peculiarities of the course of sarcoptosis, otodectosis and demodocosis in dogs as part of mixtinvasions of the digestive tract. The conducted research established that on the territory of Poltava, the extensity of invasion of dogs by the causative agent of demodocosis is 18.6 %, sarcoptosis – 10.5 %, otodectosis – 24.4 %. It was found that in 53.5 % of patients with acaroses in dogs, their course took place in the form of mixtinvasions together with causative agents of nematodes and cestodes of the digestive tract of dogs. 55.6 % of dogs were diagnosed with otodectotic monoinvasion, 33.3 % with sarcoptotic monoinvasion, and 11.1 % with demodocotic monoinvasion. In dogs infested with sarcoptes, otodectes, and demodexes, mixtinvasions took place in the form of two-component (67.9 % of mixtinvasions) and three-component (32.1 % of mixtinvasions) associations of parasites. A total of 11 types of mixtinvasions were identified, of which 6 types were two-component and 5 types were three-component. Co-members of demodexes, otodectes and sarcoptes were causative agents of trichurosis (50.0 % of mixtinvasions), uncinariosis (39.3 % of mixtinvasions), toxocarosis (39.3 % of mixtinvasions), and dipylidiosis (3.6 %). Otodecto-toxocarous (31.6 % of mixtinvasions), otodecto-trichurous (21.1 % of mixtinvasions) and demodecto-uncinarious (21.1 % of mixtinvasions) were most often detected among the two-component mixtinvasions. Demodecto-uncinaria-trichurous (33.4 %), demodecto-uncinaria-toxocarous (22.2 %) and demodecto-trichurous-toxocarous (22.2 %) were most often found among three-component mixtinvasions. The obtained data make it possible to take into account the peculiarities of the course of acaroses of dogs caused by acariform mites, as part of helminthiasis of the digestive tract of dogs in order to increase the effectiveness of treatment and preventive measures.

Keywords: parasitology, dogs, sarcoptosis, otodectosis, demodocosis, mixtinvasions, features of the course.**Особливості перебігу акарозів у собак, викликаних паразитуванням акариформних кліщів**В. О. Євстаф'єва^{1,2} | Є. В. Плахотна¹ | В. В. Мельничук^{1,2} | І. Д. Юськів³ | Л. М. Корчан¹ | Н. С. Канівець¹ | В. Г. Слинько¹¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна² Інститут ветеринарної медицини Національної академії аграрних наук України,
м. Київ, Україна³ Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького,
м. Львів, Україна

Одними з найпоширеніших шкірних захворювань у собак є акарози, викликані акариформними кліщами, таким як саркоптоз, отодектоз та демодекоз. Це зоонозні захворювання собак, що викликається кліщами роду *Sarcoptes*, *Otodectes* та *Demodex*. Спектр клінічних ознак при цих акарозах варіює від свербіжів та локальних уражень шкіри до інтоксикації та пригнічення центральної нервової системи. Тварини можуть бути носіями без клінічних ознак. Основна передача збудників акарозів частіше відбувається при прямому контакті з хворими тваринами. Метою досліджень було встановити особливості перебігу саркоптозу, отодектозу та демодекозу собак у складі мікстинвазій травного тракту. Проведеними дослідженнями встановлено, що на території м. Полтава екстенсивність інвазії собак збудником демодекозу становить 18,6 %, саркоптозу – 10,5 %, отодектозу – 24,4 %. Виявлено, що у 53,5 % хворих на акарози собак їх перебіг відбувався у вигляді мікстинвазій разом зі збудниками нематодозів та цестодозів травного тракту собак. У 55,6 % собак встановлено отодектозну моноінвазію, у 33,3 % – саркоптозну моноінвазію, 11,1 % – демодекозну моноінвазію. У собак інвазованих саркоптесами, отодектесами та демодексами мікстинвазії перебігали у вигляді двокомпонентних (67,9 % від мікстинвазій) та трикомпонентних (32,1 % від мікстинвазій) асоціацій паразитів. Всього виявлено 11 різновидів мікстинвазій, з яких 6 різновидів були двокомпонентними та 5 різновидів – трикомпонентними. Співчленами демодексів, отодектесів та саркоптесів були збудники трихуриозу (50,0 % від мікстинвазій), унцинаріозу (39,3 % від мікстинвазій), токсикариозу (39,3 % від мікстинвазій) та дипілідіозу (3,6 %). Найчастіше з двокомпонентних мікстинвазій виявляли отодектозно-токсокариозну (31,6 % від мікстинвазій), отодектозно-трихуриозну (21,1 % від мікстинвазій) та демодекозно-унцинаріозну (21,1 % від мікстинвазій). Найчастіше з трикомпонентних мікстинвазій виявляли демодекозно-унцинаріозно-трихуриозну (33,4 %), демодекозно-унцинаріозно-токсокариозну (22,2 %) та демодекозно-трихуриозно-токсокариозну (22,2 %). Отримані дані дозволяють враховувати особливості перебігу акарозів собак, викликаних акариформними кліщами, у складі гельмінтозів травного тракту собак з метою підвищення ефективності проведення лікувальних та профілактичних заходів.

Ключові слова: паразитологія, собаки, саркоптоз, отодектоз, демодекоз, мікстинвазії, особливості перебігу.**Бібліографічний опис для цитування:** Євстаф'єва В. О., Плахотна Є. В., Мельничук В. В., Юськів І. Д., Корчан Л. М., Канівець Н. С., Слинько В. Г. Особливості перебігу акарозів у собак, викликаних паразитуванням акариформних кліщів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 115–119.

Introduction

Acaroses, caused by acariform mites, is distributed throughout the world and can parasitize many species of animals, as well as humans. More than 30,000 species of acariform mites causing dermatopathies have been described in the Canidae family, namely *Sarcoptes scabiei*, *Otodectes cynotis*, *Demodex canis* [1–4]. Dermatopathies of parasitic origin in small animals are the most common in most countries of the world, characterized by high contagiousness [5].

Since the skin is the most vulnerable organ, the clinical manifestations of acaroses can be moderate or severe and are characterized by inflammation, erythema, intense itching, the appearance of scabs, hair loss, and the formation of alopecia [6]. When parasitized by ticks of the genus *Demodex*, the pathogen can be transmitted after the birth of puppies through direct contact with the sick mother [7].

Scientists note that in order to achieve a better understanding of the epizootic process of acaroses caused by acariform mites, it is necessary to know the factors that can contribute to the transmission of parasites, their reproduction and preservation in the biotope [8].

Ticks of the species *Sarcoptes scabiei var canis* are the causative agent of sarcoptosis, which can infect humans and animals. The parasite penetrates deep into the epidermis, causing intense itching, inflammation, and in some cases a violation of the skin barrier, and in weakened young animals - to death. Sarcoptosis has been found in at least 12 orders, 39 families, and 148 species of domestic and wild mammals, making it one of the most important ectoparasites in recent decades [9–13].

The tick species *Otodectes cynotis* is distributed throughout the world, highly contagious among dogs, especially among young dogs, as older animals can become immune to this parasite. The cat is a natural reservoir of the tick and functions as a source of infestation for dogs and other animals. This parasite feeds on the remnants of the epithelium and tissue fluids on the surface of the external auditory canal and the adjacent skin, causing severe irritation and, as a result, otitis externa [14, 15].

Demodex canis mites are localized in hair follicles, sweat and sebaceous glands of a significant number of animals, as well as humans. Demodecosis is not

considered contagious between healthy animals after the neonatal period. This was proven when dogs with generalized demodicosis and healthy dogs were kept together. *D. canis* is present in small numbers as a commensal on the skin and in the ear canal of 30–80 % of healthy dogs, but only a few develop disease. Thus, demodicosis is the result of excessive reproduction of mites on the skin of dogs [16–20].

The aim of the study

The purpose of the research was to establish the peculiarities of the course of sarcoptosis, otodectosis and demodicosis in dogs as part of mixtinvasions of the digestive tract.

Materials and methods

The research was conducted during 2024 in the conditions of the veterinary clinic "VetHelp" (Poltava) and on the basis of the Laboratory of Parasitology of the Poltava State Agrarian University.

Acarological studies of skin scrapings were performed using a well-known method [21]. In order to identify co-members of mixtinvasions in dogs infected with the causative agent of acaroses, fecal helminthoscopy was performed using the flotation method [22].

A total of 86 dogs with clinical signs of skin lesions were examined. In the process of epizootic examination of animals, the main indicator of damage to dogs was the extent of infestation (EI, %).

Results and discussion

The conducted research established that on the territory of Poltava, the extensity of invasion of dogs by the causative agent of demodocosis is 18.6 %, sarcoptosis – 10.5 %, otodectosis – 24.4 %. It was found that in 53.5 % of patients with acaroses in dogs, their course took place in the form of mixtinvasions (**Fig. 1 a**) together with causative agents of nematodoses and cestodoses of the digestive tract of dogs. 55.6 % of dogs were diagnosed with otodectic monoinvasion, 33.3 % with sarcoptic monoinvasion, and 11.1 % with demodectic monoinvasion (**Fig. 1 b**).

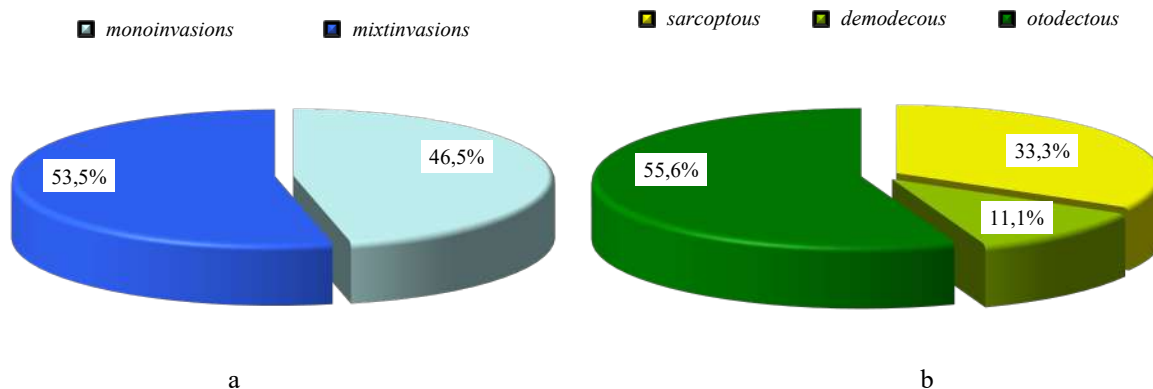


Fig. 1. Forms of the course of acarosis in dogs:

a – percentage ratio of mixtinvasions and acarous monoinvasions, *b* – percentage ratio of detected monoinvasions

In dogs, mixtinvasions were represented by two-component (67.9 % of mixed infestations) and three-component (32.1 %) associations of sarcoptes, otodectes and demodexes and helminths localized in the digestive tract of animals (Fig. 2).

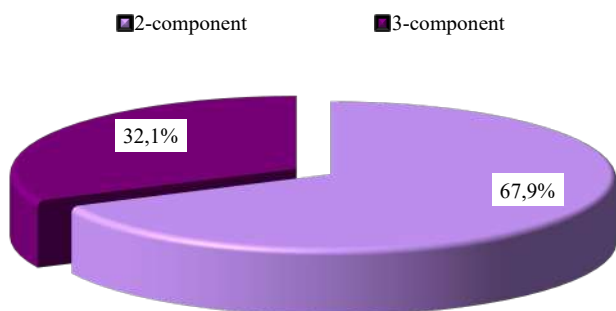


Fig. 2. Types of multicomponent mixtinvasions with acaroses

A total of 11 types of mixtinvasions were identified, of which 6 types were two-component and 5 types were three-component. Otodecto-toxocarous (31.6 % of mixtinvacions), otodecto-trichurous (21.1 %) and demodecto-uncinarious (21.1 %) were detected most often from two-component mixtinvasions. Sarcopto-uncinarious (10.5 %), demodecto-trichurous (10.5 %) and sarcopto-trichurous (5.2 %) mixtinvasions were detected less frequently (Fig. 3).

Demodecto-uncinario-trichurous (33.4 % of mixtinvasions), demodecto-uncinario-toxocarous (22.2 %) and demodecto-trichuro-toxocarous (22.2 %) were most often found among the three-component mixtinvasions. A smaller share was otodecto-trichuro-toxocarous (11.1 %) and demodecto-trichuro-dipylidiosis (11.1 %) mixtinvasions (Fig. 4).

Nematodes of the species *Trichuris vulpis* (50.0 % of mixtinvasions), *Uncinaria stenocephala* (39.3 % of mixtinvasions), *Toxocara canis* (39.3 % of mixtinvasions) and cestodes of the *Dypilidium caninum* species (3.6 % of mixtinvasions) (Fig. 5).

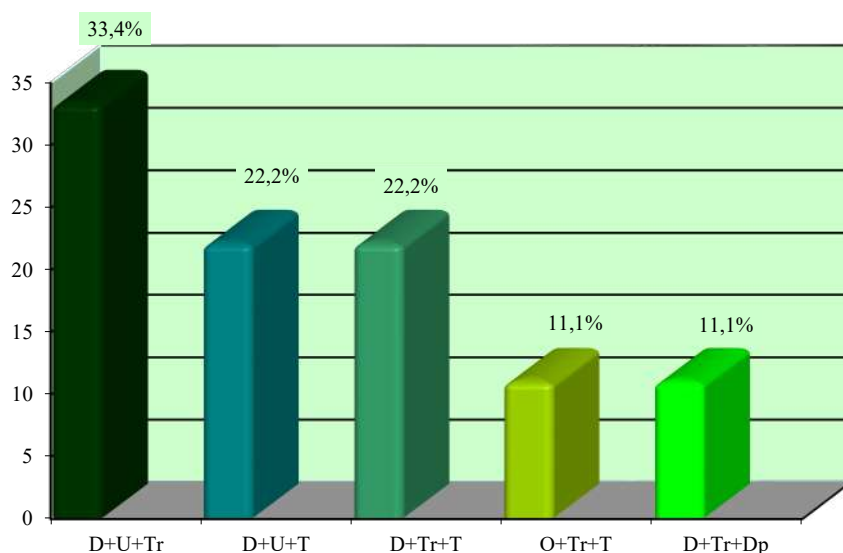


Fig. 4. Three-component mixtinvasions for acaroses of dogs:

S – sarcoptosis, O – otodectosis, D – demodectosis, Tr – trichurosis, T – toxocarosis, U – uncinariosis, Dp – dipylidiosis

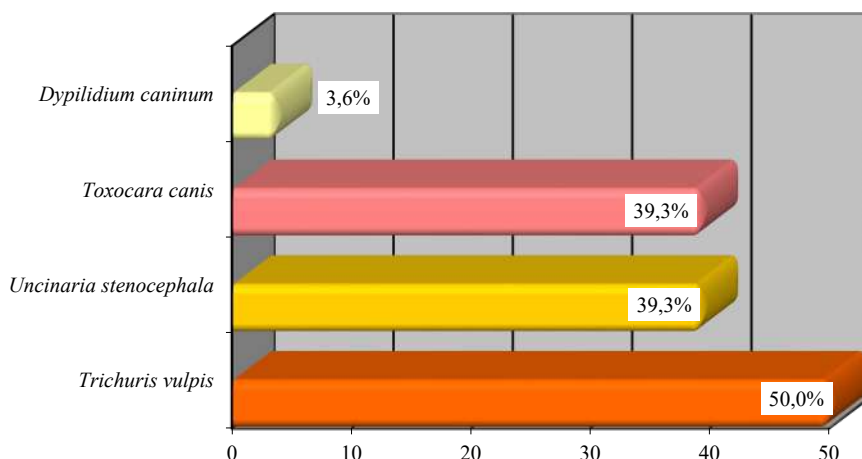


Fig. 5. Types of mixtinvasions due to acaroses of dogs

According to literature data, sarcoptosis, demodectosis, and otodectosis are common acarotic infestations in many countries of the world and are a frequent cause of dermatological diseases in many species of animals, as well as in humans [1–4]. The conducted studies established that in the territory of Poltava, the extent of infestation of dogs by the causative agent of demodectosis is 18.6 %, sarcoptosis – 10.5 %, otodectosis – 24.4 %. It was found that in 53.5 % of patients with acaroses in dogs, their course took place in the form of mixtinvasions together with causative agents of nematodes and cestodes of the digestive tract of dogs. 55.6 % of dogs were diagnosed with otodectous monoinvasion, 33.3 % with sarcoptous monoinvasion, and 11.1 % with demodectous monoinvasion. In dogs infested with sarcoptes, otodectes, and demodexes, mixtinvasions took place in the form of two-component (67.9 % of mixtinvasions) and three-component (32.1 % of mixtinvasions) parasite associations. A total of 11 types of mixtinvasions were identified, of which 6 types were two-component and 5 types were three-component. Co-members of demodexes, otodectes and sarcoptes were causative agents of trichuriasis (50.0 % of mixtinvasions), uncinariosis (39.3 % of mixtinvasions), toxocarosis (39.3 % of mixtinvasions), and dipylidiosis (3.6 %).

There are reports where sarcoptosis in dogs occurred as a mixtinvasions by two or three types of ectoparasites [23]. Scientists also note the associative course of the causative agent of otodectosis in cats together with the nematodes *Toxocara cati* (23.5 %) and cestodes *Dypilidium caninum* (17.6 %), and in dogs – together with the nematodes *Trichuris vulpis* (27.7 %) and *Toxocara canis* (21.3 %), *Uncinaria stenocephala* (12.8 %) and *Dypilidium caninum* cestodes (8.5 %) [24].

The obtained data make it possible to take into account the peculiarities of the course of acaroses of dogs caused by acariform mites, as part of helminthiasis of the digestive tract of dogs in order to increase the effectiveness of treatment and preventive measures.

Conclusions

It has been established that acaroses of dogs caused by acariform mites is a common infestation in the territory of the city Poltava, where the extent of demodectous invasion is 18.6 %, sarcoptous mange – 10.5 %, otodectous – 24.4%. Acaroses in dogs mainly occurred in the form of mixtinvasions (53.5 %) together with nematodes and cestodes parasitizing in the digestive tract of animals. A total of 11 types of mixtinvasions were identified, of which 6 types were two-component and 5 types were three-component. Co-members of *Sarcoptes scabiei*, *Otodectes cynotis*, *Demodex canis* were nematodes of the species *Trichuris vulpis* (50.0 %), *Uncinaria stenocephala* (39.3 %), *Toxocara canis* (39.3 %) and cestodes of the species *Dypilidium caninum* (3.6 %).

Conflict of interest







The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Pulido-Villamarín, A. del P., Castañeda-Salazar, R., Ibarra-Ávila, H., Gómez-Méndez, L. D., & Barbosa-Buitrago, A. M. (2016). Microscopía y principales características morfológicas de algunos ectoparásitos de interés veterinario. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 27 (1), 91. <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i1.11449>
- Rodriguez-Vivas, R. I., Ortega-Pacheco, A., Rosado-Aguilar, J. A., & Bolio, G. M. E. (2003). Factors affecting the prevalence of mange-mite infestations in stray dogs of Yucatán, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 115 (1), 61–65. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(03\)00189-4](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(03)00189-4)
- Souza, C. P., Ramadina, R. R., Scott, F. B., & Pereira, M. J. S. (2008). Factors associated with the prevalence of *Otodectes cynotis* in an ambulatory population of dogs. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 28 (8), 375–378. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2008000800005>
- Craig, M. (2016). Surface mites in dogs, cats and rabbits. *Companion Animal*, 21 (12), 678–684. <https://doi.org/10.12968/coan.2016.21.12.678>
- Beugnet, F., Bourdeau, P., Chalvet-Monfray, K., Cozma, V., Farkas, R., Guillot, J., Halos, L., Joachim, A., Losson, B., Miró, G., Otranto, D., Renaud, M., & Rinaldi, L. (2014). Parasites of domestic owned cats in Europe: co-infestations and risk factors. *Parasites & Vectors*, 7 (1), 291. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-291>
- Birchard, S. J., & Sherding, R. G. (2005). *Saunders manual of small animal practice-e-book*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Health Sciences.
- Campbell, K. (2007). Other external parasites. In: *Veterinary internal medicine, diseases of the dog and cat. 6th*. (p. 67). Madrid, Spain: Elsevier.
- Escobar, L. E., Carver, S., Cross, P. C., Rossi, L., Almberg, E. S., Yabsley, M. J., Niedringhaus, K. D., Van Wick, P., Dominguez-Villegas, E., Gakuya, F., Xie, Y., Angelone, S., Gortázar, C., & Astorga, F. (2021). Sarcoptic mange: An emerging panzootic in wildlife. *Transboundary and Emerging Diseases*, 69 (3), 927–942. <https://doi.org/10.1111/tbed.14082>
- Scott, D. (2001). Parasitic Skin Disease. In: *Muller & Kirk's Small Animal Dermatology*, 423–516. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7216-7618-0.50010-9>
- Skerratt, L. F., Middleton, D., & Beveridge, I. (1999). Distribution of life cycle stages of *Sarcoptes scabiei* var *wombati* and effects of severe mange on common wombats in victoria. *Journal of Wildlife Diseases*, 35 (4), 633–646. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-35.4.633>
- Simpson, K., Johnson, C. N., & Carver, S. (2016). *Sarcoptes scabiei*: The mange mite with mighty effects on the common wombat (*Vombatus ursinus*). *PLOS ONE*, 11 (3), e0149749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149749>
- Hartley, M., & English, A. (2005). *Sarcoptes scabiei* var. *wombati* infection in the common wombat (*Vombatus ursinus*). *European Journal of Wildlife Research*, 51 (2), 117–121. <https://doi.org/10.1007/s10344-005-0080-5>
- Kalema-Zikusoka, G., Kock, R. A., & Macfie, E. J. (2002). Scabies in free-ranging mountain gorillas (*Gorilla beringei beringei*) in Bwindi Impenetrable National Park, Uganda. *Veterinary Record*, 150 (1), 12–15. <https://doi.org/10.1136/vr.150.1.12>
- Medleau, L., & Hnilica, K. A. (2006). Parasitic Skin Disorders. In: *Small Animal Dermatology*, 99–138. <https://doi.org/10.1016/b0-72-162825-7/50008-4>
- Horne, K. (2019). Canine Demodicosis. In: *Small Animal Dermatology for Technicians and Nurses*, 147–157. <https://doi.org/10.1002/9781119108641.ch11>
- Demodicosis (Canine and Feline). (2018). In: *Blackwell's Five-Minute Veterinary Consult Clinical Companion*, 296–311. <https://doi.org/10.1002/9781119337256.ch19>

17. Osborn, S. C. (2006). Canine and Feline Demodicosis. In: *Saunders Manual of Small Animal Practice*, 459–464. <https://doi.org/10.1016/b0-72-160422-6/50045-0>
18. Mueller, R. S., Rosenkrantz, W., Bensignor, E., Karas-Tęcza, J., Paterson, T., & Shipstone, M. A. (2020). Diagnosis and treatment of demodicosis in dogs and cats. *Veterinary Dermatology*, 31 (1), 4. <https://doi.org/10.1111/vde.12806>
19. Aleem, M. T., Munir, F., & Shakoor, A. (2024). Parasitic diseases of dogs and cats. *Introduction to Diseases, Diagnosis, and Management of Dogs and Cats*, 479–488. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-18548-9.00032-9>
20. Beco, L., Fontaine, F., & Bergvall, K. (2007). Comparison of skin scrapes and hair plucks for detecting Demodex mites in canine demodicosis, a multicenter, prospective study. *Annual Conference of the European Society of Veterinary Dermatology*. (p. 381). European College of Vet Dermatol
21. Yevstafieva, V. O., & Havryk, K. A. (2014). Improvement of methods of lifetime diagnostic of sarcoptoses, demodecoses and otodektoses of dogs. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 62–64. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.04.1>
22. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow.
23. 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>
24. Melezhyk, A., Korchan, L., Dmitrenko, N., & Zamazyi, A. (2024). Features of the course of otodectosis in mixtinvasions of dogs and cats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 128–132. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.22>

ORCID

- V. Yevstafieva  <https://orcid.org/0000-0003-4809-2584>
- Y. Plakhotna  <https://orcid.org/0009-0002-2973-4430>
- V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>
- I. Yuskiv  <https://orcid.org/0000-0002-6029-3488>
- L. Korchan  <https://orcid.org/0000-0002-6064-5922>
- N. Kanivets  <https://orcid.org/0000-0001-9520-2999>
- V. Slynko  <https://orcid.org/0000-0002-1673-5840>



2024 Yevstafieva 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.

Prevalence of internal parasites in local chicken in Karbala province, Iraq

N. A. Aljoboury¹ | M. Jawad¹ | A. Sh. M. Alhesnawi² | A. Alshimry¹ | F. Alali³

Article info

Correspondence Author

F. Alali

E-mail:

firas.o@uokerbala.edu.iq

¹ University of Kerbala,
College of Sciences,
56001, Karbala, Iraq

² University of Kerbala,
College of Applied Medical
Sciences,
56001, Karbala, Iraq

³ University of Kerbala,
College of Veterinary
Medicine,
56001, Karbala, Iraq

Citation: Aljoboury, N. A., Jawad, M., Alhesnawi, A. Sh. M., Alshimry, A., & Alali, F. (2024). Prevalence of internal parasites in local chicken in Karbala province, Iraq. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 120–125. doi: 10.31210/spi2024.27.04.20

Gastrointestinal parasites are the most common and detrimental parasites impacting poultry productivity. Globally, *Eimeria* sp., *Ascaridia galli*, and *Heterakis gallinarum* are infect most variety of domestic and wild birds. The prevalence of endoparasite infection in the research area is presently mild and mostly influenced by farming practices; our findings can establish a baseline for managing infections in domestic hens. The research was carried out from January to August 30 2024 to ascertain the prevalence and diagnostic characteristics of parasite gastrointestinal illnesses. A total of 100 fresh fecal samples of backyard chickens were collected from different poultry markets. Fecal examination carried out by using the native method, and floating method to determine the presence of worm eggs. Identified among the nematodes were the following parasites: *Eimeria* sp., *Ascaridia galli*, and *Heterakis gallinarum*. The total prevalence was (22 %). The infection according to sex in *Eimeria* sp. was (63.6 %), (60.0 %), (66.7 %) in male and female, respectively. *Ascaridia galli* infection was (27.3 %), (30.0 %), (25.0 %) in male and female, respectively, and *Heterakis gallinarum* infection was (9.1 %), (10.0 %), (8.3 %) in male and female, respectively. The infection according to sex were. The infection according to age in *Eimeria* sp. was (63.6 %). *Ascaridia galli* infection was (27.3 %), and *Heterakis gallinarum* infection was (9.1 %). The prevalence of chickens in ages (one week to two years) were ranged between (0–100 %). A significantly, the prevalence of gastrointestinal parasite infections were related with age, sex, and avian species at ($p \geq 0.05$). The study found that *Eimeria* sp., *Ascaridia galli*, and *Heterakis gallinarum* were the most common gastrointestinal parasite infestations. In conclusion, to fully understand how gastrointestinal parasites affect the well-being and output of village hens, as well as to develop workable intervention and control strategies that smallholder farmers may use, more research is needed.

Keywords: Ascariidiosis, Chicken, Coccidiosis, Heterakiasis, Iraq.

Поширення ендопаразитозів курей у провінції Кербела, Ірак

Н. А. Альжобури¹ | М. Джавад¹ | А. Ш. М. Алхеснаві² | А. Алшімрі¹ | Ф. Алалі³

¹ Науковий коледж
університету Кербали,
провінція Кербела, Ірак

² Коледж прикладних
та медичних наук
Університету,
провінція Кербела, Ірак

³ Коледж ветеринарної
медицини Університету
Кербали,
провінція Кербела, Ірак

Інвазійні хвороби птиці, що викликані збудниками гельмінтозів та протозоозів травного тракту, вважаються найбільш розповсюдженими в усьому світі. Вказані збудники виявляють серйозну шкоду здоров'ю птиці. Зокрема, у молоддюку реєструють зниження приростів, а в дорослій птиці зниження яйценосності та погіршенні якості отримуваних яєць. У всьому світі збудники *Eimeria* sp., *Ascaridia galli* та *Heterakis gallinarum* заражають більшість домашніх курей. У зв'язку з цим метою роботи було встановлення епізоотичної ситуації щодо розповсюдження шлунково-кишкових паразитів курей у провінції Кербела (Ірак). Дослідження проводилося з січня по 30 серпня 2024 року. Загалом було зібрано 100 свіжих зразків посліду від домашніх курей з різних птахівничих господарств. Дослідження зразків проводилося в використанням загальновідомих флотацийних методів діагностики. Встановлено, що у досліджуваному районі в курей були виявлені паразитарні захворювання, викликані збудниками протозоозів (*Eimeria* sp.) та гельмінтозів (*Ascaridia galli* та *Heterakis gallinarum*). З'ясовано, що виявлені збудники у досліджуваній період мають незначне поширення (22,0 %), а рівень інвазованості птиці залежав від практики ведення сільського господарства. Слід зазначити, що ураженість птиці *Eimeria* sp. склала 63 %, *Ascaridia galli* – 27,3 %, а *Heterakis gallinarum* – 9,1 %. Різниця щодо поширеності збудників у птиці різної статі виявлено не було. За результатами копрооскопічних досліджень встановлено, що ураженість курей збудником *Eimeria* sp. реєструється починаючи з першого тижня життя і до 2-х річного віку з незначними коливаннями. Натомість, перші випадки ураженості курей збудником *Ascaridia galli* починали реєструвати у вікових групах 1,5–2,0 міс та 3,5–5,0 міс. Наші дослідження можуть стати основою для проведення заходів направлених на лікування шлунково-кишкових інвазій у домашніх курей.

Ключові слова: кури, аскаридоз, кокцидіоз, гетеракоз, Ірак.

Бібліографічний опис для цитування: Альжобури Н. А., Джавад М., Алхеснаві А. Ш. М., Алшімрі А., Алалі Ф. Поширення ендопаразитозів курей у провінції Кербела, Ірак. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 120–125.

Introduction

Backyard chickens typically inhabit open housing and forage for food, which enhances their exposure to infectious parasite forms in the environment, hence elevating the risk of parasitic diseases [1]. Free-range chickens are susceptible to many parasite diseases when foraging [2]. Gastrointestinal parasites are reemerging in nations where the popularity of free-range chicken production systems is rising [3]. Helminth nematodes are common worldwide and more infections in chicken with considerable change during different areas and manufacture techniques [4].

Coccidian and helminths are worldwide threatened to free-range poultry production systems [5]. Coccidiosis and ascaridiosis are two more gastrointestinal parasites in scavenging poultry that cause production losses to owners [1]. Coccidiosis is suffering from the major economic losses in poultry hens. Gastrointestinal parasites infections have various clinical symptoms and result in variable impacts on chickens reduced egg production and body weight, malnutrition, and young bird's mortality [1, 6]. Coccidiosis is one of the main causes of morbidity in poultry, causing decrease of egg production and body weight. Backyard chickens put the food security of households at risk for both clinical and subclinical coccidiosis due to their outdoor living and scavenging activities [1].

Ascaridia galli is the most prevalent nematode in domestic and non-domestic chickens. Chickens raised in scavenging or semiscavenging systems have a high prevalence of *Ascaridia galli* [1]. It was reported in both intensive systems (broiler and layer farms) and free-range (backyard poultry) [7]. Chicken heterakosis, which is worldwide distribution at all countries. A high incidence of infection, particularly in young animals, results in their mortality, and invasive diseases inflict significant losses to this sector. The nematode *Heterakis gallinarum* is a parasite that has adapted to the climate of many different regions, which helps explain its widespread distribution [8].

Many of studies were reported in different regions of the country of Iraq. The following helminth parasites were detected from chickens in Mosul district, Iraq. Mostly was *A. galli*, then *Heterakis gallinae* [9]. While, who reported the total infection of intestinal helminthic parasites in local chickens was higher than farm chickens in Baghdad (khadhemiya, Abugarib, and Taji) [10]. Other study was reported the mix infection was the most predominant in house reared chickens from various parts of al dewania province with varies in age factors. The egg of the internal helminthes was *Ascaridia galli* was the most common then *Eimeria* sp., *Capillaria* sp., *Heterakis gallinarum* and *Raillietina* sp. [11].

Another study in local chickens in Erbil city region of Kurdistan/Iraq. The research was carried out in different species of local chickens to investigate the existence of internal parasites more prevalent of cestode species nematode species had a lower frequency and external parasites most prevalent with lice [12].

The importance of free-range chickens and the susceptibility to infection, in order to reduce infection, improve parasite control and reduce economic losses.

We need to identification the prevalence and distribution of gastrointestinal parasites in Karbala province, Iraq.

The purpose of the study

This study aims to examine the frequency of gastrointestinal parasites in domestic chickens that are bred in Karbala province, Iraq.

Materials and methods

Site of the study

The research was conducted in karbala province. Karbala, also known as Kerbala, is the capital of the (Karbala district) is located in central Iraq map. The city is located 105 km southwest of Baghdad, bounded Governorate of Anbar in the north, Governorate of Najaf in the south, Governorate of Babylon in the east, the desert of Sham and the territories of Saudi Arabia in the west. The province is determined at a longitude of 44° and an altitude of 32°. The region of the Governorate of Karbala is roughly 5.034 square kilometers. The climate in Karbala features scorching summers and somewhat mild winters, rendering fall and spring the most agreeable seasons for travel. The best weather is often seen from October to April, when temperatures range from 15°C to 25°C (59°F to 77°F).

Fecal sample collection and Diagnosis

Sample Collection

A total of 100 fresh fecal samples of backyard chickens were collected from different poultry markets. Information about the samples and associated conditions was recorded on a questionnaire preformed. Qualitative examination methods included direct smear, and flotation, techniques. The samples were collected from different local markets laying hen farms between January 2024-to August 30/08/ 2024.

Coprospectical Examination and Identification of Endoparasites:

Fecal specimens were randomly collected from the cloaca immediately then placed in a clean bottle. The collected specimens were transferred in a cool box to the Kerbala University, College of Veterinary Medicine, Department of Parasitology, for laboratory examination. Fecal examination carried out by using the native method, and floating method to determine the presence of worm eggs. Fecal flotation method was included with (NaCl) solution that processes the flotation fluid [13]. The different species of the helminth parasites was diagnosed based on the guide of helminthological keys [14].

The positive specimens for one or more of the technique which have carried out (floatation method, direct wet smear) were regarded positive confirmed for (helminth(s) or/with *Eimeria*). All chickens were different of ages at the time of sampling, based on information obtained from their owners.

Detection of *Eimeria* oocysts and helminth eggs.

Helminth eggs and, *Eimeria* oocysts, from the identification techniques mentioned above were diagnosed using the guide morphological keys as initial detection. To prepare the flotation procedure, 400 g of NaCl was dissolved in 1000 ml of warm distilled water. Ten milliliters of the floating medium were added to the

fecal sample in the universal container, and the mixture was agitated with a rod to complete the operation. After passing by filtering the liquid through two layers of gauze and into a test tube, additional media was added until a meniscus appeared. The test tube was carefully covered with a coverslip and let to stand on a level surface for ten to twenty minutes. After carefully removing the coverslip and placing it on a glass slide, it was promptly checked for parasite eggs using x10 and x40 objective lenses. By adding Lugol's Iodine solution to the sample on the glass slide, the eggs were easier to identify [15].

Data and statistical analysis:

Microsoft Excel was used to record the data of the parasites that were collected. The following formula was used to determine the prevalence of infection (%):

$$\text{Prevalence} = (\text{Total number of infected chickens by a species of parasite} / \text{total number of chickens examined}) \times 100.$$

Statistical analysis for social science; version 22.0, Chicago, USA. Chi-square test (χ^2). $P < 0.05$ was considered significant [16].

Results and discussion

The result showed that out of the 100 examined backyard chickens, 22 were positively infected with gastrointestinal parasites in the examined chickens, the total prevalence of infection was 22 % (22/100). All the positive samples were single infections were included, *Eimeria sp.*, *Ascaridia galli* and *Heterakis gallinarum*.

The total prevalence of *Eimeria sp.* was 63.6 % (14/100). Concerning the genders, the prevalence of *Eimeria sp.*, was 60 % (6/10) in male chickens while it was 66.7 % (8/12) in female chickens. Significant differences were not observed ($P \geq 0.05$). While in *Ascaridia galli* the total prevalence was 27.3 % (6/22), in male was 30 % (3/10) and in female was 25 % (3/12). The prevalence of *Heterakis gallinarum* was 9.1 % (2/22),

Table 2

Relation of parasite types with ages

| Parasite types * age cat. Crosstabulation | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--------|-------|------|------|-------|-------|----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Parasite types | | Age | | | | | | | | | | | | | Total | |
| | | 1w | 2w | 1.5m | 2m | 2.5m | 3m | 3.5m | 5m | 6m | 7m | 8m | 1y | 1.5y | | 2y |
| <i>Eimeria sp.</i> | No | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 14 |
| | % | 100.0 | 100.0 | 75.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | 50.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 63.6 |
| <i>Ascaridia galli</i> | No | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | % | 0.0 | 0.0 | 25.0 | 75.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 50.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 27.3 |
| <i>Heterakis gallinarum</i> | No | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | % | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 25.0 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.1 |
| Total | No | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 22 |
| | % | 100.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| χ^2 | | 26.452 | | | | | | <i>P value</i> 0.438 | | | | | | | | |

Gastrointestinal parasites with direct and/or indirect life cycles, namely *A. galli*, *Eimeria sp.*, *H. gallinarum* and *Capillaria sp.*, are cause for the most common and high economic losses in poultry industries [5]. The result of this study have total prevalence of infection was 22 %,

in male was 10 % (1/10), while in female 8.3 % (1/12), (**Table 1, Figure. 1**).

Table 1

Relation of parasite types with genders

| Parasite types * gender types Crosstabulation | | | |
|---|----------|-----------|----------------------|
| Parasite types | | Sex types | |
| | | male | female |
| <i>Eimeria sp.</i> | No | 6 | 8 |
| | % | 60.0 | 66.7 |
| <i>Ascaridia galli</i> | No | 3 | 3 |
| | % | 30.0 | 25.0 |
| <i>Heterakis gallinarum</i> | No | 1 | 1 |
| | % | 10.0 | 8.3 |
| Total | No | 10 | 12 |
| | χ^2 | 0.105 | <i>P value</i> 0.949 |

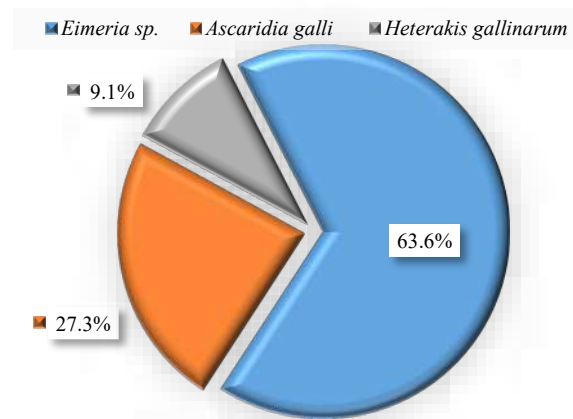


Figure. 1. Percentage of infections

The morphological characteristic of the recovered from the different chicken species were distributed at different percentages, (figures 1) The ages range between (one week to two years) with prevalence range between (0–100 %). Significant differences were not observed among ages ($P \geq 0.05$). (**Table 2**).

that out of the 100 examined backyard chickens, with gastrointestinal parasites in the examined chickens. 22 were positively infected were single infections only were included, *Eimeria sp.*, *A. galli* and *H. gallinarum*. Flotation technique and routine method (direct smear)

were used to detect infections in (100) fecal samples backyard chickens. This study was consent with, who reported parasites mostly *Eimeria* sp. (32.83 %), then *A. galli* (30.15 %) and *H. gallinarum* (24.79 %) using floatation technique in Ilorin, Nigeria [17]. Other studies were used floatation as Malatji et al., 2016, was reported from (191) village chicken faecal samples from Limpopo and KwaZulu-Natal provinces South Africa's indicated mostly by *Eimeria* sp. (29.46 %), *A. galli* (18.77 %), and *H. gallinarum* (15.56 %) [18]. While in the Savanna region, Department of Sucre, Colombia, was reported, *Eimeria* sp. (90 %), *A. galli* (18.4 %), *H. gallinarum* (59.4 %), with prevalence 77.3 % (665/860) in hens (*Gallus domesticus*) [19]. These differences may be related with some factors as nature of nutrition, source of water, migrating birds, geographical location, housing, sample sizes, genetic, methods of parasitological detection, coinfections and breeding could demonstrate the varies in the rates of prevalence.

In the current, study the protozoan gastrointestinal parasite (*Eimeria* sp.) (63.6 %) was more common in gastrointestinal parasite cases than *A. galli* and *H. gallinarum*. In consent with helminth infection in local chickens slaughtered in Makurdi metropolis/ Nigeria. Out of the entire sample that was analysed, 280 out of 440 (63.6 %) had at least one helminth species [20]. In poultry from the Veterinary Teaching Hospital, University of Jos, Plateau State, Nigeria. The total of 2,989 cases, out of which 749 (25.1 %), were *Eimeria* sp. (78.0 %) *A. galli* (8.3 %); and *H. gallinarum* (4.7 %) [21]. The important of chickens slaughtered for human consumption. Who reported only two parasites from two hindered and tens chickens in Maiduguri, Nigeria. Total infection was found in only 25.7 % of the local chickens. *A. galli* (84.1 %), *H. gallinarum* (15.9 %) [22].

While other studies no consent with this study as Kruchynenko, 2021, who recorded in Ukraine most common endoparasitoses in poultry are helminthiases and eimerioses, which can lead to severe illnesses, particularly in young birds [23]. *Eimeria* sp. (13.6 %), *A. galli*, (38.6%), and *H. gallinarum*, (29.6 %), are among the most prevalent hen gastrointestinal invaders, causing significant financial harm to poultry farms. Another research has been made in Viçosa, Minas Gerais, Brazil, *H. gallinarum* was the most prevalent helminth species (60.19 %). The majority of animals' gastrointestinal tracts yielded a total of 5579 specimens (81.55 %) [24]. Another research demonstrates that *A. galli* is the more distribute and high level prevalent of nematode in the broiler chicken of Rawalpindi region/Pakistan. The prevalence was 28.64 % (888/3100) chicken for the presence of *A. galli* [25]. In Duhok Province/Kurdistan Region of Iraq, one hundred and twenty chickens the local breed (*Gallus gallus domesticus*). The highest nematode recorded was *Subulura* sp. (46.6 %), followed by *A. galli* (38.3 %), *H. gallinarum* (25 %), *Eimeria* sp. (16.6 %) and *Capillaria* sp. (4.1 %) but no blood parasites and trematodes [26].

Many of studies in Iraq, have coinfections with different parasites, 260 chickens from local and farm breeding in Baghdad (Khadhemiya, Abugarib, and Taji) were found to have helminthes [10]. *A. galli* 35 (36.9 %) and *Raillietina tetragona* 15 (11.5 %) were the outcomes

of farm breeding. *Subulura brumpti* 7 (5.3 %) and *H. gallinarum* 10 (6.7 %) were only detected in local chickens. The mixed infection was the most common study by Karawan, 2012, explain using 125 faecal samples of house reared chickens from al dewania city of different ages [11]. *A. galli* was the most common, *Eimeria* sp, *Capillaria* sp. *H. gallinarum*. The eggs of *Raillietina* sp. While, Abdullah and Mohammed, 2013 who reported macro- and microscopically found of (internal and external) parasites in Sulaimani region-Kurdistan/Iraq [27]. From 65 local chickens (*Gallus domesticus*) showed that 89.23 % out of 65 looked at chickens were infested by (*H. gallinarum*) which created 81 % and others were *A. galli*, *Cheilosporira hamulosa*, *Capillaria* sp., *Raillietina* sp., *Choanotaenia infundibulum*, *Amoebotaenia sphenoides*, *Hymenolepis carioca* and *Davianea proglottina*) and Out of all the chickens inspected, 90.77 % had ectoparasite infestations (ticks and lice). Other study by Azeez and Yassin, 2024 who reported cestode more prevalent 65 % (42/65) and lower infection of 31 % (20/65) in local chickens in Erbil city, Kurdistan/Iraq [12].

In the current study the sex and ages don't have significant effects in three parasites for both male and female ($P>0.05$). This study in consent with, Montes-Vergara et al., 2021, in the Savanna region, Department of Sucre, Colombia [19]. Both sex and age had no significant effects. Using direct methods with ZnSO₄, 860 native birds were examined, including both hens (*Gallus domesticus*). The results showed that 77.3 % (665/860) of the birds had at least one gastrointestinal parasite infection, including *Eimeria* sp. (90 %), *A. galli* (18.4 %), and *H. gallinarum* (59.4%) Elijah et al., 2022 who recorded significantly in females have much more nematode (*A. galli*) eggs and adults compared to male birds [27]. The prevalence mostly in female birds (48.6 %) than male (34.9 %) was significant ($P\leq 0.05$), in (210) local chickens in Maiduguri, Nigeria, Nematode identified were *A. galli* (84.1 %), *H. gallinarum* (15.9 %). While, Lawal et al., 2023 who recorded in Borno State, Northeastern Nigeria of overall prevalence of 54.8 % (438/800) from birds at live poultry markets. *A. galli* were the most common (14.6 %), *H. gallinarum* (9.8 %), as sex (female) and age (adults > 5mo), were significant ($P<0.0001$) [28].

In Ilorin, Nigeria, Ola-Fadunsin et al., 2019, who reported different parasites recovered from (597) fecal specimens and gastrointestinal from different of live and slaughtered bird species [17]. Using direct wet mount examination, avian types, sex, and Age were significant at ($P<0.05$) related with the incident of gastrointestinal parasites infection.

Conclusions

The current study shows the prevalence of gastrointestinal parasites in free backyard chickens in Karbala province/Iraq. The prevention of gastrointestinal parasites and biosecurity measures should be enhanced because the infection rate was comparatively high. The goal is to enhance the natural food supplies, housing, feeding, and management of these birds while encouraging the development of novel preventative and

therapeutic measures, such as the use of biological control and natural substances. The role of breeders and veterinarians is very important to prevent parasitic infection in farms via effective farms management, nutrition, and treatment. In order to stop the growth of the gastrointestinal parasites' developmental stages in the environment, it is advised that birds raised on the floor have proper litter management.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgements

I would like to thank the owners of markets for supporting to collect samples in Karbala province, Iraq.

Ethical Statement

Ethics required are approved by the Ethical Committee of college of veterinary medicine/ university of Kerbala under acceptance number – UOK.VET. MI.2024.085.

Funding Information

There is no funding.

References

- Muñoz-Gómez, V., Furrer, R., Yin, J., Shaw, A. P., Rasmussen, P., & Torgerson, P. R. (2024). Prediction of coccidiosis prevalence in extensive backyard chickens in countries and regions of the Horn of Africa. *Veterinary Parasitology*, 327, 110143. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110143>
- Mlondo, S., Tembe, D., Malatji, M. P., Khumalo, Z. T. H., & Mukaratirwa, S. (2022). Molecular identification of helminth parasites of the Heterakidae and Ascarididae families of free-ranging chickens from selected rural communities of KwaZulu-Natal province of South Africa. *Poultry Science*, 101 (8), 101979. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101979>
- 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>
- Shifaw, A., Feyera, T., Walkden-Brown, S. W., Sharpe, B., Elliott, T., & Ruhnke, I. (2021). Global and regional prevalence of helminth infection in chickens over time: a systematic review and meta-analysis. *Poultry Science*, 100 (5), 101082. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101082>
- Lozano, J., Ana, A., Salinero, A. P., Lux Hoppe, E. G., Gomes, L., Paz-Silva, A., Rebelo, M. T., & Madeira De Carvalho, L. (2019). Gastrointestinal parasites of free-range chickens – a worldwide issue. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, 76 (2), 110–117. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:2019.0019>
- Mega, T. S., Susilowati, S., Hastutiek, P., Kusnoto, K., Sunarso, A., & Witaningrum, A. M. (2024). Identification of digestive tract endoparasites of laying hens in Suruhwadang village, Kademangan district, Blitar Regency. *Journal of Parasite Science*, 8 (1), 42–46. <https://doi.org/10.20473/jops.v8i1.52373>
- Kumar, S., Garg, R., Ram, H., Maurya, P. S., & Banerjee, P. S. (2013). Gastrointestinal parasitic infections in chickens of upper gangetic plains of India with special reference to poultry coccidiosis. *Journal of Parasitic Diseases*, 39 (1), 22–26. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0273-x>
- 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>
- Al-Hubaity, I. A., & Al-Habib, W. I. S. (1979) A survey of the helminth parasites of the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*) in Mosul district / Iraq. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 14 (1), 197–204.
- Shthar, M. M. (2010). A comparative study of gastrointestinal helminthes infection between local and farm breeding houses in Baghdad province. *Al-Anbar Journal of Veterinary Sciences*, 3 (1), 18–23.
- Karawan, A. Ch. (2012). Prevalence of helminth in the alimentary tract of house reared chickens in Al-Dewania city. *Kufa Journal For Veterinary Medical Sciences*, 3 (2). <https://doi.org/10.36326/kjvs/2012/v3i23956>
- Azeez, B. S., & Yassin, A. R. (2024). Prevalence of external and internal parasites and their effects on body performance to local chickens in Erbil City. *Diyala Journal for Veterinary Sciences*, 2 (2), 81–92. Retrieved from: <https://djvs.uodiyala.edu.iq/index.php/djvs/article/view/178>
- Wozerou, N. N. (2014). Study of gastro-intestinal parasites of scavenging chickens in fako division, Southwest Cameroon. *The Journal of Advances in Parasitology*, 1 (3), 30–34. <https://doi.org/10.14737/journal.jap/1.2.30.34>
- Soulsby, E. J. L. (1986). *Helminths, Arthropods & Protozoa of Domesticated Animals*. 7th Edition, London: Bailliere Tindall.
- Asumang, P., Akoto Delali, J., Wiafe, F., Kamil, Z., Iddrisu Balali, G., Afua Dela Gobe, V., Nketiah Siaw, W., & Pinamang, G. (2019). Prevalence of Gastrointestinal parasites in local and exotic breeds of chickens in Pankrono–Kumasi, Ghana. *Journal of Parasitology Research*, 2019, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/5746515>
- Bajoi, M. S. J., Bhutto, B., Soomro, F., Solangi, I. A., Marri, N. U., Kakar, Z. K., Bangulzai, M., Baloch, A. L., Mangrio, R. A., Khosa, T. U. D., Mengal, M. A., Marri, N. M., & Kabir, A. (2024). Prevalence and characteristics of gastrointestinal parasites in backyard chickens of Khuzdar, Baluchistan. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. <https://doi.org/10.53555/sfs.v1i14.2742>
- Ola-Fadunsin, S. D., Ganiyu, I. A., Rabi, M., Hussain, K., Sanda, I. M., Musa, S. A., Uwabujo, P. I., & Furo, N. A. (2019). Gastrointestinal parasites of different avian species in Ilorin, North Central Nigeria. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 6 (1), 108–116. <https://doi.org/10.5455/javar.2019.f320>
- Malatji, D. P., Tsotetsi, A. M., Van Marle-Koster, E., & Muchadeyi, F. C. (2016). A description of village chicken production systems and prevalence of gastrointestinal parasites: Case studies in Limpopo and KwaZulu-Natal provinces of South Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 83 (1). <https://doi.org/10.4102/ojvr.v83i1.968>
- Vergara, D., Alvarez, J., & Cordero, A. (2021). Prevalence of gastrointestinal parasites in three groups of domestic poultry managed under backyard system in the Savanna subregion, Department of Sucre, Colombia. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 8 (4), 1. <https://doi.org/10.5455/javar.2021.h551>
- Ogbaje, C. I., Agbo, E. O., & Ajanusi, O. J. (2012). Prevalence of *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum* and Tapeworm infections in birds slaughtered in Makurdi township. *International Journal of Poultry Science*, 11 (2), 103–107. <https://doi.org/10.3923/ijps.2012.103.107>
- Ameji, N. O., Oladele, O. O., Adanu, A. W., Oshadu, D. O., Patrobas, M. N., Gurumyen, G. Y., & Biallah, M. B. (2022). Prevalence of parasitic gastrointestinal diseases of poultry diagnosed in the Veterinary Teaching Hospital, University of Jos, Nigeria. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, 20 (1), 9–18. <https://doi.org/10.4314/sokjvs.v20i1.2>
- Elijah, B. K., Onyiche, E. T., Midala, C., Luka, J., & Bui, A. A. (2022). Gastrointestinal helminths of local chickens (*Gallus gallus domesticus* Linnaeus) and guinea fowls (*Numida meleagris galeata* Pallas) Slaughtered in Maiduguri, Nigeria. *Sahel Journal of Veterinary Sciences*, 19 (4), 1–5. <https://doi.org/10.54058/saheljvs.v19i4.338>

23. Kruchynenko, O. V. (2021). Spreading of hen gastrointestinal parasites. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 236–241. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.29>
24. Valadão, M. C., Vieira, Í. S., Carvalho, L. M. de, Neves, P. H., Magalhães, R. T., Campos, A. K., & Araújo, J. V. de. (2021). Gastrointestinal helminth parasites of *Gallus gallus* raised in extensive system in the city of Viçosa, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 43 (1), e002121. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm002121>
25. Yousaf, A., Saleh Tabasam, M., Memon, A., Rajput, N., Shah Nawaz, R., Rajpar, S., Jamil, T., & Mushtaq, M. (2019). Prevalence of *Ascaridia galli* in different broiler poultry farms of potohar region of rawalpindi-pakistan. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 8 (1), 71–73. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2019.08.00245>
26. Al-Saeed, A., & AL-Badrani, M. (2014). Study of the parasites of the local chickens (*Gallus gallus domesticus*) in Duhok province, Kurdistan Region-Iraq. *Science Journal of University of Zakho*, 2 (1), 18–23. <https://doi.org/10.25271/2014.2.1.110>
27. Abdullah, S. H. (2013). Ecto and endo parasites prevalence in domestic chickens in Sulaimani Region. *The Iraqi Journal of Veterinary Medicine*, 37 (2), 149–155. <https://doi.org/10.30539/iraqijvm.v37i2.275>
28. Lawal, J. R., Jajere, S. M., Isa Ibrahim, U., Abubakar Biu, A., & Jonathan, D. (2023). Epidemiology of gastrointestinal helminths among chickens (*Gallus domesticus*) from Borno State, Northeastern Nigeria: prevalence, helminth burden and associated risk factors. *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 76, 1–9. <https://doi.org/10.19182/remvt.37127>

ORCID

- N. A. Aljoboury  <https://orcid.org/0009-0001-8064-2040>
- M. Jawad  <https://orcid.org/0000-0003-2927-9220>
- A. Sh. M. Alhesnawi  <https://orcid.org/0000-0003-4172-581X>
- A. Alshimry  <https://orcid.org/0009-0009-0320-1717>
- F. Alali  <https://orcid.org/0000-0002-3438-6453>



2024 Aljoboury N. 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.

Spread of animal rabies in Poltava, Kirovohrad and Sumy regions

O. Kruchynenko¹ | M. Petrenko¹ | H. Omelchenko¹ | N. Avramenko¹ | I. Natiahla²

Article info

Correspondence Author
O. Kruchynenko
E-mail:
kruchynenko@ukr.net

¹ Poltava State Agrarian
University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine

² Main Administration of
SSUFSCP in Poltava region,
Voskresenskyi uzviz Str.,
Poltava, 36020, Ukraine

Citation: Kruchynenko, O., Petrenko, M., Omelchenko, H., Avramenko, N., & Natiahla, I. (2024). Spread of animal rabies in Poltava, Kirovohrad and Sumy regions. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 126–131. doi: 10.31210/spi2024.27.04.21

Ukraine remains one of the few countries in Europe where cases of rabies among animals and isolated clinical cases among humans are registered, despite preventive measures. At the same time, the reasons for the rapid spread of the *Lyssavirus rabies* virus in animals in the Poltava, Kirovohrad and Sumy regions remain unclear. Therefore, the purpose of the study was to conduct epizootological monitoring of the incidence of rabies in animals during 2020–2024 in the Sumy, Poltava, and Kirovohrad regions. Research materials were: plans for conducting diagnostic studies on the prevention of infectious animal diseases, reporting documentation on the epizootic situation of animal rabies of the main departments of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection in three regions. During 2020–2024, 441 cases of animal rabies were registered in Poltava, Kirovohrad, and Sumy regions, and 338 unsafe points were declared. Most cases of rabies are registered among dogs, which is 28.9 % – mainly strays, which, in turn, are infected by wild animals, followed by cats (27.3 %) and red foxes (25.9 %). Among the total number of animals infected with rabies in the studied regions, ruminants accounted for 16.4 %. During the specified observation period, the incidence of other animal species did not exceed 1.5 %. In the period 2020–2023 the largest number of animal rabies patients was registered in the Kirovohrad region. At the same time, 43 cases were recorded in Poltava region as of October 2024, which is 11.6 % more than in Kirovohrad and 81.4 % more than in Sumy regions. Kirovohrad region is also a leader in animal bites to people – 1,632 cases. In order to prevent rabies in the territory of the above-mentioned regions, from the beginning of 2024, regional state veterinary medicine specialists vaccinated against rabies the heads of: dogs – 285,371, cats – 258,287, and other farm animals – 18,431.

Keywords: rabies, *Lyssavirus rabies*, animals, epizootic, monitoring.

Поширення сказу тварин у Полтавській, Кіровоградській та Сумській областях

О. В. Кручиненко¹ | М. О. Петренко¹ | Г. О. Омельченко¹ | Н. О. Авраменко¹ | І. В. Натягла²

¹ Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Головного управління
Держпродспожив служби в
Полтавській області,
м. Полтава, Україна

Україна залишається однією з небагатьох країн у Європі, де реєструються випадки сказу серед тварин і поодинокі клінічні випадки серед людей, незважаючи на проведення профілактичних заходів. Водночас причини стрімкого поширення вірусу *Lyssavirus rabies* у тварин на території Полтавської, Кіровоградської та Сумської областей залишаються не з'ясованими. Тому метою дослідження було провести епізоотологічний моніторинг захворюваності тварин на сказ впродовж 2020–2024 рр. в Сумській, Полтавській та Кіровоградській областях. Матеріалами досліджень були: плани проведення діагностичних досліджень по профілактиці заразних хвороб тварин, звітна документація щодо епізоотичної ситуації по сказу тварин головних управлінь Держпродспоживслужби у трьох областях. Упродовж 2020–2024 рр. в Полтавській, Кіровоградській та Сумській областях зареєстровано 441 випадок захворювання тварин на сказ та оголошено 338 неблагополучних пунктів. Найбільше випадків сказу реєструється серед собак, що становить 28,9 % – переважно бродячих, які в свою чергу заражаються від диких тварин, потім йдуть коти (27,3 %) та червона лисиця (25,9 %). Серед загальної кількості захворілих тварин на сказ в областях жуйні тварини становили 16,4 %. Протягом вказаного періоду спостереження захворюваність інших видів тварин не перевищувала 1,5 %. У період 2020–2023 рр. найбільша кількість хворих тварин на сказ реєструвалась в Кіровоградській області. Водночас в Полтавській області станом на жовтень 2024 року було зафіксовано 43 випадки, що на 11,6 % випадків більше ніж у Кіровоградській та на 81,4 % – Сумській. Кіровоградська область є також лідером щодо нанесення покусів тваринами людям, відповідно 1632 випадки. З метою профілактики сказу на території вище вказаних областей спеціалістами районних державних лікарень ветеринарної медицини з початку 2024 року щеплено проти сказу голів: собак – 285371, котів – 258287 та інших сільськогосподарських тварин – 18431.

Ключові слова: сказ, *Lyssavirus rabies*, тварини, епізоотичний, моніторинг.

Бібліографічний опис для цитування: Кручиненко О. В., Петренко М. О., Омельченко Г. О., Авраменко Н. О., Натягла І. В. Поширення сказу тварин у Полтавській, Кіровоградській та Сумській областях. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 126–131.

Вступ

Завдяки систематичному впровадженню програми викорінення сказу шляхом оральної вакцинації диких тварин, до кінця 20-го століття більшість країн Західної та Центральної Європи були вільні від сказу. Метою ЄС було викорінення сказу в дикій природі та серед домашніх тварин до 2020 року [18]. Незалежно від того, наскільки досяжною здавалася ця мета, хвороба все ще присутня у східній частині ЄС (Польща та Румунія) [9]. Нещодавні повідомлення показали, що вірус сказу залишається більш живим, ніж будь-коли, незважаючи на контроль, який здійснюється проти вірусу по всій Європі [20]. У східних і південних країнах програми боротьби зі сказом лисиць повинні супроводжуватися заходами з управління безпритульними собаками, зважаючи на високу чисельність безпритульних тварин у певних регіонах [3].

Кількарічні кампанії з вакцинації диких тварин дозволили досягти контролю над сказом у Західній Європі завдяки створенню «поясу вакцинації» перед ендемічними східноєвропейськими країнами [17]. Пероральна імунізація лисиць антирабійною вакциною (ORV), яка застосовується в багатьох європейських країнах, значно зменшила кількість випадків сказу серед наземних ссавців, але не ліквідувала вірус повністю. Наразі найбільшим резервуаром вірусу є країни Східної Європи, де не проводяться заходи з імунізації або їхня ефективність є низькою [5].

Ввезення скажених тварин становить постійну загрозу для свободи від сказу в Європейському Союзі (ЄС). Після російського вторгнення в Україну в 2022 році Європейська комісія пом'якшила правила ввезення тварин-компаньонів для українських біженців, зробивши відступ від Схеми переміщення домашніх тварин ЄС (EU PETS) [4].

Якщо в період «міського сказу» вакцинація собак разом з регулюванням їх популяції дозволила за 15 років зменшити кількість випадків сказу в 26 разів, то сьогодні регулювання популяцій лисиць і домашніх м'ясоїдних у поєднанні з пероральною вакцинацією диких та парентеральною вакцинацією тварин-компаньонів, на жаль, не дають видимого результату [12].

Україна залишається єдиною країною в Європі, де реєструються випадки сказу серед тварин (близько 1600) і поодинокі клінічні випадки серед людей, незважаючи на проведення профілактичних заходів.

Географічно напади домашніх м'ясоїдних на людей найчастіше спостерігалися у східній частині України, що пов'язано з високою урбанізацією регіону та великою щільністю людського населення. Велика кількість нападів лисиць спостерігалася в західній частині України через більшу площу лісів і полів [11]. В Київській області найбільша кількість зразків належала диким тваринам (насамперед лисицям), які виступають резервуаром інфекції [19]. Сказ серед собак у Полтавській і Сумській областях

реєструвалися у 90 % випадків. Червона лисиця була лідером за захворюваністю на сказ серед диких тварин у період з 2009 по 2019 рік [14]. При аналізі кореляції виявлено, що при зменшенні чисельності популяції хижих тварин відмічається тенденція до збільшення випадків сказу як у Полтавській, так і в Сумській областях України [2]. Вінницька область залишається однією з найбільш неблагополучних щодо сказу як серед диких, так і серед домашніх м'ясоїдних тварин. З 2019 по 2023 рік у Вінницькій області було виявлено 896 тварин, які загинули від сказу. Найбільшу кількість випадків сказу реєстрували серед лисиць (39 %) [15].

Проблема сказу набуває особливого значення для військовослужбовців під час бойових дій, як з точки зору підвищених ризиків щодо цієї хвороби, так і необхідності забезпечення їх епідемічного благополуччя з метою збереження боєздатності Збройних Сил та національної безпеки держави в цілому. Це вимагає чітких підходів до профілактики сказу серед військовослужбовців [8]. Навіть запізниле використання антирабійної вакцини у разі украї тяжких поранень, завданих скаженою собакою, може врятувати життя хворого, а відмова від щеплення таїть смертельну загрозу для пацієнта [6].

Оральна вакцинація, розпочата в 2001 році, досі не виконана в повному обсязі. Вакцинація домашніх м'ясоїдних також не досягає необхідного рівня охоплення 70% популяції. Вакцинують і безпритульних тварин, хоча давно доведено, що в умовах постійного стресу та переохолодження вакцина не викликає вироблення титрів антитіл до захисного рівня [1].

В Україні, незважаючи на значні фінансові витрати на пероральну імунізацію лисиць і парентельну імунізацію собак і котів, не вдається досягти значних результатів у боротьбі зі сказом. На жаль, у структурі захворюваності на сказ спостерігається негативна тенденція до збільшення частки собак і котів, які є основним джерелом захворювання людей на сказ [13]. У 2022 році через російське військове вторгнення в Україну пероральна вакцинація диких тварин не проводилася. Розширення аналізу на домашніх м'ясоїдних (собак і котів) виявило проблеми в існуючій системі профілактики сказу [16].

За даними досліджень різних авторів, сказ у тварин є найпоширенішим зоонозним вірусним захворюванням багатьох країн світу [10]. Платформа інформаційної системи GBIF відображає 15 913 геоприв'язаних знахідок щодо поширення *Lyssavirus rabies* у світі (**рис. 1**). Зокрема, *Rabies virus* зареєстровано на території Сполучених Штатів Америки, Канаді, Південно-Африканській Республіці, Китаї, Індії, Перу, Філіппінах, Аргентині, Нігерії, Італії, Мексиці, Польщі, Угорщині, Ірані Республіці Корея, Тайланді, Сербії, Ізраїлі, Хорватії, Кубі, Туреччині, Румунії, Грузії, Латвії, В'єтнамі, Литві, Естонії, Україні (**рис. 2**) та інших країнах світу [10].

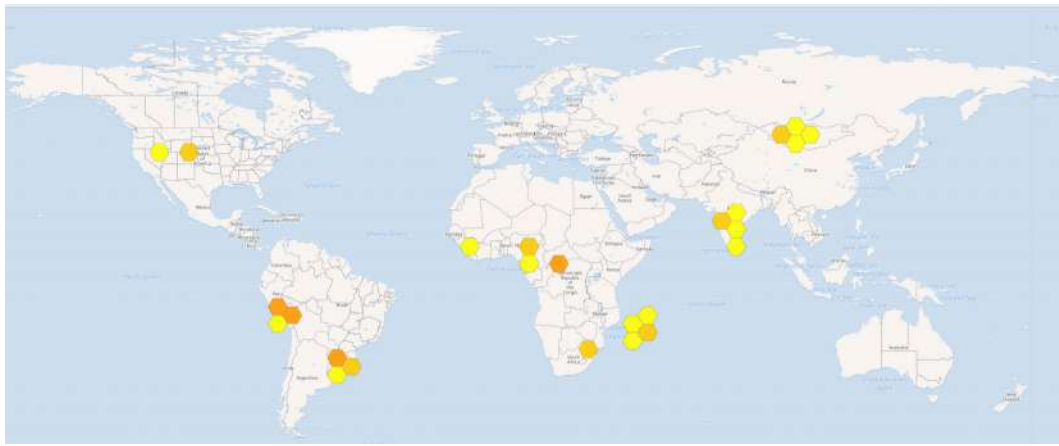


Рис. 1. Дані щодо геолокаційних знахідок у світі за запитом *Lyssavirus rabies* на платформі інформаційної системи GBIF
Джерело: [10].

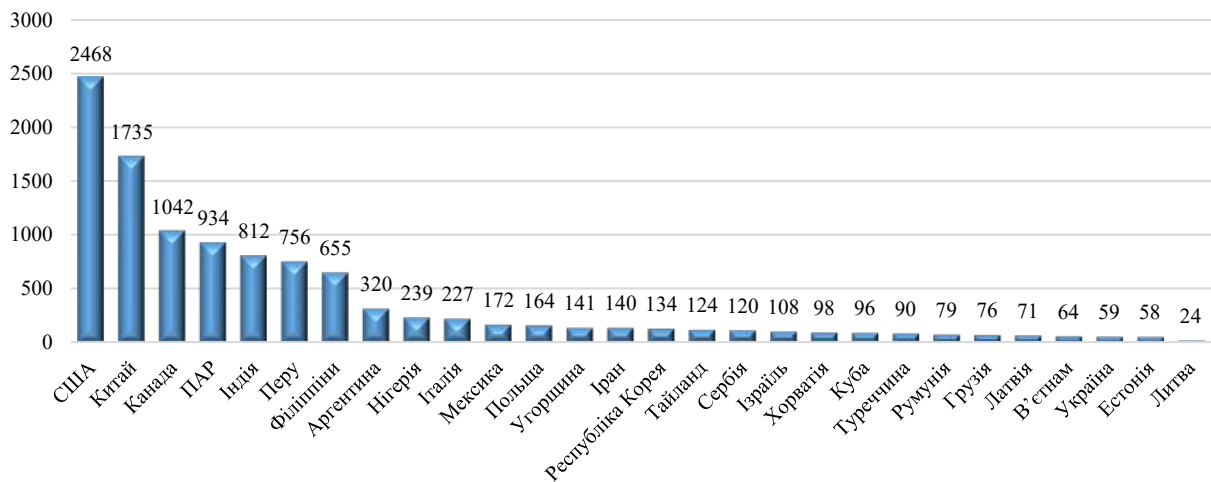


Рис. 2. Дані щодо геолокаційних знахідок в розрізі країн за запитом *Lyssavirus rabies* на платформі інформаційної системи GBIF
Джерело: [10].

Однак ці дані, ймовірно, не відображають повної картини поширення вірусу, що тісно пов'язане зі зростанням чисельності популяцій диких та безпритульних тварин.

Згідно даних інформаційної системи GBIF про сезонність, найбільшу кількість випадків було зафіксовано в січні та квітні, а найменшу – грудні та жовтні.

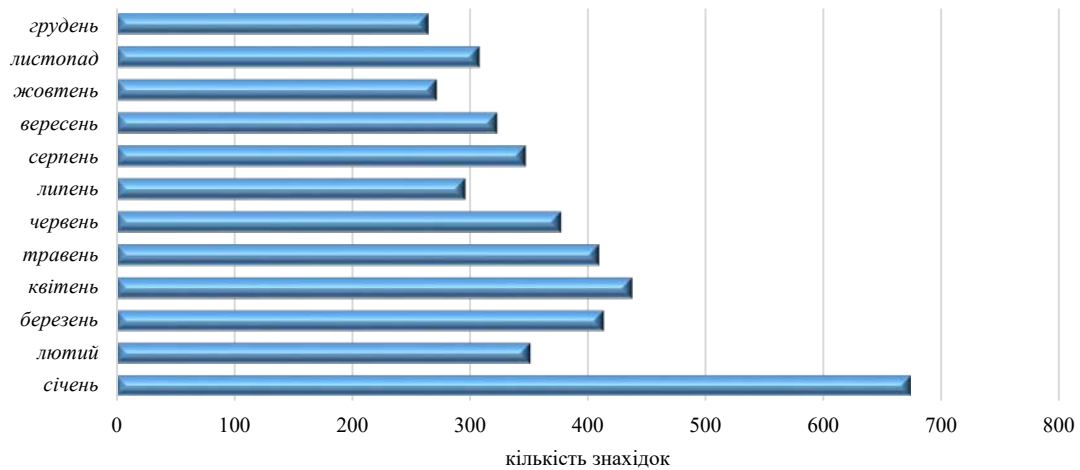


Рис. 3. Дані щодо сезонності за запитом *Lyssavirus rabies* на платформі інформаційної системи GBIF
Джерело: [10].

Мета дослідження

Провести епізоотологічний моніторинг захворюваності тварин на сказ впродовж 2020–2024 рр. в Сумській, Полтавській та Кіровоградській областях.

Матеріали і методи

Матеріалами досліджень були: плани проведення діагностичних досліджень по профілактиці заразних хвороб тварин, звітна документація щодо епізоотичної ситуації по сказу тварин головних управлінь Держпродспоживслужби в Кіровоградській, Полтавській та Сумській областях за 2020–2024 роки.

Таблиця 1

Динаміка сказу у тварин по областям у розрізі неблагополучних пунктів та кількості випадків захворювання

| Область | 2020 рік | | 2021 рік | | 2022 рік | | 2023 рік | | 2024 рік станом на жовтень | |
|----------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------------------------|---------|
| | н/п | випадки | н/п | випадки | н/п | випадки | н/п | випадки | н/п | випадки |
| Кіровоградська | 51 | 82 | 27 | 43 | 27 | 36 | 86 | 100 | 30 | 38 |
| Полтавська | 31 | 39 | 20 | 19 | 5 | 5 | 12 | 13 | 37 | 43 |
| Сумська | 0 | 11 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 8 | 8 |

Згідно *таблиці 2* аналіз статистичних даних головних управлінь Держпродспоживслужби в Кіровоградській, Полтавській та Сумській областях захворюваності тварин (494 голови) показує, що найбільше випадків сказу реєструється серед собак (28,9 %) – переважно бродячих, які ж в свою

Результати та їх обговорення

За 2020–2024 роки в Кіровоградській, Полтавській та Сумській областях зареєстровано 441 випадок захворювання тварин на сказ та оголошено 338 неблагополучних пунктів. Найбільша кількість випадків та неблагополучних пунктів відмічена в Кіровоградській області, найменшу – Сумській області (*табл. 1*). Упродовж 2020–2023 років найбільша кількість хворих тварин на сказ реєструвалась в Кіровоградській області. Водночас в Полтавській області станом на жовтень 2024 року було зафіксовано 43 випадки, що на 11,6 % випадків більше ніж у Кіровоградській та на 81,4 % – Сумській.

чергу заражаються від диких тварин, потім йдуть коти (27,3 %) та червона лисиця (25,9 %). Серед загальної кількості захворілих тварин на сказ в областях жуйні тварини становили 16,4 %. Протягом вказаного періоду спостереження захворюваність інших видів тварин не перевищувала 1,5 %.

Таблиця 2

Моніторинг випадків сказу по областям у різних видів тварин

| Область | рік | Кількість випадків захворювання тварин | | | | | | | | | | |
|----------------|------|--|-------|-------|-----|-----|-------|--------|-------|---------|-------|--------|
| | | лисиць | котів | собак | ВРХ | ДРХ | свині | куниці | еноти | борсуки | шакал | кажани |
| Кіровоградська | 2020 | 30 | 22 | 18 | 10 | 2 | | | | | | |
| Полтавська | | 9 | 11 | 10 | 7 | 1 | | 1 | | | | |
| Сумська | | 2 | 5 | 3 | | | 1 | | | | | |
| Кіровоградська | 2021 | 20 | 8 | 9 | 5 | 1 | | | | | | |
| Полтавська | | 4 | 7 | 6 | 2 | | | | | | | |
| Сумська | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| Кіровоградська | 2022 | 11 | 7 | 12 | 4 | 2 | | | | | | |
| Полтавська | | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | |
| Сумська | | | | | | | | | | | | |
| Кіровоградська | 2023 | 23 | 22 | 31 | 13 | 8 | | | 1 | 1 | 1 | |
| Полтавська | | 2 | 5 | 3 | 3 | | | | | | | |
| Сумська | | 1 | | | | | | | | | | |
| Кіровоградська | 2024 | 13 | 24 | 33 | 15 | 3 | | | | | | 1 |
| Полтавська | | 7 | 17 | 14 | 3 | 1 | | | 1 | | | |
| Сумська | | 3 | 4 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Всього | | 128 | 135 | 143 | 63 | 18 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |

На території Полтавської області домашніми тваринами (собаками та котами) нанесено 1553 покуси людям, із них – 472 покуси нанесено

безпритульними не вакцинованими тваринами. У Кіровоградській області нанесено 1632 покуси людям, із них – 324 покуси нанесено безпритульними

не вакцинованими тваринами. Статистичні дані щодо Сумської області свідчать про нанесення 1157 покусів людям, із них 470 невакцинованими домашніми тваринами та 362 випадки безпритульними тваринами.

Спеціалістами районних державних лікарень ветеринарної медицини Полтавської області з початку 2024 року щеплено проти сказу голів: собак – 95772, котів – 92935 та інших сільськогосподарських тварин – 10497. У Кіровоградській області аналогічно було щеплено проти сказу голів: собак – 108087, котів – 90355, ВРХ – 3428, ДРХ – 2 051, коней – 53, свиней – 53 та хутрових звірів – 2. На території Сумської області у даний період часу щеплено проти сказу голів: собак – 81512, котів – 74997, ВРХ – 2250, ДРХ – 67, коней – 2, свиней – 30 й хутрових звірів – 1.

За даними авторів [15], у Вінницькій області, найбільша кількість випадків захворюваності на сказ припадала на лисиць, тоді як у наших дослідженнях найбільше випадків реєструвалось серед собак. Інші дослідження вказують на те, що серед свійських тварин, які захворіли на сказ домінували коти – 42,6 %, серед собак – 32,4 %. Значну кількість захворілих тварин складала велика рогата худоба 21,89 %. Натомість серед диких тварин найбільшу кількість захворілих було серед лисиць 90,6 % від усіх захворілих [7]. Результати наших досліджень дещо різняться, адже у трьох областях найбільшу частку становили саме хворі собаки, а серед диких тварин домінувала червона лисиця. Ця тенденція також підтверджена попередніми дослідженнями впродовж 2009–2019 рр. [14]. За даними науковців, на території Київської області найбільша кількість зразків належала диким тваринам (насамперед лисицям), які виступали резервуаром інфекції [19]. У Сумській області була виявлена тенденція щодо зростання випадків сказу серед тварин. Так, 2015 року, за даними моніторингових досліджень, цей показник становив 10,8 %, 2016 – 17,5 %, 2017 – 20,8 %, 2018 – 33,3 %, 2019 – 26,3 % [2].

Висновки

Згідно моніторингових досліджень упродовж 2020–2024 рр. всього виявлено 441 випадок захворювання тварин на сказ та оголошено 338 неблагополучних пунктів. Найбільше випадків сказу на території Полтавської, Кіровоградської та Сумської областей реєструється серед собак (28,9 %) – переважно бродячих, котів (27,3 %) та червоної лисиці (25,9 %). З метою стабілізації епізоотичної ситуації зоонозних захворювань, зокрема сказу тварин, необхідно регулювати чисельність безпритульних тварин, враховуючи гуманне поводження з ними, а також посилити профілактичні та оздоровчі заходи проти сказу серед диких тварин. Одним із основних заходів щодо запобігання випадків зараження тварин є облік та регулювання чисельності собак котів не лише в неблагополучних пунктах, а й по всій території області.

Конфлікт інтересів






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

References

1. Antonova, L., Makovska, I., & Krupinina T. (2021). The history of rabies control in Ukraine from the time of Pasteur to the present day. *Actual Infectology*, 9 (1), 6–16. <https://doi.org/10.22141/2312-413X.9.1.2021.228821>
2. Avramenko, N. O., Omelchenko, G. O., & Petrenko, M. O. (2020). Dynamic tendencies of the state of wolf and fox populations and rabies cases on the territory of Poltava and Sumy regions of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 216–224. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.27>
3. Cliquet, F., Picard-Meyer, E., & Robardet, E. (2014). Rabies in Europe: what are the risks? *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 12 (8), 905–908. <https://doi.org/10.1586/14787210.2014.921570>
4. Cobby, T. R., & Eisler, M. C. (2024). Risk of rabies reintroduction into the European Union as a result of the Russo-Ukrainian war: A quantitative disease risk analysis. *Zoonoses and Public Health*, 71 (5), 515–525. <https://doi.org/10.1111/zph.13135>
5. Flis, M. (2021). Rabies in Europe in 2010–2019. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 24, 544–558. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.117>
6. Kopcha, V. S., & Burak, N. (2013). Rabies of man: peripeteias of specific prophylaxis. *Infektsiini Khvoroby*, 1, 60–66. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2011.1.558>
7. Kornienko, L., Moroz, O., Mezhenyky, A., Skorokhod, S., Datsenko, R., Karpulenko, M., Polupan, I., Dzyuba, Y., Nedosekov, V., Makovskaya, I., Hibaliuk, Y., Sonko, M., Tsarenko, T., & Pishchanskiy, O. (2019). Epizootological and epidemiological aspects for rabies in Ukraine for the period from 1999 to 2018. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 3, 90–109. <https://doi.org/10.31890/vtpp.2019.03.14>
8. Kozhokaru, A. A., Zadorozhna, V. I., & Yanishevskiy, O. V. (2024). Topical issues of rabies in Ukraine and tactics of medical specialists in providing anti-rabies assistance to servicemen of the Armed Forces of Ukraine. *Ukrainian Journal of Military Medicine*, 5 (2), 48–60. [https://doi.org/10.46847/ujmm.2024.2\(5\)-048](https://doi.org/10.46847/ujmm.2024.2(5)-048)
9. Lojkić, I., Šimić, I., Bedeković, T., & Krešić, N. (2021). Current Status of Rabies and Its Eradication in Eastern and Southeastern Europe. *Pathogens*, 10 (6), 742. <https://doi.org/10.3390/pathogens10060742>
10. *Lyssavirus rabies*. International Committee on Taxonomy of Viruses (2023). ICTV Master Species List (MSL). Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/i4jnfv>
11. Makovska, I. F., Krupinina, T. M., Nedosekov, V. V., Tsarenko, T. M., Novohatnyy, Y. A., & Fahrion, A. S. (2021). Current issues and gaps in the implementation of rabies prevention in Ukraine in recent decades. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (2), 251–259. <https://doi.org/10.15421/022134>
12. Makovska, I. F., Nedosekov, V. V., Kornienko, L. Y., Novohatnyy, Y. O., Nebogatkin, I. V., & Yustyniuk, V. Y. (2020). Retrospective study of rabies epidemiology in Ukraine (1950–2019). *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8 (1), 36–49. <https://doi.org/10.32819/2020.8.1007>
13. Nychyk, S., Zhukorskiy, O., Polupan, I., Ivanov, M., & Nikitova, A. (2013). Improvement Control system of rabies in Ukraine. *Online Journal of Public Health Informatics*, 5 (1). <https://doi.org/10.5210/ojphi.v5i1.4502>

14. Omelchenko, H., Avramenko, N. O., Petrenko, M. O., Wojciechowski, J., Pejsak, Z., & Woźniakowski, G. (2022). Ten years of african swine fever in Ukraine: An endemic form of the disease in the wild boar population as a threat to domestic pig production. *Pathogens*, 11 (12), 1459. <https://doi.org/10.3390/pathogens11121459>
15. Paladiychuk, O., & Farionik, T. (2024). Epizootic monitoring of rabies incidence in the Vinnytsia region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (114), 22–26. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11404>
16. Polupan, I., Bezymennyi, M., Rudoi, O., Nychyk, S., Mezhenkyi, A., Tuyakhov, M., Lozhkina, O., Radzykhovskiy, M., Gutyj, B., & Ihnatovska, M. (2024). Spatial and temporal analysis of rabies and effectiveness of the oral rabies vaccination program in Ukraine. *Biosystems Diversity*, 32 (2), 193–202. <https://doi.org/10.15421/012420>
17. Riccardi, N., Giacomelli, A., Antonello, R. M., Gobbi, F., & Angheben, A. (2021). Rabies in Europe: An epidemiological and clinical update. *European Journal of Internal Medicine*, 88, 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2021.04.010>
18. Robardet, E., Smreczak, M., Orłowska, A., Malik, P., Nándori, A., Dirbáková, Z., Jerg, S., Rudoi, O., Polupan, I., Groza, O., Arseniev, S., Barbuceanu, F., Vuta, V., & Picard-Meyer, E. (2023). Two sylvatic rabies re-emergences in Central-Eastern Europe over the 2021–2022 Period: An unprecedented situation in recent years. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2023, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/5589201>
19. Rudoi, O., Drozhzhe, Z., Chechet, O., Ukhovskiy, V., & Kovalenko, V. (2023). Spread of rabies in the Kyiv Oblast during 2020–2022. *Scientific Horizons*, 26 (8). <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.117>
20. Vega, S., Lorenzo-Rebenaque, L., Marin, C., Domingo, R., & Fariñas, F. (2021). Tackling the Threat of rabies reintroduction in Europe. *Frontiers in veterinary science*, 7, 613712. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.613712>

ORCID

- O. Kruchynenko  <https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>
- M. Petrenko  <https://orcid.org/0000-0002-5275-9401>
- H. Omelchenko  <https://orcid.org/0000-0001-9389-8400>
- N. Avramenko  <https://orcid.org/0000-0002-1920-5757>
- I. Natiahla  <https://orcid.org/0009-0000-2042-5119>



2024 Kruchynenko O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Effectiveness of anthelmintic therapy in the treatment of aelurostrongylosis in cats

V. Levytska  | A. Kravchenko

Article info

Correspondence Author

V. Levytska

E-mail:

levytska28@gmail.comHigher Education Institution
Podillia State University,
Shevchenko Str., 12,
Kamianets-Podilskyi, 32316,
Ukraine**Citation:** Levytska, V., & Kravchenko, A. (2024). Effectiveness of anthelmintic therapy in the treatment of aelurostrongylosis in cats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 132–137. doi: 10.31210/spi2024.27.04.22

Aelurostrongylosis in cats is a severe parasitic disease caused by the pulmonary nematodes *Aelurostrongylus abstrusus*. Effective treatment relies on combined approaches, including anthelmintic drugs, adjunctive therapies, and thorough monitoring of the animal's health status. This study aimed to evaluate the efficacy of different treatment protocols for cats with aelurostrongylosis and to identify optimal therapeutic approaches. The research was conducted at the "LikoVet" Veterinary Center (Uzhhorod, Ukraine) during 2023–2024. The study involved 18 cats diagnosed with aelurostrongylosis based on clinical signs, laboratory analyses, fecal examinations using the Baermann method, and radiographic imaging. The cats were divided into two groups to compare therapeutic efficacy: the first group received a combination of moxidectin, imidacloprid, prednisolone, amoxicillin with clavulanic acid, and oxygen therapy, while the second group was treated with fenbendazole according to the instructions. Therapeutic efficacy was assessed based on clinical improvement, reduction in larval counts in feces, and radiographic changes in the lungs on days 15 and 30 after treatment initiation. Before treatment, all cats exhibited signs of bronchitis, weight loss, coughing, lethargy, and anorexia. By day 15, significant clinical improvement was observed in the first group, with complete resolution of symptoms by day 30 and no larvae detected in fecal samples. In the second group, despite some positive clinical progress, two cats exhibited residual symptoms, and larvae were detected in 22.2 % of the animals after 30 days of treatment. The findings indicate the high efficacy of the combined therapy using moxidectin and imidacloprid, which resulted in complete clinical recovery of all cats in the first group. Fenbendazole treatment proved less effective, highlighting the superiority of combination therapy over monotherapy. The addition of corticosteroids, antibiotics, and oxygen therapy contributed to faster stabilization of cats with severe pulmonary syndrome. This study underscores the importance of a comprehensive approach to treating aelurostrongylosis in cats, which considers the severity of the infection, the necessity of intensive supportive care, and regular monitoring to achieve the best therapeutic outcomes.

Keywords: Aelurostrongylosis, pulmonary nematodes, therapeutic efficacy, therapy, parasites.

Ефективність антигельмінтної терапії за елюростронгілозу котів

В. А. Левицька | А. І. Кравченко

Заклад вищої освіти
«Подільський державний
університет»,
м. Кам'янець-Подільський,
Україна

Елюростронгілоз котів є важким паразитарним захворюванням, що спричиняється легеневиими нематодами *Aelurostrongylus abstrusus*. Ефективне лікування цієї патології базується на використанні комбінованих методів, які включають антигельмінтні препарати, додаткову терапію та ретельний моніторинг стану тварини. Метою дослідження було оцінити ефективність різних схем лікування котів, інвазованих елюростронгілозом, а також визначити оптимальні підходи до їх терапії. Дослідження проведено у ветеринарному центрі «ЛікоВет» (м. Ужгород, Україна) у 2023–2024 роках. У дослідженні взяли участь 18 котів з підтвердженим діагнозом елюростронгілозу, встановленим за клінічними ознаками, результатами лабораторних аналізів, копрологічних досліджень за методом Бермана та рентгенографією. Пацієнтів розділено на дві групи для порівняння терапевтичної ефективності: у першій групі застосовували комбінацію моксидектину, імідаклоприду, преднізолону, амоксициліну з клавулановою кислотою та оксигенотерапію; друга група отримувала фенбендазол згідно з інструкцією. Ефективність терапії оцінювалася за клінічним станом тварин, динамікою кількості личинок у фекаліях та рентгенографічними змінами легень на 15-й та 30-й день після початку лікування. До лікування у всіх котів спостерігалися ознаки бронхіту, втрати ваги, кашлю, летаргії та анорексії. На 15-й день у першій групі відзначено суттєве покращення стану тварин, повне зникнення симптомів на 30-й день, та відсутність личинок у фекаліях. У другій групі, незважаючи на позитивну динаміку, двоє котів мали залишкові симптоми, а у 22,2 % тварин личинки було виявлено після 30 днів терапії. Результати дослідження свідчать про високу ефективність комплексної терапії з використанням моксидектину та імідаклоприду, що забезпечило повне клінічне одужання всіх котів першої групи. Використання фенбендазолу виявилось менш ефективним, що підкреслює перевагу комбінованих методів лікування над монотерапією. Додаткове використання кортикостероїдів, антибіотиків та оксигенотерапії сприяло швидшій стабілізації стану пацієнтів із важкими ураженнями. Дане дослідження підкреслює важливість комплексного підходу до лікування елюростронгілозу котів, який враховує важкість інвазії, необхідність інтенсивної підтримувальної терапії та регулярний моніторинг прогресу для досягнення максимального терапевтичного ефекту.

Ключові слова: елюростронгілоз, легеневі нематоди, терапевтична ефективність, терапія, паразити.**Бібліографічний опис для цитування:** Левицька В. А., Кравченко А. І. Ефективність антигельмінтної терапії за елюростронгілозу котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 132–137.

Вступ

Елюростронгілоз котів, спричинений нематодою *Aelurostrongylus abstrusus*, є поширеним паразитарним захворюванням, яке вражає дихальну систему тварин. Захворювання поширюється переважно через заковтування заражених проміжних господарів – черевоногих моллюсків, таких як слимаки та равлики, або паратенічних господарів, таких як птахи та гризуни. Личинки першої стадії виділяються з фекаліями інвазованих кішок, проникають у тіло моллюсків, де розвиваються до третьої стадії – інвазійної для остаточного господаря. Після проковтування кішкою заражених моллюсків або інших господарів, личинки мігрують до дихальних шляхів, де розвиваються до дорослих гельмінтів. У бронхіолах і альвеолах кішки дорослі самки гельмінтів відкладають яйця, з яких розвиваються личинки, що завершують цикл, потрапляючи назад у зовнішнє середовище з фекаліями [1, 2].

Ураження дихальної системи спричиняється наявністю паразита в бронхіолах та альвеолах, що призводить до формування нодулярних ущільнень через накопичення яєць та личинок. Це зумовлює розвиток запальних реакцій та призводить до потовщення інтерстиціальної тканини, васкулярних змін та прогресуючого фіброзу. Симптоми включають кашель, задишку та, у важких випадках, загрозове для життя запальне ураження легень [3–5]. Інтенсивність клінічних проявів залежить від рівня паразитарного ураження та стану імунної системи. Вторинні бактеріальні інфекції можуть значно ускладнити перебіг захворювання, підсилюючи запальні процеси [3, 6]. Традиційно діагностика базується на виявленні личинок першої стадії у фекаліях методом Бермана [7]. Розробка сучасних молекулярних підходів, таких як ПЛР, значно підвищила точність та чутливість діагностики, забезпечуючи можливість раннього виявлення інвазії [2, 8].

Найефективніші терапевтичні підходи до елюростронгілозу у котятчих включають використання специфічних антигельмінтних місцевих та пероральних препаратів, спрямованих на елімінацію гельмінта та полегшення супутніх респіраторних симптомів. Дослідженнями встановлено, що місцевий препарат, що містить емодепсид та празиквантел (Profender, Bayer), ефективний при лікуванні елюростронгілозу. У проведеному дослідженні, двократне застосування з інтервалом у тиждень, призвело до повного клінічного одужання та знищення гельмінтів зі значним поліпшенням загального стану, рентгенографічної картини та показників крові тварин [9]. Інші дослідження даної комбінації підтвердили зниження кількості личинок у калі на 99,38 % без значних побічних ефектів [10]. Ця комбінація також ефективна проти інших легеневих гельмінтів, таких як *Troglostrongylus brevior*, демонструючи ефективність широкого спектру дії при лікуванні подібних котятчих паразитарних інвазій [11]. Крім того, спот-он-розчин Bravecto Plus, що містить флураланер

та моксидектин, також був оцінений у численних дослідженнях щодо ефективності у лікуванні елюростронгілозу. Було встановлено високу ефективність, зі зниженням кількості личинок у калі на 100 % та значним поліпшенням симптомів ураження легень у досліджених кішок (12–14). Даний препарат забезпечує тривалий захист, при одноразовому застосуванні запобігає зараженню протягом щонайменше 12 тижнів, що робить його зручним варіантом для кішок, які мають доступ до вільного виходу [13, 14]. Також комбінація імідаклоприду і моксидектину забезпечує 100 % ефективність у знищенні личинок у калі, перевершуючи фенбендазол за результативністю та безпекою без жодних побічних ефектів [15]. Також у іншому дослідженні успішно використовувалася комбінація доксицикліну, фенбендазолу, пірантелу памоату та празиквантелу для лікування елюростронгілозу. Ця схема, поряд з підтримуючими методами лікування, такими як преднізолон та омепразол, призвела до клінічного одужання та негативних результатів копрологічних досліджень [16]. Інші пероральні антигельмінтні засоби, такі як левамизол, альбендазол та фенбендазол, також можуть бути використані для лікування легеневих гельмінтозних інвазій у кішок [3]. Так, триденний курс фенбендазолу забезпечує знищення личинок на 99,29 %, що можна порівняти з сучасними препаратами для зовнішнього нанесення. Однак засоби для зовнішнього застосування вважаються більш зручними, що може полегшувати лікування [17].

Загалом, ефективне лікування елюростронгілозу залежить від комбінації методів, що включають як традиційні протипаразитарні засоби, так і потенційні альтернативні підходи. Остаточний вибір залежить від важкості інвазії, загального стану здоров'я тварини та можливостей власника забезпечити належний догляд. Важливим є також використання діагностичної візуалізації для оцінки прогресу терапії та контролю ефективності.

Мета дослідження

Метою дослідження було оцінити ефективність різних схем лікування за елюростронгілозу котів.

Матеріали і методи

Дослідження проводили у ветеринарному центрі «ЛікоВет», розташованому в місті Ужгород, Закарпатська область, Україна, у період з 2023 по 2024 роки. Упродовж цього часу було виявлено 18 тварин спонтанно інвазованих елюростронгілозом. Діагноз встановлювали комплексно, з урахуванням клінічних ознак та результатів лабораторних досліджень. Загалом проводили збір анамнезу, клінічний аналіз крові, аналізи калу та сечі, а для деяких пацієнтів виконували бронхоальвеолярний лаваж. Копрологічні дослідження виконували за методом Бермана: личинки першої стадії осаджували, концентрували та ізолювали. Мазки фарбували метиленовим синім і наносили на предметні скельця для мікроскопії. Паразитів ідентифікували за допомогою стандартних методик з

використанням мікроскопа Leica DM3000 та фотокамери LEXACAM-C1-2721240065. Рентгенографічні дослідження виконували за допомогою плоскопанельного рентгенівського детектора для ветеринарної медицини VIVIX-S 1717 V.

Для вивчення ефективності двох схем лікування було відібрано 18 котів, які були розділені на дві групи по 9 тварин у кожній. Перша група отримувала моксидектин у дозі 1 мг/кг та імідоклоприд у дозі 10 мг/кг у вигляді спот-он розчину двічі з інтервалом 14 днів, відповідно до інструкцій на упаковці. Крім того, тваринам призначали преднізолон у дозі 2 мг/кг протягом 7 днів, амоксицилін з клавулановою кислотою у дозі 12,5 мг/кг один раз на день протягом 15 днів та кисневу терапію на 10 днів. Друга група отримувала фенбендазол у дозі 50 мг/кг маси тіла на добу протягом трьох днів поспіль, також згідно з інструкцією на упаковці.

Повне клінічне обстеження проводили через день після початку лікування для оцінки безпеки та можливих побічних ефектів. На 15-й та 30-й день після початку лікування проводили копрологічне дослідження за методом Бермана для оцінки ефективності лікування. Основним критерієм ефективності було підрахування кількості личинок на грам фекалій після початкового обстеження та загальний клінічний стан тварин. Статистично значущих різниць у кількості личинок до лікування між групами не було виявлено.

Результати та їх обговорення

Перед початком лікування у всіх котів обох груп спостерігалися клінічні ознаки, характерні для інвазії *A. abstrusus*, включаючи кашель, ознаки ураження легень, анорексію, втрату ваги та летаргічний стан. Деякі тварини також мали підвищену температуру тіла. Результати повного клінічного обстеження показали, що в усіх випадках присутні ознаки бронхіту, а у двох котів з першої групи було виявлено наявність хрипів при аускультатції легень.

Через 15 днів після початку лікування у першій групі спостерігалося суттєве поліпшення клінічного стану тварин. Кашель зменшився, а температура нормалізувалася у всіх котів. Відзначено збільшення апетиту та активності, усі коти набрали вагу. За результатами рентгенологічного обстеження легень виявлено значне зменшення інфільтрації тканин та поліпшення легеневої структури (Рис. 1).



Рис. 1. Рентгенограма кішки хворої на ельоростронгіллез у день звернення

У порівнянні з первинними знімками, рентгенограми на 15-й день показали відсутність рідини в плевральній порожнині та зменшення бронхіальної обструкції (Рис. 2).



Рис. 1. Рентгенограма кішки на 15 день після початку лікування ельоростронгіллезною інвазією. Помітне зменшення легеневого інфільтрату та поліпшення структурної чіткості легеневої тканини.

Середня кількість личинок до лікування становила $36,8 \pm 7,4$ особин на грам фекалій в обох групах. На 15-й день після початку лікування було відзначено зменшення кількості личинок, яке становило 39,8 % у першій групі та 22,7 % у другій (Рис. 3).

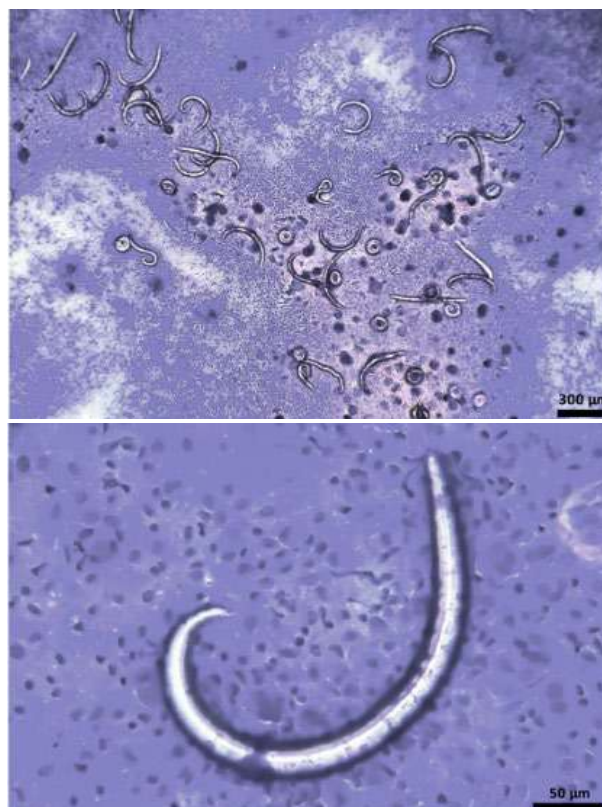


Рис. 3. Личинки першої стадії *A. abstrusus*, виявлені методом бронхоальвеолярного лаважу

На 30-й день у першій групі личинки не виявлено, у другій групі 2 з 9 тварин (22,2 %) мали позитивні результати. Ефективність лікування склала 100 % у першій групі та 77,8 % у другій.

До 30-го дня лікування в першій групі у всіх котів було відзначено відсутність клінічних ознак, кашель повністю зник, а апетит і всі показники нормалізувались. Рентгенологічні дослідження підтвердили повне відновлення легень без будь-яких залишкових змін.

У другій групі, хоча коти також демонстрували покращення, клінічні ознаки не зникли повністю. Через 15 днів після лікування у семи з дев'яти тварин також спостерігалася поліпшення, зменшення кашлю та підвищення апетиту, однак двоє котів залишалися з легкими респіраторними симптомами, такими як кашель та тахіпноє. Рентгенографічні дослідження в цій групі виявили залишкові інфільтрації та часткову обструкцію бронхів, що вказувало на необхідність подальшого спостереження. На 30-й день у другій групі клінічні ознаки зменшились у восьми котів, проте один кіт залишався з помірним поверхневим диханням.

Результати дослідження вказують на значну ефективність лікування препаратом моксидектину в комбінації з імідаклопридом, адже у всіх тварин першої групи спостерігалася повне клінічне одужання на 30-й день після лікування. У другій групі, де використовували фенбендазол, спостерігалася менша ефективність, що свідчить про більшу перевагу комбінованої терапії над монотерапією.

Інформація про ефективність різних антигельмінтних препаратів була опублікована за результатами спеціальних контрольованих клінічних досліджень. Варто зазначити, що такі дослідження зазвичай фокусуються на оцінці протипаразитарної ефективності терапії, тоді як описові випадки надають більш детальну інформацію щодо клінічної картини, важкості захворювання та загальної ефективності лікування. Хоча знищення паразитів є основною метою антигельмінтної терапії, цього, як правило, недостатньо для досягнення сприятливого прогнозу у важких випадках захворювання [18]. Пацієнти, з ознаками дихальної недостатності, потребують інтенсивної терапії, яка може включати оксигенотерапію, що було нами і застосовано. Крім того, вторинні бактеріальні інфекції часто ускладнюють перебіг захворювання, тому доцільно призначати антибіотики широкого спектру дії разом із кортикостероїдами в протизапальних дозах [19].

Фенбендазол був першим препаратом, який використовувався для лікування *A. abstrusus*, і його дозування варіювало від 20 мг/кг протягом 5 днів до 50 мг/кг протягом 15 днів. У Великій Британії також була ліцензована пероральна паста для лікування елюоростронгілозу у котів у дозі 50 мг/кг, що призначається один раз на день протягом трьох днів [15]. У нашій другій групі, де застосовували фенбендазол, спостерігалася зменшення кількості личинок на 22,7 % через 15 днів, але повне клінічне одужання не було досягнуто у одного kota навіть на 30-й день після початку лікування. Однак, дані результати також можуть відображати особливості реактивності окремого організму і загалом лікування також можна вважати ефективним і економічно доступним.

У інших дослідженнях порівнювали фенбендазол з двома препаратами для топікального нанесення – імідаклоприд 10 % з моксидектином 1 % (Advocate, Bayer) та емодепсид 2,1 % з празиквантелом 8,6 % (Profender, Bayer). Обидва препарати продемонстрували ефективність та безпечність при лікуванні котів із спонтанними інвазіями *A. abstrusus*, причому препарат на основі моксидектину продемонстрував найвищу ефективність [15]. У нашому дослідженні препарат на основі моксидектину в комбінації з імідаклопридом продемонстрував також високу ефективність, оскільки всі коти одужали на 30-й день після початку лікування.

У повідомленні інших дослідників, де оцінювалася ефективність імідаклоприду 10 % та моксидектину 1 % при легневих гельмінтозах, після першого курсу лікування частина котів залишалася позитивною, що вимагало повторного введення препарату. До 50-го дня було отримано негативні результати копрологічних досліджень у всіх оброблених котів [20, 21]. Для лікування змішаних інвазій, спричинених *A. abstrusus* і *T. brevior*, використовували комбінацію емодепсиду та празиквантелу, але у деяких випадках знадобилося кілька курсів терапії [22]. У інших дослідженнях також було використано селамектин (Stronghold, Zoetis) для лікування котів за елюоростронгілозу. У одному дослідженні ефективність спостерігалася в одного з чотирьох котів на 30-й день і в двох із трьох – після повторного лікування [23]. Інше дослідження показало успішне лікування дев'яти з десяти котів [24]. Крім того, комбінація фіпронілу, (S)-метопрену, еприномектину та празиквантелу (Broadline, Merial) в експериментальних умовах демонструвала високу ефективність як для профілактики, так і лікування інвазії спричиненої *A. abstrusus* [25]. Додатково до опублікованих даних, також є повідомлення про ефективне лікування кошенят із бронхопневмонією мілбеміциноксим і празиквантелом (Milbemax, Novartis), тричі з інтервалом у 15 днів [26]. Однак, у важких випадках респіраторних інвазій прогноз може бути несприятливим, тому необхідний комплексний підхід до терапії.

В ендемічних регіонах вуличні коти мають вищий ризик зараження легневими гельмінтозами [27]. Препарати, які містять еприномектин [25], окрім дорослих стадій, також ефективні проти личинок *A. abstrusus* третьої і четвертої стадії, і, отже, можуть використовуватись для профілактики захворювання.

За елюоростронгілозу критичними є вчасна діагностика та лікування, що може запобігти розвитку важких клінічних ознак і летальних ускладнень, а рання діагностика та лікування значно покращують прогноз.

Висновки

Дослідження підтвердило високу ефективність комбінованої терапії моксидектином і імідаклопридом у лікуванні елюоростронгілозу котів, що забезпечило повне клінічне одужання на 30-й день лікування. У порівнянні, фенбендазол продемонстрував меншу ефективність, що свідчить про перевагу

комплексного підходу над монотерапією. Додаткове застосування кортикостероїдів, антибіотиків та оксигенотерапії сприяло швидкому покращенню стану тварин з важкими проявами хвороби. Комплексний підхід до лікування, орієнтований на важкість інвазії та потреби пацієнта, є ключем до досягнення максимально позитивних терапевтичних результатів.

Конфлікт інтересів

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

References

- Napoli, E., Pugliese, M., Basile, A., Passantino, A., & Brianti, E. (2023). Clinical, radiological, and echocardiographic findings in cats infected by *Aelurostrongylus abstrusus*. *Pathogens*, 12 (2), 273. <https://doi.org/10.3390/pathogens12020273>
- Elsheikha, H. M., Schnyder, M., Traversa, D., Di Cesare, A., Wright, I., & Lacher, D. W. (2016). Updates on feline aelurostrongylosis and research priorities for the next decade. *Parasites & Vectors*, 9 (1), 389. <https://doi.org/10.1186/S13071-016-1671-6>
- Bulbul, K. H., Akand, A. H., Choudhury, D., Begam, R., Hussain, J., Hussain, I., & Parbin, Sh. (2020). An update of lungworm infection in cat with especial reference to aelurostrongylosis. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 5 (4), 37–39.
- Shchebentovska, O. M., & Holubtsova, M. V. (2020). Pathohistological changes in the lungs of *Felis silvestris catus* when infected with *Aelurostrongylus abstrusus*. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22 (97), 169–174. <https://doi.org/10.32718/nvvet9727>
- Kravchenko, A., & Levytska, V. (2024). Diagnosis of feline pulmonary helminthiasis caused by *Aelurostrongylus abstrusus*. *Naukovij Visnik Veterinarної Medicini*, 1 (188), 72–78. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2024-188-1-72-78>
- De Ré, E. J., Chafes, C. J. C., Possidonio, G. O. A., Bandiera, F. C., Buzatti, A., & Preuss, J. (2022). Infection by *Aelurostrongylus abstrusus* in a wild *Leopardus wiedii* (*Carnivora: Felidae*): Case report. *Acta Veterinaria Brasilica*, 16 (3), 180–184. <https://doi.org/10.21708/avb.2022.16.3.10519>
- Raue, K., Raue, J., Hauck, D., Söbbeler, F., Morelli, S., Traversa, D., Schnyder, M., Volk, H., & Strube, C. (2021). Do all roads lead to Rome? The potential of different approaches to diagnose *Aelurostrongylus abstrusus* infection in cats. *Pathogens*, 10 (5), 602. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050602>
- Traversa, D., Salda, L. D., Diakou, A., Sforzato, C., Romanucci, M., di Regalbono, A. F., Iorio, R., Colaberardino, V., & Di Cesare, A. (2018). Fatal patent troglostrongylosis in a litter of kittens. *Journal of Parasitology*, 104 (4), 418. <https://doi.org/10.1645/17-172>
- Crisi, P. E., Aste, G., Traversa, D., Di Cesare, A., Febo, E., Vignoli, M., Santori, D., Luciani, A., & Boari, A. (2016). Single and mixed feline lungworm infections: clinical, radiographic and therapeutic features of 26 cases (2013–2015). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19 (10), 1017–1029. <https://doi.org/10.1177/1098612x16670563>
- Traversa, D., Veronesi, F., Danesi, P., Morelli, S., Crisi, P. E., Morganti, G., Iorio, R., Pampurini, F., Schaper, R., Santoro, A., Paoletti, B., & Di Cesare, A. (2019). Pilot study evaluating the efficacy of a topical formulation containing emodepside and praziquantel in the treatment of natural feline troglostrongylosis. *Parasites & Vectors*, 12 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3361-7>
- Traversa, D., Milillo, P., Di Cesare, A., Lohr, B., Iorio, R., Pampurini, F., Schaper, R., Bartolini, R., & Heine, J. (2009). Efficacy and safety of emodepside 2.1 % / Praziquantel 8.6 % spot-on formulation in the treatment of feline aelurostrongylosis. *Parasitology Research*, 105 (S1), 83–90. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1499-5>
- Di Cesare, A., Morelli, S., Rohdich, N., Kirkova, Z., Capári, B., Loehlein, W., Wolf, O., Zschiesche, E., Colombo, M., Astuti, C., & Traversa, D. (2024). Efficacy of a spot-on formulation containing 280 mg/ml fluralaner and 14 mg/ml moxidectin (Bravecto® Plus) in the prevention of cat aelurostrongylosis under field conditions. *Veterinary Parasitology*, 327, 110114. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110114>
- Raue, K., Rohdich, N., Hauck, D., Zschiesche, E., Morelli, S., Traversa, D., Di Cesare, A., Roepke, R. K. A., & Strube, C. (2021). Efficacy of Bravecto® Plus spot-on solution for cats (280 mg/ml fluralaner and 14 mg/ml moxidectin) for the prevention of aelurostrongylosis in experimentally infected cats. *Parasites & Vectors*, 14 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04610-y>
- Raulf, M.-K., Raue, K., Rohdich, N., Zschiesche, E., Raue, J., Merhof, K., Volk, H. A., Schnyder, M., Morelli, S., Traversa, D., Roepke, R. K. A., & Strube, C. (2024). Efficacy of Bravecto® Plus spot-on solution for cats (280 mg/ml fluralaner and 14 mg/ml moxidectin) in the prevention of feline *Aelurostrongylus abstrusus* infection evaluated in a multi-diagnostic approach. *Parasites & Vectors*, 17 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06270-0>
- Traversa, D., Di Cesare, A., Milillo, P., Lohr, B., Iorio, R., Pampurini, F., Schaper, R., Paoletti, B., & Heine, J. (2009). Efficacy and safety of imidacloprid 10 % / moxidectin 1% Spot-on formulation in the treatment of feline aelurostrongylosis. *Parasitology Research*, 105 (S1), 55–62. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1496-8>
- Tovar Dorantes, M. D. J., Díaz-Hernández, T., Larios-Barajas, M. K., Lima-Melo, A., & Núñez-Ochoa, L. (2020). Aelurostrongylosis en un gato (*Felis silvestris catus*) de la Ciudad de México. *Clínica Veterinaria: Abordaje Diagnóstico y Terapéutico*, 6. <https://doi.org/10.22201/fmvz.23958766e.2020.6.57>
- Traversa, D., Di Cesare, A., Milillo, P., Iorio, R., & Otranto, D. (2008). *Aelurostrongylus abstrusus* in a feline colony from central Italy: clinical features, diagnostic procedures and molecular characterization. *Parasitology Research*, 103 (5), 1191–1196. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1115-0>
- Byers, C. G. (2005). *Feline bronchial asthma: Treatment*. Retrieved from: https://vetfolio-vetstreet.s3.amazonaws.com/mmah/e0/851d9448f34096b5d002b5bae51db2/filePV_27_06_426.pdf
- Chandler, E., Gaskell, R. M., & Gaskell, C. (2007). *Feline Medicine & Therapeutics*. Blackwell Publishing.
- Brianti, E., Gaglio, G., Giannetto, S., Annoscia, G., Latrofa, M. S., Dantas-Torres, F., Traversa, D., & Otranto, D. (2012). *Troglostrongylus brevior* and *Troglostrongylus subcrenatus* (Strongylida: Crenosomatidae) as agents of broncho-pulmonary infestation in domestic cats. *Parasites & Vectors*, 5 (1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-178>
- Brianti, E., Pennisi, M. G., Risitano, A. L., La Porta, C., Gaglio, G., & Giannetto, S. (2008). *Aelurostrongylus abstrusus*: Epidemiology and evaluation of an alternative therapeutic protocol (May 30 – June 1, 2008). Presented at Rimini, Italy.
- Di Cesare, A., Iorio, R., Crisi, P., Paoletti, B., Di Costanzo, R., Dimitri, C. F., & Traversa, D. (2014). Treatment of *Troglostrongylus brevior* (Metastrongyloidea, Crenosomatidae) in mixed lungworm infections using spot-on emodepside. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 17 (2), 181–185. <https://doi.org/10.1177/1098612x14533552>

23. Grandi, G., Calvi, L. E., Venco, L., Paratici, C., Genchi, C., Memmi, D., & Kramer, L. H. (2005). *Aelurostrongylus abstrusus* (cat lungworm) infection in five cats from Italy. *Veterinary Parasitology*, 134 (1–2), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.06.015>
24. Iannino, F., Iannetti, L., Paganico, D., & Podaliri Vulpiani, M. (2013). Evaluation of the efficacy of selamectin spot-on in cats infested with *Aelurostrongylus abstrusus* (Strongylida, Filariodidae) in a Central Italy cat shelter. *Veterinary Parasitology*, 197 (1–2), 258–262. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.04.042>
25. Knaus, M., Chester, S. T., Rosentel, J., Kühnert, A., & Rehbein, S. (2014). Efficacy of a novel topical combination of fipronil, (S)-methoprene, eprinomectin and praziquantel against larval and adult stages of the cat lungworm, *Aelurostrongylus abstrusus*. *Veterinary Parasitology*, 202 (1–2), 64–68. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.02.042>
26. Dirven, M., Szatmári, V., van den Ingh, T., & Nijse, R. (2012). Reversible pulmonary hypertension associated with lungworm infection in a young cat. *Journal of Veterinary Cardiology*, 14 (3), 465–474. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2012.04.005>
27. Iorio, R., & Traversa, D. (2008). New epidemiological and molecular insights into feline lungworm infection. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1149 (1), 174–176. <https://doi.org/10.1196/annals.1428.042>

ORCID

V. Levytska  <https://orcid.org/0000-0003-3100-009X>
A. Kravchenko  <https://orcid.org/0009-0005-0364-8800>



© 2024 Levytska V. and Kravchenko 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.

Peculiarities of morphological indicators of blood in quails

Ye. Livoshchenko  | V. Pavlovskiy

Article info

Correspondence Author

V. Pavlovskiy

E-mail:

vadamir1599@gmail.comSumy National Agrarian
University
Herasya Kondratieva Str.,
160, 40000, Sumy,
Ukraine**Citation:** Livoshchenko, Ye., & Pavlovskiy, V. (2024). Peculiarities of morphological indicators of blood in quails. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 138–144. doi: 10.31210/spi2024.27.04.23

The review article is devoted to the study of the works of domestic and foreign authors who studied morphological indicators in the blood of quails. These indicators are key indicators of the physiological state of quails and their ability to adapt to industrial conditions of maintenance. Quail erythrocytes have an oval shape. These cells have a nucleus that promotes efficient oxygen transport even under conditions of intensive metabolism. The nucleus in erythrocytes is also necessary for increased resistance of cells to oxygen loads. The average diameter of quail erythrocytes was approximately 10–12 μm . The average number of erythrocytes in the blood of quails was $2.0\text{--}3.2 \times 10^6/\mu\text{l}$. The authors believe that this amount of erythrocytes in the blood is an adaptation mechanism that allows quails to tolerate short-term stress loads. Quantitative and morphological characteristics of erythrocytes in quails are an important adaptation mechanism for maintaining vital activity in different conditions of keeping. Thanks to the nucleus, quail erythrocytes are able to maintain structural integrity in conditions of intensive metabolism, which is important when environmental conditions change. The concentration of hemoglobin in quail blood erythrocytes was 8.0–9.5 g/l. The total number of leukocytes in the blood of quails was $20\text{--}30 \times 10^3/\mu\text{l}$. Leukocytes demonstrate a developed immune response, which is important for protecting the body from pathogens in conditions of increased planting density. Platelets ensure blood clotting, which is necessary to reduce the risk of bleeding. The average number of platelets in the blood of quails was $200\text{--}300 \times 10^3/\mu\text{l}$. The study of the literature showed that the morphological parameters of blood are an informative indicator of the physiological adaptation of quails to changes in the external environment. At the same time, it should be noted that the morphological indicators of quail blood have not been studied sufficiently and data on this issue are extremely limited.

Keywords: Erythrocytes, hemoglobin, leukocytes, platelets, quail, blood morphology, poultry.

Особливості морфологічних показників крові у перепелів

Є. М. Лівощенко | В. В. Павловський

Сумський національний
аграрний університет,
м. Суми, Україна

Стаття є оглядовою. Вона присвячена вивченню робіт вітчизняних і закордонних авторів які вивчали морфологічні показники у крові перепелів. Морфологічних показників крові перепелів, виступають ключовими індикаторами їхнього фізіологічного стану та здатності адаптуватися до промислових умов утримання. В роботі розглянуто вивчення основних формених елементів крові – еритроцитів, лейкоцитів та тромбоцитів, їх морфологічні та функціональні особливості, а також значення цих показників для підтримки метаболічного гомеостазу та імунної стійкості організму. Еритроцити перепелів мають овальну форму. Ці клітини мають ядро, що сприяє ефективному транспорту кисню навіть за умов інтенсивного метаболізму. Ядро в еритроцитах також необхідно для підвищеної стійкості клітин до кисневих навантажень. Середній діаметр еритроцитів перепелів становив приблизно 10–12 мкм. Середня кількість еритроцитів у крові перепелів складала $2,0\text{--}3,2 \times 10^6/\text{мкл}$. Автори вважають, що така кількість еритроцитів у крові є адаптаційним механізмом, який дозволяє перепелам переносити короточасні стресові навантаження. Кількісні та морфологічні характеристики еритроцитів у перепелів є важливим адаптаційним механізмом для підтримки життєдіяльності в різних умовах утримання. Завдяки ядру еритроцити перепелів здатні підтримувати структурну цілісність в умовах інтенсивного метаболізму, що важливо при зміні навколишніх умов. Концентрація гемоглобіну в еритроцитах крові перепелів становила 8,0–9,5 г/л. Загальна кількість лейкоцитів у крові перепелів складала $20\text{--}30 \times 10^3/\text{мкл}$. Лейкоцити демонструють розвинену імунну реакцію, що важливо для захисту організму від патогенів в умовах підвищеної щільності посадки. Тромбоцити забезпечують згортання крові, що необхідно для зниження ризику кровотечі. Середня кількість тромбоцитів у крові перепелів становила $200\text{--}300 \times 10^3/\text{мкл}$. Вивчення літератури показало, що морфологічні параметри крові є інформативним показником фізіологічної адаптації перепелів до змін зовнішнього середовища. В той же час слід зазначити, що морфологічні показники крові перепелів вивчені недостатньо і дані з цього питання вкрай обмежені.

Ключові слова: Еритроцити, гемоглобін, лейкоцити, тромбоцити, перепели, морфологія крові, птахівництво.**Бібліографічний опис для цитування:** Лівощенко Є. М., Павловський В. В. Особливості морфологічних показників крові у перепелів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 138–144.

У сучасному птахівництві постійно зростає значення моніторингу показників фізіологічного стану свійської птиці, що забезпечує підвищення її продуктивності. Перепели займають особливе місце серед свійської птиці, оскільки м'ясо і яйця які від них отримують мають високі харчові і дієтичні якості. Дослідники С. Банерджі та Л. Цін вважають, що перепели мають інтенсивний метаболізм і високі адаптивності якості, що робить їх перспективним об'єктом для вирощування в умовах промислового господарства [10, 54].

Контроль фізіологічного стану перепелів дозволяє оптимізувати їхні продуктивні якості, зокрема рівень яйценосності та приріст живої маси, а також забезпечує ефективне використання перепелів як різних порід і ліній у господарствах.

Одним з ключових індикаторів здоров'я та фізіологічного стану організму перепелів є морфологічні показники крові. Дослідження крові дозволяє виявляти як загальні показники метаболічної активності, так і специфічні маркери стану імунної системи, здатності до оксигенації та реакції на стресові чинники. Таким чином, аналіз формених елементів крові – еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів стає одним із найважливіших діагностичних інструментів у ветеринарній фізіології перепелів.

Ретельне вивчення еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів дозволяє отримати об'єктивну інформацію про рівень метаболізму, стан імунної системи та здатність крові до згортання, що є критичними показниками для забезпечення стабільності фізіологічних функцій в умовах промислового вирощування. Вивчення цих аспектів допоможе краще зрозуміти адаптаційні механізми перепелів до умов промислового утримання та сприятиме розробці заходів для покращення їхнього здоров'я та продуктивності.

Основними питаннями, які розглядаються у даному дослідженні є наукові праці вітчизняних та закордонних фахівців. Морфологічні особливості еритроцитів у перепелів та їх роль у підтриманні метаболічних процесів через транспортування кисню. Специфіка лейкоцитарного складу крові перепелів, що визначає рівень імунної системи птиці. Особливості тромбоцитів та їх функціональна роль у процесах гемостазу, що забезпечує швидкість згортання крові.

У ході вивчених нами наукових робіт вітчизняних та зарубіжних авторів які досліджували особливості морфологічних показників крові у перепелів, вдалося уніфікувати методи за якими були проведені дослідження. Були відібрані на проаналізовані наукові праці в яких птицю вирощували в однакових умовах для стандартизації показників. Кров дослідники відбиралася з яремної або з підкрилової

вени дорослих здорових особин [17, 38, 43, 68, 51, 62, 70, 74], після чого проводився морфологічний аналіз еритроцитів [20, 36, 49, 53, 58], лейкоцитів [7, 13, 25, 47, 52, 63, 72] тромбоцитів [12, 30, 32, 37, 45, 57, 69] із використанням світлової мікроскопії [2, 5, 11, 16, 21, 28, 35–42, 56, 68, 71–78].

Перепели утримувалися в умовах [4, 14, 21–28, 32–49], що відповідали сучасним стандартам промислового птахівництва. Температурний режим підтримувався на рівні 20–22°C, вологість повітря складала 60–65 % [20, 36, 49, 58, 77, 81]. Годівля здійснювалося збалансованими комбікормами, що відповідали потребам вікової групи, з постійним доступом до води [10, 18, 54, 71–76]. Забезпечення цих умов утримання дозволяло зменшити вплив зовнішніх факторів на фізіологічний стан перепелів і забезпечити стабільність морфологічних показників крові. Відбір крові здійснювався в ранковий час для мінімізації добових коливань біохімічних показників [2–17, 21–39, 54–61, 71, 78].

Еритроцити перепелів мають овальну форму та, як і у більшості видів птиці, ці клітини мають ядро [20, 36, 58]. Наявність ядра є важливою відмінністю еритроцитів птиці від еритроцитів ссавців [20, 77], і дозволяє їм підтримувати часткову метаболічну активність [17, 20, 34], що необхідно для підвищеної стійкості клітин до кисневих навантажень [34, 58, 77]. Середній діаметр еритроцитів перепелів становить приблизно 10–12 мкм, що забезпечує ефективне транспортування кисню в організмі [18, 34, 49, 54]. Овальна форма зменшує опір під час руху крові судинами та покращує кисневу ємність завдяки збільшеній площі поверхні [49, 51, 58, 77]. Завдяки ядру еритроцити перепелів здатні підтримувати структурну цілісність навіть в умовах інтенсивного метаболізму [13, 17, 36, 58], що особливо важливо при зміні навколишніх умов, зокрема температури або рівня кисню [11, 20, 36, 58].

Середня кількість еритроцитів у крові перепелів складає $2,0\text{--}3,2 \times 10^6/\text{мкл}$ [17, 21, 46, 67]. Цей показник забезпечує оптимальний рівень оксигенації тканин, відповідно до потреб організму [9, 18, 38, 45, 62, 68, 70]. У різні періоди життя та під впливом абіотичних чинників кількість еритроцитів може змінюватися [11, 38, 49, 51, 52]. Вважається, що вищий рівень еритроцитів у крові є адаптаційним механізмом, який дозволяє перепелам переносити короточасні стресові навантаження [21, 38, 46, 65]. Контроль рівня еритроцитів у перепелів є важливим індикатором їх фізіологічного стану та здатності до продуктивного використання кисню в умовах активного метаболізму [9, 38, 46, 62, 65].

Еритроцити відіграють ключову роль у підтриманні метаболічного гомеостазу через функцію транспорту кисню від легень до тканин і видалення

вуглекислого газу [1, 5, 29, 53, 64, 68, 79]. Для перепелів, які мають високий рівень обміну речовин, еритроцити забезпечують стабільну оксигенацію навіть в умовах підвищеної потреби в енергії [1, 4, 28, 43, 53, 68, 79]. Завдяки еритроцитам, організм здатний швидко компенсувати зміни в навколишньому середовищі [21, 38, 43, 46, 65], підтримуючи енергетичні потреби при стресі або підвищеному фізіологічному навантаженні [28, 29, 43, 65, 68, 79]. Таким чином, кількісні та морфологічні характеристики еритроцитів у перепелів є важливим адаптаційним механізмом для підтримки життєдіяльності в різних умовах утримання [4, 17, 21, 28, 43, 58, 68, 79].

Гемоглобін є головним компонентом еритроцитів, що відповідає за транспорт кисню [2, 4, 14, 17, 21, 28, 58]. У перепелів концентрація гемоглобіну становить 8,0–9,5 г/л [4, 14, 20, 36, 49, 53, 68]. Це оптимальне значення для забезпечення кисневої ємності крові, враховуючи розміри тіла та метаболічні потреби перепелів [5, 17, 21, 26, 49, 77]. Показники вмісту гемоглобіну можуть змінюватися в залежності від умов утримання, годівлі, та рівня фізіологічного стресу, що свідчить про його чутливість до змін навколишнього середовища [4, 21, 26, 58, 65].

Киснева ємність крові перепелів є важливим фактором для підтримання активного обміну речовин [2, 4, 49, 53, 68]. Висока концентрація гемоглобіну забезпечує ефективний транспорт кисню в умовах підвищеної потреби [34, 58, 77], що особливо актуально для перепелів при різких змінах умов утримання [4, 28, 43, 58, 79]. Здатність гемоглобіну зв'язувати велику кількість кисню дозволяє перепелам швидко адаптуватися до можливих стресових факторів [2, 14, 28, 43, 53, 64], таких як зміна температури, обмеження кисню або підвищені фізичні навантаження [17, 34, 58, 64]. Таким чином, концентрація гемоглобіну та його здатність до кисневого транспорту є показниками, що характеризують адаптивні можливості перепелів до умов утримання та фізіологічного навантаження [5, 34, 49, 53, 58, 65, 68, 79].

Лейкоцити у перепелів виконують важливі імунологічні функції, забезпечуючи захист від патогенних агентів та впливу негативних зовнішніх чинників [16, 27, 40, 50, 68]. Загальна кількість лейкоцитів у крові перепелів складає $20\text{--}30 \times 10^3/\text{мкл}$ [22, 27, 39, 40, 44, 55, 66], що дозволяє організму ефективно реагувати на запальні та інфекційні процеси [39, 44, 55]. Лейкоцити складаються з різних типів клітин: лімфоцити, еозинофіли, моноцити, кожен з яких виконує специфічні функції [40, 44, 50, 55, 66]. Лімфоцити забезпечують специфічний імунітет [16, 40], моноцити відіграють роль у фагоцитозі [16, 44, 66], тоді як еозинофіли допомагають боротися з паразитами та алергенами [23, 50, 66].

Морфологія лейкоцитів у перепелів характеризується добре помітними ядрами та різною формою клітинної мембрани, що дозволяє їм ефективно взаємодіяти з патогенами [16, 23, 39, 50]. Лімфоцити, як основний вид лейкоцитів, відповідають за імунологічну пам'ять і забезпечують тривалий захист від повторних інфекцій. Моноцити і макрофаги сприяють фагоцитозу, знищуючи патогенні клітини, а еозинофіли забезпечують боротьбу з паразитарними інвазіями [27, 39, 44, 66]. Завдяки такій різноманітності, лейкоцитарний склад крові перепелів дозволяє ефективно підтримувати імунітет [22, 27, 39, 44, 50, 66].

В умовах промислового вирощування [7, 11, 35, 41, 48, 59], де перепели піддаються стресовим факторам і ризику інфекцій [25, 41, 52, 59, 63], здатність їх імунної системи до швидкої реакції є вирішальною [11, 13, 25, 52, 60, 81]. Висока кількість лейкоцитів у перепелів дозволяє їм успішно протистояти бактеріям та іншим патогенам [7, 15, 47, 52, 63, 72], підтримуючи здоров'я та продуктивність [11, 25, 47]. Таким чином, кількість і склад лейкоцитів є показниками, які безпосередньо пов'язані з рівнем імунного захисту та адаптації до умов утримання [13, 41, 48, 59, 72, 81].

Тромбоцити у перепелів відповідають за згортання крові, що є важливим фактором у підтримці судинної цілісності та стабільності кровообігу [12, 32, 37, 51, 57, 69]. Середня кількість тромбоцитів у крові перепелів становить $200\text{--}300 \times 10^3/\text{мкл}$ [12, 30, 35, 45, 56, 62, 69], що дозволяє швидко формувати згусток крові у випадку пошкодження тканин [32, 35, 45]. Морфологічно тромбоцити перепелів мають овальну форму з гладкою поверхнею [32, 45, 51, 57], що сприяє їхній швидкій адгезії до пошкоджених ділянок судин [51, 57, 62, 69].

Тромбоцити активуються у відповідь на ушкодження судин, формуючи первинний гемостатичний затор, що зупиняє кровотечу [12, 32, 37, 56, 69]. В умовах підвищеної активності перепелів [30, 37, 51], зокрема при пересадках або під час утримання в обмеженому просторі [57, 69], здатність тромбоцитів до швидкого згортання є критично важливою [12, 37, 51, 57]. Ця здатність тромбоцитів забезпечує підтримку цілісності кровоносної системи навіть при стресових умовах, що важливо для підтримання стабільного фізіологічного стану перепелів [37, 56, 69].

Завдяки своїм функціональним особливостям, тромбоцити не тільки захищають судини від втрати крові [12, 32, 45], але й беруть участь у регенеративних процесах [30, 51, 62], що відбуваються після ушкоджень [12, 30, 37, 69]. У перепелів, що утримуються в інтенсивних умовах, рівень тромбоцитів є важливим показником стійкості до травм

і здатності до адаптації [37, 56, 62, 69], адже підтримка судинної системи дозволяє знижувати ризики травматизму та втрати крові при контактах [12, 37, 56, 57].

Окрім формених елементів, певні біохімічні показники крові також можуть відображати фізіологічний стан перепелів [3, 8, 24, 61]. Наприклад, рівень білків [6, 14, 42, 70], глюкози [3, 24, 61, 80], ферментів та інших метаболітів можуть слугувати показниками стресу [8, 67, 79], впливу раціону та загального фізіологічного стану [42, 61, 79, 80]. Аналіз цих показників забезпечує додаткові дані для визначення адаптації перепелів до зовнішніх умов [14, 61, 67, 70, 80].

Перепели, завдяки своїм морфологічним і функціональним особливостям крові, демонструють високу адаптивність до змін у навколишньому середовищі [10, 54, 73, 75]. Формені елементи крові, зокрема еритроцити, лейкоцити та тромбоцити, відіграють центральну роль у підтриманні гомеостазу [18, 71, 74, 76], а також сприяють швидкому пристосуванню до умов утримання [10, 54, 75], таких як щільність посадки [73, 76], зміни температури та раціону [10, 18, 54, 75]. Завдяки цим механізмам перепели можуть забезпечувати високу продуктивність навіть в умовах інтенсивного вирощування [18, 54, 73, 76].

Висновки

Проведений нами аналіз літератури показує, що показники крові у перепелів вивчені недостатньо. Данні стосовно вивчення морфологічних показників крові у перепелів вкрай обмежені, що свідчить про актуальність даного питання. Данні щодо природної резистентності перепелів практично відсутні. Також у доступній нам літературі відсутні данні стосовно вікових змін показників крові у перепелів. Таким чином постає питання вивчення показників неспецифічної резистентності у перепелів у віковому аспекті.

Перспективи подальших досліджень: Подальші дослідження мають зосередитись на вивченні показників неспецифічної резистентності у перепелів у різні вікові періоди життя.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Abd Al-Zahra Ali, R., Rasmi Huwait, A. J., Issa Abed, R., & Faisal Majeed, M. (2023). The histopathological and oxidative stress profiles in Japanese quails (*Coturnix japonica*) induced by dietary lead. *Archives of Razi Institute*, 78 (2), 523–530. <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.359352.2407>
2. Abdel-Moneim, A.-M. E., Sabic, E. M., Abu-Taleb, A. M., & Ibrahim, N. S. (2020). Growth performance, hemato-biochemical indices, thyroid activity, antioxidant status, and immune response of growing Japanese quail fed diet with full-fat canola seeds. *Tropical Animal Health and Production*, 52 (4), 1853–1862. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02200-1>
3. Abdel-Moneim, A.-M. E., Selim, D. A., Basuony, H. A., Sabic, E. M., Saleh, A. A., & Ebeid, T. A. (2019). Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* spores on growth performance, oxidative status, and digestive enzyme activities in Japanese quail birds. *Tropical Animal Health and Production*, 52 (2), 671–680. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02055-1>
4. Abou-Kassem, D. E., El-Kholy, M. S., Alagawany, M., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2019). Age and sex-related differences in performance, carcass traits, hemato-biochemical parameters, and meat quality in Japanese quails. *Poultry Science*, 98 (4), 1684–1691. <https://doi.org/10.3382/ps/pey543>
5. Andrade, M. F. S., Moreira Filho, A. L. B., Silva, E. F. A. D., Oliveira, H. B., Costa, F. G. P., Guerra, R. R., & Givisiez, P. E. N. (2019). Expression of glucose transporters and morphometry in the intestine of Japanese quails after hatch. *Journal of Comparative Physiology B*, 189 (1), 61–68. <https://doi.org/10.1007/s00360-018-1188-8>
6. Arslan, A. S., Seven, I., Mutlu, S. I., Arkali, G., Birben, N., & Seven, P. T. (2022). Potential ameliorative effect of dietary quercetin against lead-induced oxidative stress, biochemical changes, and apoptosis in laying Japanese quails. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113200. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113200>
7. Aslan, S., Baykalir, Y., Simsek, U. G., & Gul, B. (2022). Effects of heat stress on fattening performance, carcass traits, oxidant/antioxidant status, and hepatic heat shock protein 70 levels in different plumage colors of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 25 (4), 599–605. <https://doi.org/10.24425/pjvs.2022.143546>
8. Bagherzadeh Kasmani, F., Karimi Torshizi, M. A., Allameh, A., & Shariatmadari, F. (2012). A novel aflatoxin-binding *Bacillus* probiotic: Performance, serum biochemistry, and immunological parameters in Japanese quail. *Poultry Science*, 91 (8), 1846–1853. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01830>
9. Balthazart, J. (2017). Steroid metabolism in the brain: From bird watching to molecular biology, a personal journey. *Hormones and Behavior*, 93, 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2017.05.017>
10. Banerjee, S., & Chaturvedi, C. M. (2018). Neuroendocrine mechanism of food intake and energy regulation in Japanese quail under differential simulated photoperiodic conditions: Involvement of hypothalamic neuropeptides, AMPK, insulin and adiponectin receptors. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 185, 10–23. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.05.020>
11. Batoool, F., Bilal, R. M., Hassan, F. U., Nasir, T. A., Rafeeqe, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Mahgoub, H. A. M., Naiel, M. A. E., & Alagawany, M. (2021). An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. *Animal Biotechnology*, 34 (2), 424–437. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1951281>
12. Belleville, J., Cornillon, B., Paul, J., Baguet, J., Clendinnen, G., & Eloy, R. (1982). Haemostasis, blood coagulation and fibrinolysis in the Japanese quail. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 71 (2), 219–230. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(82\)90392-9](https://doi.org/10.1016/0300-9629(82)90392-9)

13. Bilal, R. M., Hassan, F., Farag, M. R., Nasir, T. A., Ragni, M., Mahgoub, H. A. M., & Alagawany, M. (2021). Thermal stress and high stocking densities in poultry farms: Potential effects and mitigation strategies. *Journal of Thermal Biology*, 99, 102944. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102944>
14. Biswas, A., Mohan, J., & Sastry, K. V. H. (2013). Effect of dietary supplementation of vitamin E on production performance and some biochemical characteristics of cloacal foam in male Japanese quail. *Animal Reproduction Science*, 140 (1–2), 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.05.008>
15. Charrier, M., Lumineau, S., Georgelin, M., Meurisse, M., Palme, R., Angelier, F., Cornilleau, F., Constantin, P., Coustham, V., Nicolle, C., Bertin, A., Darmaillacq, A.-S., Dickel, L., Guémené, D., Calandreau, L., & Houdelier, C. (2022). Prenatal maternal stress is associated with behavioural and epigenetic changes in Japanese quail. *Psychoneuroendocrinology*, 137, 105661. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105661>
16. Clark, M. W., Gildersleeve, R. P., Thaxton, J. P., Parkhurst, C. R., & McRee, D. I. (1987). Leukocyte numbers in hemorrhaged Japanese quail after microwave irradiation in ovo. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 87 (4), 923–932. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(87\)90016-8](https://doi.org/10.1016/0300-9629(87)90016-8)
17. de Faria, D. B. G., Montalvão, M. F., de Souza, J. M., de Oliveira Mendes, B., Malafaia, G., & Rodrigues, A. S. de L. (2017). Analysis of various effects of abamectin on erythrocyte morphology in Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (3), 2450–2456. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0677-8>
18. de Oliveira, E. M., Nascimento, S. T., Mós, J. V. do N., Roza, L. da F., & dos Santos, T. C. (2023). Maximum limit of sensible heat dissipation in Japanese quail. *International Journal of Biometeorology*. <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02432-4>
19. Del Vesco, A. P., Gasparino, E., Zancanela, V., Grieser, D. O., Stanquevis, C. E., Pozza, P. C., & Oliveira Neto, A. R. (2016). Effects of selenium supplementation on the oxidative state of acute heat stress-exposed quails. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101 (1), 170–179. <https://doi.org/10.1111/jpn.12437>
20. Edens, F. W., Thaxton, P., Morgan, G. W., & Parkhurst, C. R. (1983). Grouping in Japanese Quail. *Poultry Science*, 62 (12), 2479–2485. <https://doi.org/10.3382/ps.0622479>
21. Egbuniwe, I. C., Uchendu, C. N., & Obidike, I. R. (2021). Ameliorative effects of betaine and ascorbic acid on endocrine and erythrocytic parameters of sexually-maturing female Japanese quails during the dry season. *Journal of Thermal Biology*, 96, 102812. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102812>
22. Elaroussi, M. A., Fattah, M. A., Meky, N. H., Ezzat, I. E., & Wakwak, M. M. (2007). Effects of vitamin E, age and sex on performance of Japanese quail. 1. *Haematological indices and liver function*. *British Poultry Science*, 48 (6), 669–677. <https://doi.org/10.1080/00071660701687688>
23. El-Ratel, I. T., El Basuini, M. F. M., Khattab, A. A. A., Mekawy, A. I., & Fouda, S. F. (2022). Ameliorative impacts of sodium humate on heat-stressed laying Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107 (2), 712–722. <https://doi.org/10.1111/jpn.13751>
24. Farag, M. R., Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., El-Sayed, S. A. A., Ahmed, S. Y. A., & Samak, D. H. (2018). Yucca schidigera extract modulates the lead-induced oxidative damage, nephropathy and altered inflammatory response and glucose homeostasis in Japanese quails. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 156, 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.010>
25. Fernandez, M. E., Labaque, M. C., Orso, G., Marin, R. H., & Kembro, J. M. (2021). Short- and long-term dynamics of the physiological and behavioral response to heat stress and thymol supplementation in Japanese quail. *Journal of Thermal Biology*, 97, 102876. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102876>
26. Flores-Santin, J., Rojas Antich, M., Tazawa, H., & Burggren, W. W. (2018). Hematology from embryo to adult in the bobwhite quail (*Colinus virginianus*): Differential effects in the adult of clutch, sex and hypoxic incubation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 218, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.01.005>
27. Giayetto, O., Videla, E. A., Chacana, P., Jaime, C., Marín, R. H., & Nazar, F. N. (2020). Modulating offspring responses: concerted effects of stress and immunogenic challenge in the parental generation. *Journal of Experimental Biology*. <https://doi.org/10.1242/jeb.219386>
28. Gildersleeve, R. P., Galvin, M. J., McRee, D. I., & Thaxton, J. P. (1986). Response of Japanese quail to hemorrhagic stress after exposure to microwave radiation during embryogeny. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 85 (4), 679–687. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(86\)90277-x](https://doi.org/10.1016/0300-9629(86)90277-x)
29. Gildersleeve, R. P., Galvin, M. J., Thaxton, J. P., & McRee, D. I. (1985). Hematological response of Japanese quail to acute hemorrhagic stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 81 (2), 403–409. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(85\)90155-0](https://doi.org/10.1016/0300-9629(85)90155-0)
30. Gomaa, A. A. M., Rashwan, A. A., Tewfik, M. I., Abou-Kassem, D. E., Youssef, I. M., Salah, A. S., Alfassam, H. E., Rudayni, H. A., Allam, A. A., Taha, A. E., Moustafa, M., Alshaharni, M. O., Abd El-Hack, M. E., & El-Mekkawy, M. M. (2024). Effects of immersing Japanese quail eggs in various doses of riboflavin on reproductive, growth performance traits, blood indices and economics. *Poultry Science*, 103 (8), 103858. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103858>
31. Grechivsky, I. M., Kryvenok, M. Ya., & Mykhalska, V. M. (2021). Productivity of quails at different levels of glycine in feed. *Sučasne Ptahivnictvo*, 5–6, 11–15. <https://doi.org/10.31548/poultry2021.05-06.011>
32. Guzmán, D. A., Kembro, J. M., & Marin, R. H. (2021). Japanese quail classified by their permanence in proximity to a high or low density of conspecifics: a search for underpinning variables. *Poultry Science*, 100 (3), 100950. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.047>
33. Guzmán, D. A., Lèche, A., Contarde, C. B., Nazar, F. N., & Marin, R. H. (2018). Adrenocortical responses in Japanese quail classified by their permanence in proximity to either low or high density of conspecifics. *Poultry Science*, 97 (11), 4107–4112. <https://doi.org/10.3382/ps/pey269>
34. Hamrick, P. E., McRee, D. I., Zinkl, J. G., Thaxton, P., & Parkhurst, C. R. (1975). Hematology of neonatal Japanese quail. *Laboratory Animal Science*, 25 (4), 495–499.
35. Hazrati, S., Rezaeipour, V., & Asadzadeh, S. (2019). Effects of phyto-genic feed additives, probiotic and mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, meat quality, intestinal morphology, and microbial population of Japanese quail. *British Poultry Science*, 61 (2), 132–139. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1686122>
36. Hussain, R., Mahmood, F., Khan, M. Z., Khan, A., & Muhammad, F. (2010). Pathological and genotoxic effects of atrazine in male Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Ecotoxicology*, 20 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10646-010-0515-y>
37. Ibrahim, N. S., El-Sayed, M. A., Assi, H. A. M., Enab, A., & Abdel-Moneim, A.-M. E. (2021). Genetic and physiological variation in two strains of Japanese quail. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19 (1), 15. <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00100-3>
38. Jackovitz, A. M., Hanna, T. L., & Quinn, M. J. (2012). Relative sensitivities of Japanese quail to foreign red blood cell challenges for immunotoxicity testing. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 75 (6), 319–323. <https://doi.org/10.1080/15287394.2012.668163>
39. Kankova, Z., Okuliarova, M., & Zeman, M. (2014). Immune responsiveness of Japanese quail selected for egg yolk testosterone content under severe protein restriction. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 177, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.07.020>

40. Kato, H., & Wakasugi, N. (1981). Studies on blood groups in the Japanese quail: The common antigens possessed by red blood cells and leukocytes, and their inheritance. *Immunogenetics*, 13 (1–2), 109–114. <https://doi.org/10.1007/bf00524608>
41. Khatri, B., Kang, S., Shouse, S., Anthony, N., Kuenzel, W., & Kong, B. C. (2019). Copy number variation study in Japanese quail associated with stress related traits using whole genome re-sequencing data. *PLOS ONE*, 14 (3), e0214543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214543>
42. Bok Lee, Y. (2001). Effects of neurotoxin 6-aminonicotinamide on levels of enzyme activities and metabolites in quail plasma. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 33 (6), 613–620. [https://doi.org/10.1016/s1357-2725\(01\)00036-x](https://doi.org/10.1016/s1357-2725(01)00036-x)
43. Lopes, J. P., Roll, A. A. P., Oliveira, C. O. D., Sarturi, D. M., Silva, S. N. D., Dias, R. C., Freitas, B. K. M. D., Ribeiro, A. S., Bönenmann, D., Lopes, D. C. N., Chaves, I. S., & Xavier, E. G. (2024). Nano copper in the diet of laying quails: productive performance, metabolism, and tissue concentration. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 96 (3). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420231121>
44. Mills, A. D., Jones, R. B., Faure, J.-M., & Williams, J. B. (1993). Responses to isolation in Japanese quail genetically selected for high or low sociality. *Physiology & Behavior*, 53 (1), 183–189. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(93\)90029-f](https://doi.org/10.1016/0031-9384(93)90029-f)
45. Mustafa, F. E.-Z. A., & El-Desoky, S. M. M. (2020). Architecture and cellular composition of the spleen in the Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Microscopy and Microanalysis*, 26 (3), 589–598. <https://doi.org/10.1017/s143192762000152x>
46. Nazar, F. N., & Marin, R. H. (2010). Chronic stress and environmental enrichment as opposite factors affecting the immune response in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Stress*, 14 (2), 166–173. <https://doi.org/10.3109/10253890.2010.523093>
47. Nazar, F. N., Videla, E. A., Fernandez, M. E., Labaque, M. C., & Marin, R. H. (2018). Insights into thermal stress in Japanese quail (*Coturnix coturnix*): dynamics of immunoendocrine and biochemical responses during and after chronic exposure. *Stress*, 21 (3), 257–266. <https://doi.org/10.1080/10253890.2018.1442430>
48. Nguyen, P. H., Greene, E., Kong, B.-W., Bottje, W., Anthony, N., & Dridi, S. (2017). Acute heat stress alters the expression of orexin system in quail muscle. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01079>
49. Nirmalan, G. P., & Robinson, G. A. (1971). Haematology of the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *British Poultry Science*, 12 (4), 475–481. <https://doi.org/10.1080/00071667108415903>
50. Nirmalan, G. P., & Robinson, G. A. (1972). Hematology of Japanese quail treated with exogenous stilbestrol dipropionate and testosterone propionate. *Poultry Science*, 51 (3), 920–925. <https://doi.org/10.3382/ps.0510920>
51. Nirmalan, G. P., Atwal, O. S., & Carlson, H. C. (1972). Ultrastructural studies on the leucocytes and thrombocytes in the circulating blood of Japanese quail. *Poultry Science*, 51 (6), 2050–2055. <https://doi.org/10.3382/ps.0512050>
52. Orhan, C., Sahin, N., Sahin, K., & Kucuk, O. (2021). Influence of dietary genistein and polyunsaturated fatty acids on lipid peroxidation and fatty acid composition of meat in quail exposed to heat stress. *Tropical Animal Health and Production*, 53 (5). <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02933-7>
53. Pan, Y., Chang, J., Xu, P., Xie, Y., Yang, L., Hao, W., Li, J., & Wan, B. (2022). Twenty-four hours of Thiamethoxam: In vivo and molecular dynamics simulation study on the toxicokinetic and underlying mechanisms in quails (*Coturnix japonica*). *Journal of Hazardous Materials*, 427, 128159. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.128159>
54. Qin, L., Jian, P.-A., Yi, B.-J., Ma, X.-Y., Lu, W.-H., Li, X.-N., & Li, J.-L. (2023). Effect of atrazine on testicular toxicity involves accommodative disorder of xenobiotic metabolizing enzymes system and testosterone synthesis in European quail (*Coturnix coturnix*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 268, 115716. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115716>
55. James Quinn, M., McKernan, M., Lavoie, E. T., & Ann Ottinger, M. (2007). Immunotoxicity of trenbolone acetate in Japanese quail. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 70 (1), 88–93. <https://doi.org/10.1080/15287390600755026>
56. Rattner, B. A., Horak, K. E., Warner, S. E., & Johnston, J. J. (2010). Acute toxicity of diphacinone in Northern bobwhite: Effects on survival and blood clotting. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73 (6), 1159–1164. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.05.021>
57. Rezaei, A., Farzinpour, A., Vaziry, A., & Jalili, A. (2018). Effects of silver nanoparticles on hematological parameters and hepatorenal functions in laying Japanese quails. *Biological Trace Element Research*, 185 (2), 475–485. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1267-4>
58. Riera, M., Fuster, J. F., & Palacios, L. (1991). Role of erythrocyte organic phosphates in blood oxygen transport in anemic quail. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 260 (4), R798–R803. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1991.260.4.r798>
59. Santana, T. P., Gasparino, E., de Souza Khatlab, A., Brito, C. O., Barbosa, L. T., Lamont, S. J., & Del Vesco, A. P. (2021). Effect of prenatal ambient temperature on the performance physiological parameters, and oxidative metabolism of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) layers exposed to heat stress during growth. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89306-0>
60. Santana, T. P., Gasparino, E., de Souza Khatlab, A., Pereira, A. M. F. E., Barbosa, L. T., Fernandes, R. P. M., Lamont, S. J., & Del Vesco, A. P. (2023). Effects of maternal methionine supplementation on the response of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) chicks to heat stress. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad042>
61. Sartori, D. R. S., Garofalo, M. A. R., Roselino, J. E. S., Kettelhut, I. C., & Migliorini, R. H. (2000). Gluconeogenesis and P-enolpyruvate carboxykinase in liver and kidney of long-term fasted quails. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 170 (5–6), 373–377. <https://doi.org/10.1007/s003600000113>
62. Sedaghat, A., & Karimi Torshizi, M. A. (2017). Immune responses, intestinal microbiota, performance and blood characteristics of Japanese quail fed on diets containing camphor. *Animal*, 11 (12), 2139–2146. <https://doi.org/10.1017/s1751731117001148>
63. Shumaker, S., Khatri, B., Shouse, S., Seo, D., Kang, S., Kuenzel, W., & Kong, B. (2021). Identification of SNPs associated with stress response traits within high stress and low stress lines of Japanese quail. *Genes*, 12 (3), 405. <https://doi.org/10.3390/genes12030405>
64. Silva, E. P., Castiblanco, D. M. C., Artoni, S. M. B., Lima, M. B., Nogueira, H. S., & Sakomura, N. K. (2020). Metabolisable energy partition for Japanese quails. *Animal*, 14, s275–s285. <https://doi.org/10.1017/s1751731120001445>
65. Smith, E. K., O'Neill, J., Gerson, A. R., & Wolf, B. O. (2015). Avian thermoregulation in the heat: resting metabolism, evaporative cooling and heat tolerance in Sonoran Desert doves and quail. *Journal of Experimental Biology*, 218 (22), 3636–3646. <https://doi.org/10.1242/jeb.128645>
66. Smits, J. E. G., & Nain, S. (2013). Immunomodulation and hormonal disruption without compromised disease resistance in perfluorooctanoic acid (PFOA) exposed Japanese quail. *Environmental Pollution*, 179, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.063>
67. Stanley, P. I., Bunyan, P. J., Rees, W. D., Swindon, D. M., & Westlake, G. E. (1978). Pesticide-induced changes in hepatic microsomal enzyme systems: Further studies on the effects of 1,1-di(p-chlorophenyl)-2-chloroethylene (DDMU) in the Japanese quail. *Chemo-Biological Interactions*, 21 (2–3), 203–213. [https://doi.org/10.1016/0009-2797\(78\)90019-4](https://doi.org/10.1016/0009-2797(78)90019-4)
68. Stanquevis, C. E., Furlan, A. C., Marcato, S. M., Oliveira-Bruxel, T. M. de, Perine, T. P., Finco, E. M., Grecco, E. T., Benites, M. I., & Zancanela, V. T. (2021). Calcium and available phosphorus requirements of Japanese quails in early egg-laying stage. *Poultry Science*, 100 (1), 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.030>

69. Starck, J. M. (2020). Morphology of the avian yolk sac. *Journal of Morphology*, 282 (7), 959–972. <https://doi.org/10.1002/jmor.21262>
70. Suljević, D., Islamagić, E., Čorbić, A., Fočak, M., & Filipić, F. (2019). Chronic cadmium exposure in Japanese quails perturbs serum biochemical parameters and enzyme activity. *Drug and Chemical Toxicology*, 43 (1), 37–42. <https://doi.org/10.1080/01480545.2019.1614024>
71. Suzuki, H., & Yamamoto, T. (2022). CXCL14-like immunoreactivity in somatostatin-producing cells of the Japanese quail (*Coturnix japonica*) pancreas. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52 (2), 158–162. <https://doi.org/10.1111/ahc.12864>
72. Ubuka, T., Parhar, I. S., & Tsutsui, K. (2018). Gonadotropin-inhibitory hormone mediates behavioral stress responses. *General and Comparative Endocrinology*, 265, 202–206. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.03.004>
73. Vitorino Carvalho, A., Hennequet-Antier, C., Crochet, S., Bordeau, T., Couroussé, N., Cailleau-Audouin, E., Chartrin, P., Darras, V. M., Zerjal, T., Collin, A., & Coustham, V. (2020). Embryonic thermal manipulation has short and long-term effects on the development and the physiology of the Japanese quail. *PLoS ONE*, 15(1), e0227700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227700>
74. Walker, D. J., Zimmer, C., Larriva, M., Healy, S. D., & Spencer, K. A. (2019). Early-life adversity programs long-term cytokine and microglia expression within the HPA axis in female Japanese quail. *Journal of Experimental Biology*, 222 (Pt 6). <https://doi.org/10.1242/jeb.187039>
75. Wang, B., Li, Y., Wang, P., Hua, Z., Zhang, S., Yang, X., & Zhang, C. (2024). Selenium-enriched yeast regulates aquaporins to alleviate atrazine-induced hepatic ionic homeostasis disturbance in Japanese quails. *International Journal of Biological Macromolecules*, 280, 135720. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135720>
76. Wang, D., Xu, C., Wang, T., Li, H., Li, Y., Ren, J., Tian, Y., Li, Z., Jiao, Y., Kang, X., & Liu, X. (2016). Discovery and functional characterization of leptin and its receptors in Japanese quail (*Coturnix japonica*). *General and Comparative Endocrinology*, 225, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2015.09.003>
77. Wierzbicki, R., Orlando, M., Tentori, L., & Vivaldi, G. (1973). The hemoglobin of quail erythrocyte nuclei. *Annali Dell'istituto Superiore di Sanita*, 9 (2), 176–179.
78. Wild, J. M., & Balthazart, J. (2013). Neural pathways mediating control of reproductive behavior in male Japanese quail. *Journal of Comparative Neurology*, 521 (9), 2067–2087. <https://doi.org/10.1002/cne.23275>
79. Xu, J.-H., Xu, X.-Y., Huang, X.-Y., Chen, K.-X., Wen, H., Li, M., & Liu, J.-S. (2024). Long-term fasting induced basal thermogenesis flexibility in female Japanese quails. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 292, 111611. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2024.111611>
80. Zhu, X., He, Y., Zhang, Q., Ma, D., & Zhao, H. (2023). Lead induced disorders of lipid metabolism and glycometabolism in the liver of developmental Japanese quails (*Coturnix japonica*) via inhibiting PI3K/Akt signaling pathway. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 263, 109489. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109489>
81. Zimmer, C., Larriva, M., Boogert, N. J., & Spencer, K. A. (2017). Transgenerational transmission of a stress-coping phenotype programmed by early-life stress in the Japanese quail. *Scientific Reports*, 7 (1). <https://doi.org/10.1038/srep46125>

ORCID

Ye. Livoshchenko 

<https://orcid.org/0000-0001-5826-4824>

V. Pavlovskiy 

<https://orcid.org/0000-0002-8843-1205>



2024 Livoshchenko Ye. and Pavlovskiy 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.

Testing the efficiency of the improved method of coproovoscopy for gastrointestinal nematodes of dogs

A. Kitichenko✉

Article info

Correspondence Author
A. Kitichenko
E-mail:
kitichenko11@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Kitichenko, A. (2024). Testing the efficiency of the improved method of coproovoscopy for gastrointestinal nematodes of dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 145–150. doi: 10.31210/spi2024.27.04.24

Dogs are an important component of established parasitic systems. At the same time, the unregulated accounting system and the lack of data on their number in specific regions make it difficult to imagine the objective epizootological parameters of this population and, in particular, their epidemic danger. Parasitic systems function in the dog population, the co-members of which are gastrointestinal nematodes, where the causative agents of trichurosis and uncinariasis are the most common. The aim of the work was to improve, test and determine the effectiveness of the method of lifelong coproovoscopic diagnosis of nematodes of the digestive tract of dogs. The improved method refers to the field of veterinary medicine, namely veterinary parasitology, to methods of coproscopy, in particular, to methods of detecting eggs of causative agents of nematodes of the digestive tract of dogs. We conducted tests of flotation methods of coproovoscopy, such as: Fulleborn's, Kotelnikov-Khrenov's, the method of coproovoscopy for trichurosis in sheep and the improved method for laboratory diagnosis of nematodes of the digestive tract of dogs. It was found that 80 and 86.7 % of positive samples were detected for trichurosis and uncinariasis in dogs by the Fulleborn's method, 93.3 and 100 % of positive samples were detected by the Kotelnikov-Khrenov's method, and 100 % of positive samples were detected by the coproovoscopy method for sheep trichurosis and the improved method. When using the Fulleborn's method, the indicators of the intensity of trichurosis and uncinariasis invasion were on average 69.7 and 44.9 eggs/g, Kotelnikov-Khrenov's – 98.6 and 64.8 eggs/g, and the coproovoscopy method for sheep trichurosis – 106.7 and 68.0 eggs/g, improved method – 130.7 and 80.3 eggs/g. The improved method of lifelong coproovoscopy diagnosis of trichurosis and uncinariasis in dogs was more effective compared to the Fulleborn's method by 46.7 and 44.1 %, Kotelnikov-Khrenov's – by 24.6 and 19.3 %, the coproovoscopy method for sheep trichurosis – by 18.4 and 15.3 %. The improved method and method of coproovoscopy for trichurosis of sheep showed the highest coagulation properties in relation to undigested fodder residues, where a small amount of small undigested fodder residues surfaced during the research. The obtained results allow recommending an improved method of coproovoscopy for effective laboratory diagnosis of trichurosis and uncinariasis in dogs.

Keywords: parasitology, gastrointestinal nematodes, dogs, diagnostic methods, effectiveness.

Випробування ефективності удосконаленого способу копроовоскопії за шлунково-кишкових нематодозів собак

A. С. Кітіченко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Собаки є важливою складовою сформованих паразитарних систем. У той же час, неналагоджена система обліку та відсутність даних про їх кількість у конкретних регіонах ускладнює уявлення про об'єктивні епізоотологічні параметри цієї популяції і, зокрема, про їх епідемічну небезпеку. У популяції собак функціонують паразитарні системи, співчленами яких є шлунково-кишкові нематодози, де найбільш поширеними є збудники трихурузу та унцинаріозу. Метою роботи було удосконалити, випробувати та визначити ефективність способу захиттевої копроовоскопічної діагностики нематодозів травного тракту собак. Удосконалений спосіб відноситься до галузі ветеринарної медицини, а саме – ветеринарної паразитології, до способів копроскопії, зокрема, способів виявлення яєць збудників нематодозів травного тракту собак. Проводили випробування флотацийних методів копроовоскопії таких як: Фюллеборна, Котельникова-Хренова, способу копроовоскопії за трихурузу овець та удосконаленого способу при лабораторній діагностиці нематодозів травного тракту собак. Виявлено, що за трихурузу та унцинаріозу собак методом Фюллеборна виявлено 80 та 86,7 % позитивних проб, методом Котельникова-Хренова – 93,3 та 100 % позитивних проб, методом копроовоскопії за трихурузу овець та удосконаленим способом – 100 % позитивних проб відповідно. При використанні методу Фюллеборна показники інтенсивності трихурузової та унцинаріозної інвазії у середньому становили 69,7 та 44,9 яєць/г, Котельникова-Хренова – 98,6 та 64,8 яєць/г, способу копроовоскопії за трихурузу овець – 106,7 та 68,0 яєць/г, удосконаленого способу – 130,7 та 80,3 яєць/г. Удосконалений спосіб захиттевої копроовоскопічної діагностики трихурузу та унцинаріозу у собак виявився ефективнішим порівняно зі способом Фюллеборна відповідно на 46,7 та 44,1 %, Котельникова-Хренова – на 24,6 та 19,3 %, способу копроовоскопії за трихурузу овець – на 18,4 та 15,3 %. Удосконалений спосіб та спосіб копроовоскопії за трихурузу овець проявили найвищі коагуляційні властивості відносно неперетравлених решток корму, де у процесі дослідження спливала незначна кількість дрібних решток неперетравленого корму. Отримані результати дозволяють рекомендувати удосконалений спосіб копроовоскопії для ефективного проведення лабораторної діагностики трихурузу та унцинаріозу собак.

Ключові слова: паразитологія, шлунково-кишкові нематодози, собаки, методи діагностики, ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Кітіченко А. С. Випробування ефективності удосконаленого способу копроовоскопії за шлунково-кишкових нематодозів собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 145–150.

Introduction

Scientific literature shows that a significant number of helminth species parasitize the dog population, the largest part of which in the sexually mature stage parasitizes in the gastrointestinal tract of animals. These helminths cause significant damage to the health of dogs, and also contaminate environmental objects, contributing to the spread of infestation. The most common of them are nematodes of the species *Trichuris vulpis*, *Uncinaria stenocephala*, and *Toxocara canis*. Some of them are dangerous for humans and farm animals [1–6].

Methods of lifelong and postmortem (postmortem) diagnostics are used to identify and determine the species composition of parasites. Lifelong laboratory diagnostics is based on three main approaches: direct detection and identification of parasites at various stages of their development; detection of their antigens; detection of genetic material of pathogens [7–11].

In clinical practice, the methods of diagnosing parasitic diseases are selected depending on the localization of pathogens and taking into account the peculiarities of their biological development cycle. The most common method of laboratory diagnosis of gastrointestinal parasitoses is the examination of animal feces. Relatively inexpensive and simple coprological studies allow to detect not only parasites of the gastrointestinal tract, but also parasites of the liver, as well as the respiratory system, the eggs or larvae of which are swallowed with sputum. The methods of examining feces are based on the detection and identification of various stages of pathogens and the study of their characteristic morphological features [12–17].

To overcome certain shortcomings of well-known methods of coproscopy, scientists are constantly developing new technical solutions for processing feces samples and isolating parasites in feces based on the physicochemical principles of separating solid and liquid compounds [18, 19]. Currently, new systems based on capturing images by automatically scanning microscopic slides. During experimental testing of the above method, its sensitivity ranged from 74 to 99 % for the simultaneous detection of up to 15 types of parasites [20, 21]. However, these computational methods achieve these diagnostic rates only by processing faecal samples for parasite detection and producing thick drops on slides with high removal of fecal debris [22].

The aim of the study

The aim of the research was to improve, test and determine the effectiveness of the method of lifelong coproscopy diagnosis of nematodes of the digestive tract of dogs.

Materials and methods

The work was carried out during 2024 on the basis of the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University and the conditions of the private veterinary clinic "Dovira" (Kharkiv).

In order to establish the effectiveness of the proposed method of coproscopic examination of dogs for the presence of nematode eggs, a comparison was made between the proposed method and the well-known Fulleborn's, Kotelnikov-Khrenov's [23] method of coproscopy for sheep trichurosis [24].

Feces from dogs spontaneously infected with the causative agent of trichurosis and uncinariosis were used for the experiment. With each flotation solution, 15 samples of feces were examined according to the technique proposed in the method of coproscopic examination of dogs for the presence of nematode eggs. Samples were settled in each of the flotation solutions for 10 minutes. The number of detected nematode eggs was counted in 1 g of feces.

Evaluation of the methods was carried out according to the indicators of:

- actual specific gravity of the flotation solution;
- flotation capacity (number of positive samples and average number of detected nematode eggs);
- coagulation ability:
 - – a small number of small foreign remains;
 - – simultaneous detection of a large number of small and a small number of large-sized remains;
 - – a large number of both small and significant foreign remains.

Statistical processing of the results of experimental studies was carried out by determining the arithmetic mean (M), standard deviation (SD) and probability level (p) using the technique of univariate analysis of variance using Fisher's test.

Results and discussion

It was determined that all tested methods allowed detection of nematode eggs of *Trichuris vulpis* species (**Fig. 1 a**) and *Uncinaria stenocephala* (**Fig. 1 b**).

It was found that 80 and 86.7 % of positive samples were detected for trichurosis and uncinariosis in dogs by the Fulleborn's method, 93.3 and 100 % of positive samples were detected by the Kotelnikov-Khrenov's method, and 100 % of positive samples were detected by the coproscopy method for sheep trichurosis and the improved method (**Fig. 2**).

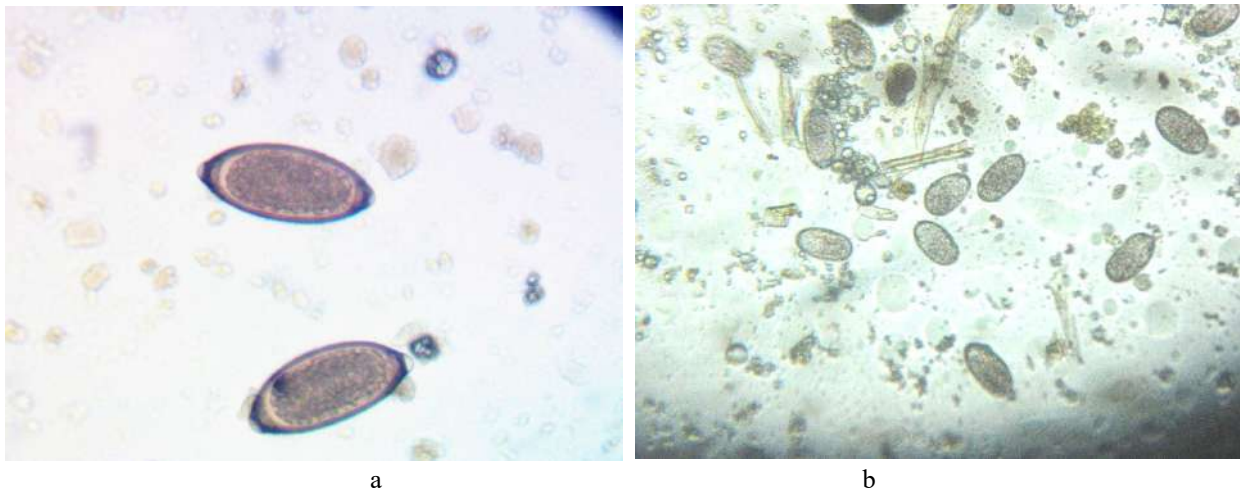


Fig. 1. Nematode eggs detected during coproscopic examination of dogs:
a – Trichuris vulpis ($\times 400$); *b – Uncinaria stenocephala* ($\times 150$)

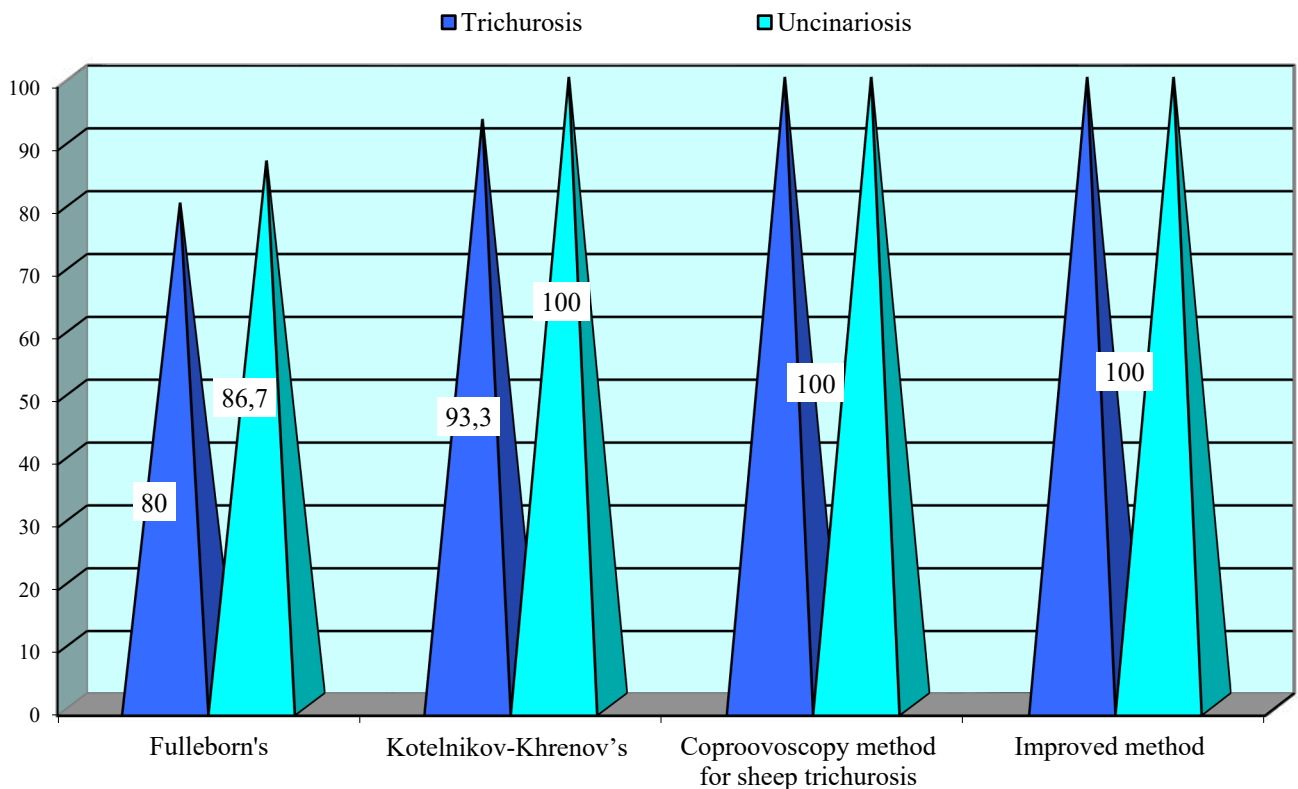


Fig. 2. The number of detected positive samples during laboratory diagnostics nematodoses of the digestive tract of dogs (%)

At the same time, indicators of the intensity of trichurous and uncinariosis invasion differed significantly depending on the method of coproovoscopy used. When using the Fulleborn's method, the indicators of the intensity of trichurous and uncinariosis infestation were 69.7 ± 11.1 and 44.9 ± 12.2 eggs/g, respectively, Kotelnikov-Khrenov's – 98.6 ± 17.9 and 64.8 ± 12.9 eggs/g, the method of coproovoscopy for sheep trichurosis – 106.7 ± 24.8 and 68.0 ± 12.3 eggs/g, improved method – 130.7 ± 30.7 and 80.3 ± 17.1 eggs/g.

It was established that the improved method was the most effective in terms of indicators of the intensity of trichurous and uncinariosis infestation. The latter exceeded the effectiveness compared to the Fulleborn's method by 46.7 and 44.1 % ($P < 0.001$), the Kotelnikov-Khrenov's method by 24.6 % ($P < 0.001$) and 19.3 % ($P < 0.01$), the method coproovoscopy for sheep trichurosis – by 18.4 and 11.7 % ($P < 0.05$) (**Fig. 3** and **Fig. 4**).

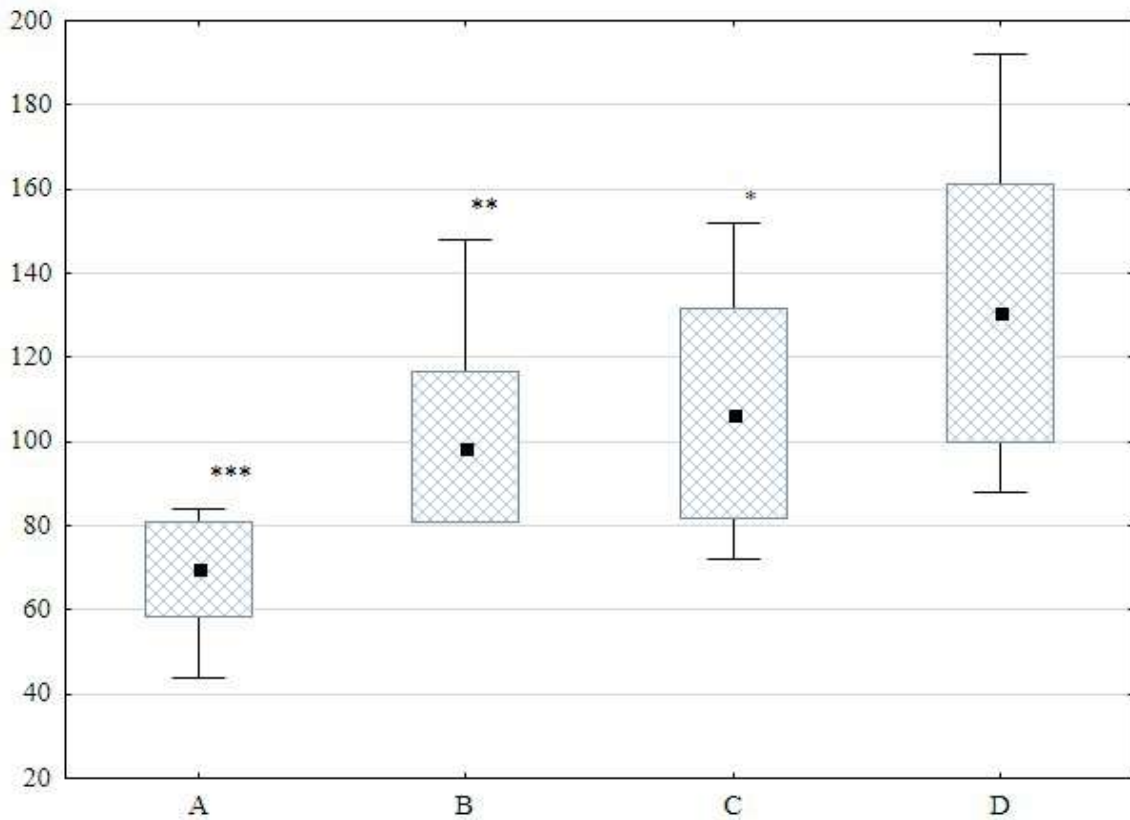


Fig. 3. Comparative effectiveness of coproscopy methods for trichurosis in dogs (n=15):
 A – Fulleborn’s method; B– Kotelnikov-Khrenov’s method; C – method of coproovoscopy for trichurosis of sheep;
 D – improved method; P<0.05; P<0.01; P<0.001 – relative to D

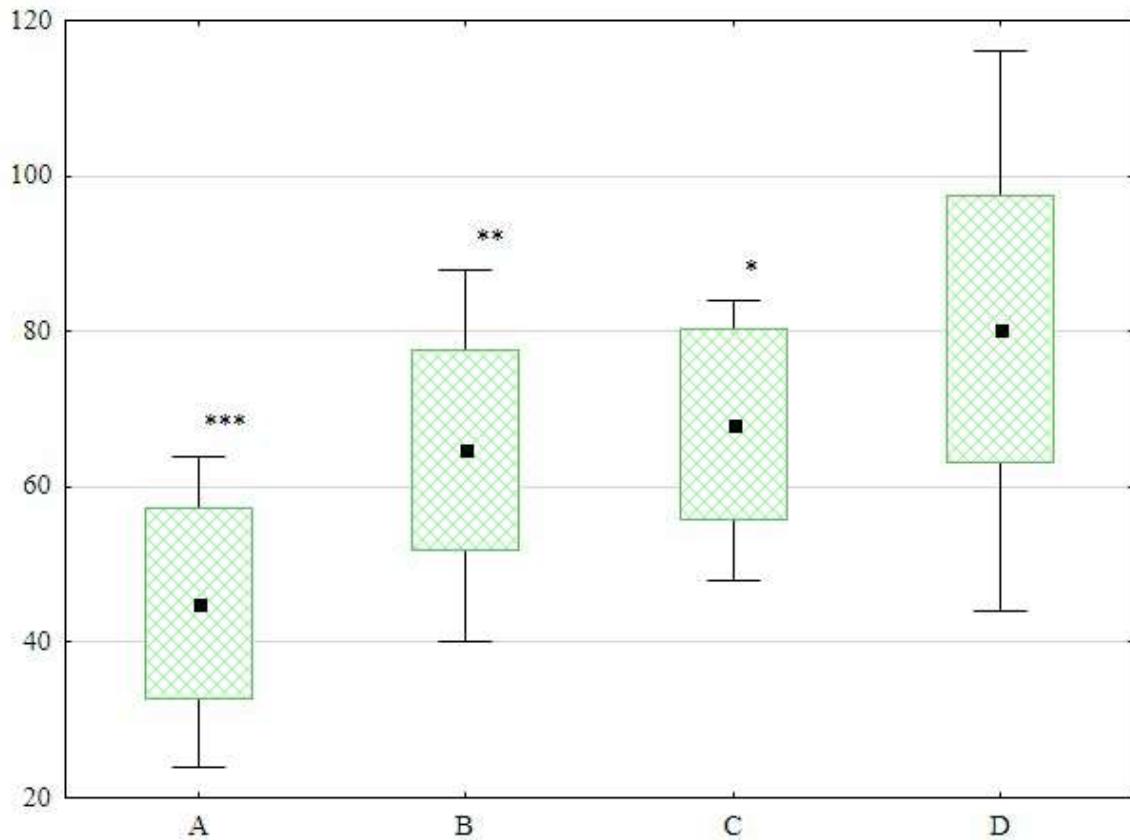


Fig. 4. Comparative effectiveness of coproscopy methods for uncinariasis in dogs (n=15):
 A – Fulleborn’s method; B– Kotelnikov-Khrenov’s method; C – method of coproovoscopy for trichurosis of sheep;
 D – improved method; P<0.05; P<0.01; P<0.001 – relative to D

The improved method and method of coproovoscopy for trichurosis of sheep showed the highest coagulation properties in relation to undigested fodder residues, where a small amount of small undigested fodder residues surfaced during the research.

Lifetime laboratory diagnosis of gastrointestinal helminthiasis in animals is mainly based on direct detection and identification of parasites at various stages of their development through the use of coproovoscopy methods [7–11]. Therefore, it is urgent to test and determine the effectiveness of new, more modern methods of laboratory diagnosis of trichurosis and uncinariosis in dogs.

It was revealed that 80 and 86.7 % of positive samples were found for trichurosis and uncinariosis in dogs by the Fulleborn's method, 93.3 and 100 % by the Kotelnikov-Khrenov's method, and 100 % by the coproovoscopy method for sheep trichurosis and the improved method, respectively. The improved method of lifelong coproovoscopic diagnosis of trichurosis and uncinariosis in dogs was more effective compared to the Fulleborn's method by 46.7 and 44.1 %, Kotelnikov-Khrenov's – by 24.6 and 19.3 %, the coproovoscopy method for sheep trichurosis – by 18.4 and 15.3 %.

Scientific results of domestic researchers testify to the expediency of using modern flotation methods of coproovoscopy for certain animal parasitoses. In particular, they found that the most effective flotation method of lifelong coproovoscopic diagnosis of trichurosis in dogs is the method of Galat and Melnychuk (with a urea solution), which exceeded ($P < 0.001$) the effectiveness of the Kotelnikov-Khrenov's method (with an ammonium nitrate solution) – at 4.8–5.2 times, Fuleborn's (with sodium chloride solution) – at 5.0–10.2 times, Mallory's (with sugar solution) – at 4.8 times, Dakhno's (with bischofite solution) – at 6.0–7.2 times [25].

The obtained results allow recommending an improved method of coproovoscopy for effective laboratory diagnosis of trichurosis and uncinariosis in dogs.

Conclusions

The improved method refers to the field of veterinary medicine, namely veterinary parasitology, to methods of coproscopy, in particular to methods of detecting eggs of causative agents of trichurosis and uncinariosis in dogs. It was established that the improved method for diagnosing trichurosis and uncinariosis in dogs exceeds the effectiveness of Fulleborn's method – by 46.7 % and 44.1 % ($P < 0.001$), Kotelnikov-Khrenov's – by 24.6 % ($P < 0.001$) and 19.3 % ($P < 0.01$), the method of coproovoscopy for sheep trichurosis – by 18.4 and 11.7 % ($P < 0.05$).

Conflict of interest

The author state that there is no conflict of interest.

References

- 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>
- Márquez-Navarro, A., García-Bracamontes, G., Álvarez-Fernández, B. E., Ávila-Caballero, L. P., Santos-Aranda, I., Díaz-Chiguer, D. L., Sánchez-Manzano, R. M., Rodríguez-Bataz, E., & Noguea-Torres, B. (2012). *Trichuris vulpis* (Froelich, 1789) infection in a child: A case report. *The Korean Journal of Parasitology*, 50 (1), 69–71. <https://doi.org/10.3347/kjp.2012.50.1.69>
- Nijse, R., Ploeger, H. W., Wagenaar, J. A., & Mughini-Gras, L. (2014). *Toxocara canis* in household dogs: prevalence, risk factors and owners' attitude towards deworming. *Parasitology Research*, 114 (2), 561–569. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4218-9>
- Walker, M. J., & Jacobs, D. E. (1981). Studies on the epidemiology of *Uncinaria stenocephala* infections in British greyhounds: development and persistence of larvae on herbage. *Research in Veterinary Science*, 31 (2), 264–265. [https://doi.org/10.1016/s0034-5288\(18\)32509-8](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(18)32509-8)
- Ardekani, A., Roshanshad, A., Hosseini, S. A., Magnaval, J.-F., Abdollahi, A., & Rostami, A. (2021). Toxocariasis-associated urinary system diseases: a systematic review of reported cases. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 116 (7), 668–672. <https://doi.org/10.1093/trstmh/tra1177>
- Macpherson, C. N. L. (2013). The epidemiology and public health importance of toxocariasis: A zoonosis of global importance. *International Journal for Parasitology*, 43 (12–13), 999–1008. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.07.004>
- Craig, P., Mastin, A., van Kesteren, F., & Boufana, B. (2015). *Echinococcus granulosus*: Epidemiology and state-of-the-art of diagnostics in animals. *Veterinary Parasitology*, 213 (3–4), 132–148. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.07.028>
- Elsemore, D., Bezold, T., Geng, J., Hanna, R., Tyrrell, P., & Beall, M. (2023). Immunoassay for detection of *Dipylidium caninum* coproantigen in dogs and cats. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 35 (6), 671–678. <https://doi.org/10.1177/10406387231189193>
- Mirbadie, S. R., Kamyabi, H., Mohammadi, M. A., Shamsaddini, S., & Harandi, M. F. (2017). Copro-PCR prevalence of *Echinococcus granulosus* infection in dogs in Kerman, south-eastern Iran. *Journal of Helminthology*, 92 (1), 17–21. <https://doi.org/10.1017/s0022149x17000074>
- Little, S. E., Barrett, A. W., Beall, M. J., Bowman, D. D., Dangoudoubiyam, S., Elsemore, D. A., Liotta, J., Lucio-Forster, A., McCrann, D. J., Snowden, K. F., Starkey, L. A., & Tasse, S. (2019). Coproantigen detection augments diagnosis of common nematode infections in dogs. *Topics in Companion Animal Medicine*, 35, 42–46. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2019.04.001>
- Morelli, S., Cesare, A. D., Traversa, D., Colombo, M., Paoletti, B., Ghietti, A., Beall, M., Davenport, K., Buch, J., Iorio, R., Marchiori, E., di Regalbono, A. F., & Diakou, A. (2024). Comparison of diagnostic methods for laboratory diagnosis of the zoonotic tapeworm *Dipylidium caninum* in cats. *Veterinary Parasitology*, 331, 110274. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110274>
- Mirzaei, M., & Fooladi, M. (2013). Coproscopy survey of gastrointestinal parasites in owned dogs of Kerman city, Iran. *Veterinaria Italiana*, 49 (3), 309–313. <https://doi.org/10.12834/VetItf.1209.01>
- Segura, J., Alcalá-Canto, Y., Figueroa, A., Del Rio, V., & Salgado-Maldonado, G. (2023). A Simple fecal flotation method for diagnosing zoonotic nematodes under field and laboratory conditions. *Journal of Visualized Experiments*, 202. <https://doi.org/10.3791/66110>

14. Ballweber, L. R., Beugnet, F., Marchiondo, A. A., & Payne, P. A. (2014). American Association of Veterinary Parasitologists' review of veterinary fecal flotation methods and factors influencing their accuracy and use - is there really one best technique? *Veterinary Parasitology*, 204 (1–2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.05.009>
15. Liccioli, S., Catalano, S., Kutz, S. J., Lejeune, M., Verocai, G. G., Duignan, P. J., Fuentealba, C., Ruckstuhl, K. E., & Massolo, A. (2012). Sensitivity of double centrifugation sugar fecal flotation for detecting intestinal helminths in coyotes (*Canis latrans*). *Journal of Wildlife Diseases*, 48 (3), 717–723. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-48.3.717>
16. Nielsen, M. K. (2021). What makes a good fecal egg count technique? *Veterinary Parasitology*, 296, 109509. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109509>
17. Scare, J. A., Slusarewicz, P., Noel, M. L., Wielgus, K. M., & Nielsen, M. K. (2017). Evaluation of accuracy and precision of a smartphone based automated parasite egg counting system in comparison to the McMaster and Mini-FLOTAC methods. *Veterinary Parasitology*, 247, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.10.005>
18. Glinz, D., Silué, K. D., Knopp, S., Lohourignon, L. K., Yao, K. P., Steinmann, P., Rinaldi, L., Cringoli, G., N'Goran, E. K., & Utzinger, J. (2010). Comparing diagnostic accuracy of Kato-Katz, Koga Agar Plate, Ether-Concentration, and FLOTAC for *Schistosoma mansoni* and soil-transmitted helminths. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4 (7), e754. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000754>
19. Fagundes Teixeira, C., Neuhaus, E., Ben, R., Romanzini, J., & Graeff-Teixeira, C. (2007). Detection of *Schistosoma mansoni* eggs in feces through their interaction with paramagnetic beads in a magnetic field. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 1 (2), e73. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000073>
20. Boonyong, S., Hunnangkul, S., Vijit, S., Wattano, S., Tantayapirak, P., Loymek, S., & Wongkamchai, S. (2024). High-throughput detection of parasites and ova in stool using the fully automatic digital feces analyzer, orienter model fa280. *Parasites & Vectors*, 17 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-023-06108-1>
21. Suzuki, C. T. N., Gomes, J. F., Falcao, A. X., Papa, J. P., & Hoshino-Shimizu, S. (2013). Automatic segmentation and classification of human intestinal parasites from microscopy images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60 (3), 803–812. <https://doi.org/10.1109/tbme.2012.2187204>
22. Osaku, D., Cuba, C. F., Suzuki, C. T. N., Gomes, J. F., & Falcão, A. X. (2020). Automated diagnosis of intestinal parasites: A new hybrid approach and its benefits. *Computers in Biology and Medicine*, 123, 103917. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2020.103917>
23. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow.
24. Petrenko, M. (2023). Effectiveness of the improved method of lifelong diagnostics trichurosis of sheep. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 6 (3), 13–16. <https://doi.org/10.32718/ujvas6-3.03>
25. Dolhin, O. S., & Yevstafieva, V. O. (2022). Diahnostychna efektyvnist metodiv koproovoskopichnoi diahnostyky trykhurozu sobak. Suchasni aspekty likuvannya i profilaktyky khvorob tvaryn. *Materialy VI Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii (23-24 lystopada 2022, m. Poltava)*. (pp. 111–112). Poltava: PDAU. [in Ukrainian]

A. Kitichenko  <https://orcid.org/0009-0004-2724-6745>



2024 Kitichenko 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.

Applicability of certification regarding traditional food products according to geographical origin

O. Medvid¹ | N. Shcherbakova² | S. Peredera²

Article info

Correspondence Author
N. Shcherbakova
E-mail:
peredera@ukr.net¹ Partnership with a limited supply "Sadi Venice",
Basano del Grappa, Italy² Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine**Citation:** Medvid, O., Shcherbakova, N., & Peredera, S. (2024). Applicability of certification regarding traditional food products according to geographical origin. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 151–155. doi: 10.31210/spi2024.27.04.25

The article provides information on the role of development and implementation of quality standards and labeling according to traditional indicators and according to the geographical origin of these food products. The authors analyzed the application of DOP, IGP, STG standards on the example of Italy, which ranks first in the European Union in terms of DOP, IGP, STG food products – 315 items, it – 526, and sour milk products – 56 items. following additional data ISMEA – Qualivita 2021 (data for 2020) gray DOP, IGP is more significant in economically defined among products (57 % in relation to all DOP, IGP products) is 4.18 billion among which export receipts 2.06 billion, which is approximately 37 % of all food export revenue. Grana Padano DOP in first place among all Italian cheeses DOP, IGP, STG with 1364 billion euros, Parmigiano Reggiano DOP – 1285 billion euros, Mozzarella di Bufala campana DOP in third place 426 million euros, Gorgonzola D It was shown that the application of DOP, IGP, STG stratification is an effective method of involving local communities in the process of jointly deciding the direction and implementing the concept of local development. The article defines the prospects for the development of the traditional and regional agricultural market in Ukraine. It is noted that in accordance with the Association Agreement between Ukraine and the European Union, Ukraine is actively implementing the principles of the "Common Agricultural Policy of the EU" into its national policy and practice. More and more consumers in Ukraine prefer traditional products and worry about their quality and variety. Such requirements determine the demand for agricultural products with specific characteristics that can be recognized mainly by the geography of origin of the product. It also provides additional competitive advantages in the market, thanks to which this particular product can be easily identified on the supermarket shelves. Therefore, the use of the labels "Traditional product" and "Traditional product according to geographical origin" has a positive effect on the economy of a certain region as a whole and individual craft producers in particular. OP – 323 billion euros, Pecorino Romano DOP – 228 million euros.

Keywords: traditional food product, regional product, CE regulation 510/2006, DOP, IGP, STG.

Доцільність застосування сертифікування щодо традиційних харчових продуктів відповідно до географічного походження

O. O. Медвідь¹ | Н. С. Щербаківа² | С. Б. Передера²¹ Товариство з обмеженою відповідальністю "Сади Венеції",
Басано дел Граппа, Італія² Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Метою огляду було визначення перспективи впровадження стандартів якості та маркування за традиційними показниками та інформацією відповідно до географічного походження цих харчових продуктів на території України. У статті наведено інформація щодо ролі розвитку та впровадження стандартів якості та маркування за традиційними показниками та інформацією відповідно до географічного походження цих харчових продуктів. Автори проаналізували застосування стандартів DOP, IGP, STG на прикладі Італії, яка займає перше місце в Європейському Союзі щодо кількості продуктів харчування DOP, IGP, STG – 315 найменувань, вин – 526, кисло-молочних продуктів – 56 найменувань. Відповідно до даних ISMEA – Qualivita 2021 (данні за 2020) сири DOP, IGP є більш значимим в економічному визначенні серед продуктів (57 % по відношенню до всіх продуктів DOP, IGP) це 4,18 мільярдів серед яких експортні надходження 2,06 мільярдів, що складає приблизно 37 % від всієї експортної виручки за продукти харчування. На першому місці Grana Padano DOP серед усіх італійських сирів DOP, IGP, STG з 1,364 мільярдами євро, Parmigiano Reggiano DOP – 1,285 мільярдів євро, Mozzarella di Bufala campana DOP на третьому місці 426 мільйонів євро, Gorgonzola DOP – 323 мільйонів євро, Pecorino Romano DOP – 228 мільйонів євро. Показали, що застосування стратифікування DOP, IGP, STG є ефективним методом залучення місцевих громад у процес спільного вирішення напряму та реалізації концепції розвитку місцевості. Стаття визначає перспективи розвитку традиційного та регіонального аграрного ринку в Україні. Зазначено, що відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Україна активно імплементує в національну політику і практики засади «Спільної сільськогосподарської політики ЄС». Все більше споживачів в Україні віддають перевагу традиційній продукції і турбуються щодо її якості і різноманітності. Такі вимоги визначають запит на сільськогосподарські продукти зі специфічними характеристиками, які можна розпізнати в основному за географією походження продукту. Це також надає додаткові переваги у конкуренції на ринку, завдяки чому саме такий продукт може легко ідентифікуватися на полицях супермаркетів. Отже використання маркування «Традиційний продукт» та «Традиційний продукт відповідно до географічного походження» має позитивний вплив на економіку певного регіону в цілому та окремих крафтових виробників зокрема.

Ключові слова: традиційний харчовий продукт, регіональний продукт, традиційна гарантована особливість, регламент CE 510/2006, DOP, IGP, STG.**Бібліографічний опис для цитування:** Медвідь О. О., Щербаківа Н. С., Передера С. Б. Доцільність застосування сертифікування щодо традиційних харчових продуктів відповідно до географічного походження. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 151–155.

Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Україна має імплементувати в національну політику і практику засади Спільної сільськогосподарської політики ЄС, яка базується на єдності аграрного і сільського розвитку [14, 15].

Завдяки поєднанню високої компетентності та збереженим етнічним традиціям сільськогосподарських виробників, а також інноваційним методам у вирощуванні аграрної продукції, відбувається нарощування органічного виробництва на протизагаду традиційному. Якість і різноманітність сільськогосподарської продукції України представляють собою перспективну сторону і перевагу національного виробника, що є невід'ємною частиною культурної і гастрономічної спадщини [12, 14, 18, 19, 20].

Все більше споживачів в Україні віддають перевагу традиційній продукції і турбуються щодо її якості і різноманітності. Такі вимоги визначають запит на сільськогосподарські продукти зі специфічними характеристиками, які можна розпізнати в основному за географією походження продукту [28]. Це також надає додаткові переваги у конкуренції на ринку, завдяки чому саме такий продукт може легко ідентифікуватися на полицях супермаркетів [29, 32].

Таким чином використання маркування «Традиційний продукт» та «Традиційний продукт відповідно до географічного походження» має позитивний вплив на економіку певного регіону в цілому та окремих крафтових виробників зокрема. Це особливо важливо передусім для вразливих зон, таких як гірські чи посушливі райони, в яких виробництво сільськогосподарської продукції є малорентабельним та таким, що потребує додаткових капіталовкладень та інновацій для її отримання [1, 2, 3].

Саме тому в 1992 році Європейський Союз зробив перший крок щодо впровадження Регламенту СЕ 2081/92 з послідувачим оновленням Регламентом СЕ 510/2006 з політики захисту географічного походження продукту і оригінального найменування аграрних продуктів і продуктів харчування «Політика якості Європейського Союзу народжується з наміру захистити оригінальність і специфічність продуктів харчування для просування унікальних характеристик пов'язаних з географічним походженням і традиціями». Визначені як інтелектуальна власність, такі продукти відіграють все більш значиму роль в економічних відносинах між ЄС і іншими країнами (Commissione Europea, Agriculture and Rural Development) [1–3, 5–9].

Доцільність введення в дію подібних Регламентів можемо пояснити в чотирьох напрямках:

- *споживач* – все більше споживачів звертають увагу на традиційний продукт, який оцінюється як той, що має кращу якість, «справжність» і як здоровий органічний продукт в порівнянні з невідомими. Крім того споживач зацікавлений у реставрації соціальних і культурних зв'язків з ідентичною територією;

- *ринок* – такі продукти можуть бути використані виробниками, як інструмент якості

диференціації для отримання переваг у конкуренції з аналогічними продуктами;

- *недобросовісна конкуренція* – підвищення репутації багатьох традиційних продуктів, а також захист від підробок і імітацій для надання споживачам коректної і якісної інформації;

- *сільський розвиток* – багатовекторні зв'язки на території які позитивно впливають на динаміку розвитку регіональних громад і місцеву економіку [11, 12].

Впровадження стратифікації подібної до маркування DOP, IGP, STG (Reg. CE 1151/12, Reg. CE 1152/12), що базується на якості сільськогосподарської продукції і тісно пов'язаної з традиціями і географічною зоною походження, поряд із позитивними економічними ефектами спроможне суттєво покращити доходи українських аграріїв та підвищити їх здатність до подальшого інноваційного розвитку. Також таке впровадження гарантує аграрному виробнику і сільськогосподарським спільнотам отримувати сталий прибуток завдяки якості і особливим характеристикам продукту, методу виготовлення та надання прозорої інформації щодо продуктів, які володіють специфічними характеристиками пов'язаними з географічним походженням, що надає можливість споживачам робити більш обізнаний вибір товару.

Введення подібної класифікації якості продукту піднімає довіру до виробника в очах споживачів, дає поштовх до розвитку сільських спільнот, створюючи додатковий механізм захисту місцевого виробника перед виробником з інших країн, таким чином підвищуючи якість імпортованої продукції. Такий спосіб надає можливість Україні вирішувати спірні питання зі своїми комерційними партнерами, покращує надання громадськості інформації щодо найменування захищених продуктів, а саме для гарантування контролю використання назви [13–15, 17, 30].

Створення реєстру таких продуктів покликано допомагати аграрним виробникам у комунікації зі споживачами щодо характеристик і методів вирощування, трансформації і виготовлення продукції, гарантуючи що такий спосіб дозволяє спрощення конкуренції серед аграрних виробників, які виробляють продукцію з подібними характеристиками і властивостями, що виправдовує додаткову вартість представленого продукту на реалізацію. Доступність для споживача повної інформації щодо продукту, повага до інтелектуальної власності та інтегрування на внутрішньому ринку покликано підняти конкурентну спроможність виробника.

Виробник аграрної продукції і продуктів харчування має повне право захистити свої товари від імітації, сурогатів і підробок, що не можливо отримати з використанням продуктів з сировини низької якості [28, 33].

Основною метою створення цієї групи товарів з високою доданою вартістю є підтримання агробізнесу, в основному фермерських господарств, малих і середніх підприємств з виготовлення аграрної продукції для створення повноцінного і стабільного

насичення внутрішнього продовольчого ринку продуктами високої якості, а також при експорті продукції до країн Європейського Союзу. Економічна виправданість у цьому контексті означає не стільки отримання експортерами короткострокової вигоди в умовах сприятливої цінової кон'юнктури світового ринку, скільки подальше цілеспрямоване і довготривале закріплення на ринку [14, 19, 21, 31, 32].

Конкуренція на ринку продуктів харчування, недостатність гастрономічної культури і комерціалізації призвели до того, що сьогодні діяльність середніх і малих аграрних господарств ризикує перетворитися на маргінальну. Вкрай необхідно створити умови для виготовлення більш якісних продуктів харчування. На сьогодні продовольча якість продукту харчування насамперед покликана перетворитися на культурний шлях, що був втрачений в період розвитку великого агробізнесу [20, 21, 22, 23].

Захищене оригінальне найменування, захищене географічне походження, найменування гарантоване традицією посилюють значення місцезнаходження малих і середніх аграрних підприємств харчової промисловості, захист сільського виробника, виражене таким чином бажання держави відновити історичну якість, національну спадщину і престиж [1, 15, 17].

Традиційні продукти харчування, пов'язані з територією які повертають прихильність, довіру і вдячність споживача підштовхують до оновлення, розвитку і росту інші ресурси, історію і культуру суспільства, які роками нехтувалися, спричинивши регрес деяких із цих продуктів (полтавські галушки, миргородське сало, херсонські кавуни, котлети по-київськи, львівська кава). Таким чином поєднується виробництво матеріальних і суспільних благ. Серед останніх найважливішими є продовольча безпека (самозабезпечення) країни, збереження довкілля, підтримання життєдіяльності населення на сільських територіях, відтворення і розвиток селянства (фермерства) як носія національної ідентичності [19, 25, 30].

Захист особливостей традиційності це первинна спроба зберегти такі продукти, отримання інвестицій на середньостроковий і довгостроковий періоди. Розпочатий сьогодні рух в напрямку захисту агропродуктів і продуктів харчування пов'язаних з специфічними регіонами це новий крок який в Європейському Союзі широко використовується для виведення із анонімності та піднесення до рангу особливих благ для прагматичного збереження власної спадщини [28].

За приклад можемо привести Італію, яка займає перше місце в Європейському Союзі щодо кількості продуктів харчування DOP, IGP, STG – 315 найменувань, вин – 526, кисло-молочних продуктів – 56 найменувань. Відповідно до даних ISMEA – Qualivita 2021 (данні за 2020) сири DOP, IGP є більш значимим в економічному визначенні серед продуктів (57 % по відношенню до всіх продуктів DOP, IGP) це 4,18 мільярдів серед яких експортні надходження 2,06 мільярдів, що складає приблизно 37 % від всієї

експортної виручки за продукти харчування. На першому місці Grana Padano DOP серед усіх італійських сирів DOP, IGP, STG з 1,364 мільярдами євро, Parmigiano Reggiano DOP – 1,285 мільярдів євро, Mozzarella di Bufala campana DOP на третьому місці 426 мільйонів євро, Gorgonzola DOP – 323 мільйонів євро, Pecorino Romano DOP – 228 мільйонів євро [5–9].

Відповідно до цього 06.09.2022 був прийняти Закон України «Про особливості правової охорони географічних зазначень для сільськогосподарської продукції та харчових продуктів, захист прав та застосування схем якості, включаючи традиційні гарантовані особливості для сільськогосподарської продукції та харчових продуктів» в якому визначене поняття – «Традиційна гарантована особливість» – найменування, яке ідентифікує сільськогосподарську продукцію (сільськогосподарський товар) або харчовий продукт, що відповідає одночасно таким ознакам: має особливі характеристики, що дають змогу чітко відрізнити його від інших продуктів цього ж виду у результаті використання традиційних інгредієнтів, традиційного складу інгредієнтів та/або традиційної технології виробництва/переробки; використовується у виробництві та/або відповідає специфікаціям товару, що існували протягом не менше 30 років до набрання чинності цим Законом; відповідає критеріям для надання правової охорони згідно із цим Законом [16, 17].

Цей Закон визначає правові та організаційні засади схем якості для сільськогосподарської продукції та харчових продуктів, особливості підготовки до реєстрації, реєстрації, використання та захисту географічних зазначень для сільськогосподарської продукції (сільськогосподарських товарів) та харчових продуктів, здійснення контролю щодо таких географічних зазначень, а також правові засади охорони традиційних гарантованих особливостей, включаючи підготовку до реєстрації, реєстрацію, використання, захист та контроль [16, 17, 19, 22].

Висновки

Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Україна активно імплементує в національну політику і практику засади «Спільної сільськогосподарської політики ЄС». Відповідно до концепції єдності аграрного і сільського розвитку в Україні розпочато рух у напрямку захисту агропродуктів і продуктів харчування пов'язаних з специфічними регіонами. Захист особливостей традиційності харчових продуктів сприятиме виведення із анонімності та піднесення до рангу особливих благ, а це перспектива отримання інвестицій на середньостроковий і довгостроковий періоди.

Отже застосування стратифікування DOP, IGP, STG є ефективним методом залучення місцевих громад у процес спільного вирішення напряму та реалізації концепції розвитку місцевості.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Borowska, A. (2007). Możliwości rozwoju wytwarzania produktów tradycyjnych i regionalnych. *Więś Jutra*, 10, 22–26.
2. Duczowska-Piasecka, M. (2005). Tradycyjna żywność na obszarach wiejskich. Specyfika budowy rynku. In: M. Gąsiorowski (Red.). *O produktach tradycyjnych i regionalnych. Możliwości a polskie realia. Fundacja Fundusz Współpracy*. Warszawa, p. 45.
3. Folkson, C. (2005). *Geographical Indications and Rural Development in the EU*. Retrieved from: <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/1334511>
4. Krajewski, K., & Zabrocki, R. (2008). Rynek produktów tradycyjnych – szanse, potrzeby, możliwości. In: Z. Dolatowski & D. Kolożyn-Krajewska (Red.). *Tradycyjne i regionalne technologie oraz produkty w żywieniu człowieka*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe PTTŻ.
5. Lassaut, B. (2001). OLP sector in France. Development of origin labelled products: Humanity, innovation and sustainability. *Project DOLPHINS 2001, Contract QLK5-2000-00593*. (pp. 3-81). France: INRA-UREQUA, La Mans.
6. Prodotti tipici e sviluppo locale: il ruolo delle produzioni di qualità nel futuro dell'agricoltura Italiana: 8. *Rapporto Nomisma sull'agricoltura italiana. Monografia*. (2001). Nomisma; Milano: Il Sole.
7. Belletti, G., Marescotti, A., & Scaramuzzi, S. (2002) WP 3. Link between Origin Labelled Products and rural development: final Report, July 2002. Concerted Action DOLPHINS (Development of Origin Labelled Products: Humanity, Innovation and Sustainability). *OLP sector in Italy*. Firenze, Italia: Università di Firenze - Dipartimento di Scienze Economiche.
8. Smyczek, S. (2001). *Lojalność konsumentów na rynku : wybrane zagadnienia*. Katowice :Wydaw. Uczelniane AE.
9. Trusova, N., Vasylyeva, O., Kolokolchikova, I., Konovalenko, A., & Herasymenko, I. (2022). Marketing Support of Corporate Social Responsibility Of Agri-Food Enterprises. *Scientific Horizons*, 25 (7), 101–114. [https://doi.org/10.48077/sci-hor.25\(7\).2022.101-114](https://doi.org/10.48077/sci-hor.25(7).2022.101-114)
10. Bolotnikov, A. O. (2005). *Standartyzatsiia ta sertyfikatsiia tovariv i posluh: navchalnyi posibnyk dlia studentiv vshchlykh navchalnykh zakladiv*. Kyiv: MAUP [in Ukrainian]
11. Borodina, O. M., Kyryliuk, S. V., & Rykovska, O. V. (2011). Teoretychni osnovy silskoho rozvytku na bazi hromad: kapitalizatsiia aktyviv. *Ekonomika APK*, 5, 153–180. [in Ukrainian]
12. Novikov, V. M., Romanenko, I. M., & Fomina, S. V. (2013). Analysis of operating normative documents in relation to procedures of realization of certification of HACCP in Ukraine and search of ways of their improvement. *Key Title Zbirnik Naukovih Prac' Odes'koï Derzhavnoï Akademiiï Tehničnogo Regulivannâ Ta Âkosti*, 1 (2), 6–13. <https://doi.org/10.32684/2412-5288-2013-1-2-6-13>
13. Harasym, Yu. Y. (2015). Analiz natsionalnoi systemy standartyzatsii i sertyfikatsii u konteksti uhody pro asotsiatsiiu Ukrainy ta YeS. *Zovnishnia Torhivlia: Ekonomika, Finansy, Pravo*, 3, 58–65. [in Ukrainian]
14. Zabezpechennia bezpechnosti i yakosti ahrarnoi ta kharchovoi produktsii vidpovidno do vymoh Uhody pro asotsiatsiiu (bazovyy) analitychnyy material do seminariv u rehionakh). (2018). *Material v ramkakh proektu "Advokatsiy na kampaniiia dlia fermeriv ta osobystykh selianskykh gospodarstv iz zabezpechennia bezpechnosti i yakosti produktsiyi vidpovidno do vymoh Uhody pro asotsiatsiiu"*. Retrieved from: <https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2018/04/Zabezpechennya-bezpechnosti-i-yakosti-agrar-noyi-ta-harchovoyi-produktsiyi-vidpovidno-do-vymog-Ugody-pro-asotsiatsiyu.pdf> [in Ukrainian]
15. Pro pravovu okhoronu heohrafichnykh zaznachen. Zakon Ukrainy vid 16.06.1999 № 752-XIV. (1999). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 32, 267. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/752-14#Text> [in Ukrainian]
16. Pro osoblyvosti pravovoi okhorony heohrafichnykh zaznachen dlia silskohospodarskoi produktsii ta kharchovykh produktiv, zakhyt prav ta zastosuvannia skhem yakosti, vkluchaiuchy tradytsiini harantovani osoblyvosti dlia silskohospodarskoi produktsii ta kharchovykh produktiv. (2022). Zakon Ukrainy № 2572-IX vid 06.09.2022. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR)*, 25, 91. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2572-20?fbclid=IwARlpYzqH8dZx-qWoT9hAT-fjJ8JXBjz88lsM8hAplPqexHt0w9Qkmc-q34n6M#Text> [in Ukrainian]
17. Zbarskyi, V. K. (2010). Stalyi rozvytok silskykh terytorii: problemy i perspektyvy. *Ekonomika APK*, 11, 129–135. [in Ukrainian]
18. Pro rozvytok silskykh terytorii i ne tilky. (2011). *Institut hromadanskoho suspilstva*. Retrieved from: <http://www.csi.org.ua/pro-rozvytok-silskykh-terytorij-ine/#sthash.MtToAMiO.dpuf> [in Ukrainian]
19. Kyryliuk, Yu. V. (2016). Osoblyvosti implementatsii ekonomichnoi chastyny Uhody pro asotsiatsiiu Ukrainy z YeS. In: V. F. Savchenka, T. L. Shestakovsko (red.). *Chotyrokhrivneve zabezpechennia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku v umovakh yevrointehratsiinykh protsesiv (derzhava, rehion, haluz, pidpriemstvo) : monohrafiia*, (pp. 67–83). Chernihiv: ChNTU [in Ukrainian]
20. Poliakova, O. Y., Khaustova, V. Y., & Levanda, O. M. (2020). Analyzing the problems and tendencies in the development of rural territories in Ukraine. *Business Inform*, 4 (507), 229–250. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-4-229-250>
21. Kontseptsiia zahalnodержavnoi prohramy staloho rozvytku silskykh terytorii do 2020 roku. *Liga Zakon*. Retrieved from: <http://liga-zakon.ua> [in Ukrainian]
22. Kontseptsiia staloho rozvytku silskykh terytorii. Retrieved from: <http://minagro.gov.ua/node/14008> [in Ukrainian]
23. Kuzoma, V., & Pavliuk, S. (2019). Implementation of the Food Safety management system based on the concept of HACCP. *Modern Economics*, 14 (2019), 115–120. [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-19](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-19)
24. Luzan, Yu. Ia. (2009). Napriamy rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva i sotsialnoi sfery sela. *Ekonomika APK*, 7, 3–12. [in Ukrainian]
25. Livinskyi, A. I. (2020). The governmental regulation, certification of production and sale of organic products in Ukraine. *Business Inform*, 6 (509), 167–173. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-6-167-173>
26. Medvid, O. O., Peredera, Zh. O., Shcherbakova, N. S., & Peredera, S. B. (2023). Oboviazkove sertyfikuvannia kharchovykh produktiv na pidpriemstvakh yevropeiskoho soiuзу na prykladi Italii. *Aktualni aspekty biolohii tvaryn, veterynarnoi medytsyny ta veterynarnosanitarnoi ekspertyzy: materialy VIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii vykladachiv i zdobuvachiv vshchoi osvity (7–8 chervnia 2023)*. (pp. 74–76). Dnipro [in Ukrainian]
27. Medvid, O. O., Peredera, Zh. O., Shcherbakova, N. S., & Peredera, S. B. (2023). Analysis of the Italian honey market. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 25 (112), 16–21. <https://doi.org/10.32718/nvvet11202>
28. Mykhailenko, O. H. (2017). Standartyzatsiia yak faktor rozvytku mizhnarodnoi torhivli silskohospodarskoiu produktsiieiu v suchasnomu suspilstvi. *Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho Universytetu: Serii: Ekonomika*, 1 (49), 26–32. [in Ukrainian]
29. Medvid, O. O., Peredera, Zh. O., Shcherbakova, N. S., & Peredera, S. B. (2023). Dobrovolne sertyfikuvannia, shcho zaprovadzhuetsia pidpriemstvamy yevropeiskoho soiuзу. *Zbirnyk naukovykh prats naukovo-praktychnoi konferentsii profesorsko-vykladatskoho skladu Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii za pidsumkamy naukovo-doslidnoi roboty v 2022 rotsi (17–18 travnia 2023)*. (pp. 161–162). Poltava: RVV PDAA [in Ukrainian]

31. Pro osnovni pryntsyepy ta vymohy do bezpechnosti ta yakosti kharchovykh produktiv. Zakon Ukrainy № 752-XIV. (1998). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 19, 98. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text> [in Ukrainian]
32. Saienko, Ya. A., & Nedbaliuk, O. P. (2017). Adaptatsiia vitchyznianykh pidpriemstv do standartiv yakosti produktsii na rynku Yevropeiskoho Soiuzu. *Molodyi Vchenyi*, 10, 1033–1036. [in Ukrainian]
33. Shalman, T. (2012). Vyrobniky, yaki dbaiut pro svoiu reputatsiiu, prokhodytymut dobrovilnu sertyfikatsiiu. *Uriadovyi Kurier*, 47, 5. [in Ukrainian]

ORCID

N. Shcherbakova 
S. Peredera 

<https://orcid.org/0000-0002-3573-7673>
<https://orcid.org/0000-0001-6363-878X>



2024 Medvid O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Comparative efficiency of methods of quantitative coproovoscopic diagnostics of strongylidoses of the digestive tract of sheep

V. Yevstafieva^{1,2} | O. Natiahlyi¹

Article info

Correspondence Author
V. Yevstafieva
E-mail:
evstva@ukr.net¹ Poltava State Agrarian University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine² Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Donetska Str., 30, Kyiv,
03151, Ukraine**Citation:** Yevstafieva, V., & Natiahlyi, O. (2024). Comparative efficiency of methods of quantitative coproovoscopic diagnostics of strongylidoses of the digestive tract of sheep. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 156–160. doi: 10.31210/spi2024.27.04.26

Helminthoses of sheep is widespread in various natural and climatic conditions of many countries of the world, including Ukraine. Among them, strongylidoses of the digestive tract is most often diagnosed. Helminths parasitize in the organs and tissues of animals and cause pathological changes in them, causing a negative impact on all body systems and, in particular, on the immune system, causing secondary immunodeficiencies, contributing to the development of secondary infections, reducing the body's resistance and productivity of sheep. The aim of the work was to determine the effectiveness of the proposed method of quantitative coproovoscopic diagnosis of strongylidoses of the digestive tract of sheep and to compare its sensitivity with commonly known methods. The proposed useful model refers to the field of veterinary medicine, namely, veterinary parasitology, methods of coproovoscopy, in particular, quantitative methods of detecting eggs of strongylides pathogens of the digestive tract of sheep. In laboratory conditions, the proposed method and well-known methods of quantitative coproovoscopy (method of counting helminth eggs in feces according to Liashenko, centrifugal-flotation method according to Taylor) were compared when conducting laboratory diagnostics of strongylidoses of the digestive tract of sheep. It was determined that when using the tested methods, 100 % of strongylides eggs were detected in the digestive tract. The proposed method turned out to be the most effective in terms of indicators of the intensity of strongylidous invasion, where its sensitivity was significantly higher by 1.2 times – compared to the centrifugal-flotation method according to Taylor and by 5.9 times – compared to the method of counting helminth eggs in feces for Liashenko. The flotation liquids used in the proposed method and the centrifuge-flotation method showed the highest coagulation properties relative to undigested fodder residues, where a small amount of small undigested fodder residues were attached to the slide, which increased the efficiency of microscopy. The obtained results of parasitological studies indicate the expediency of using the proposed method of quantitative coproovoscopic diagnosis of strongylidoses of the digestive tract of sheep for a more effective lifetime diagnosis of the aforementioned infestations.

Keywords: parasitology, strongylidoses of the digestive tract, sheep, lifelong diagnosis, coproovoscopy, efficiency.

Порівняльна ефективність методів кількісної копроовоскопічної діагностики стронгілідозів травного тракту овець

В. О. Євстаф'єва^{1,2} | О. М. Натяглий¹¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна² Інститут ветеринарної медицини Національної академії аграрних наук України,
м. Київ, Україна

Гельмінтози овець широко розповсюджені у різних природно-кліматичних умовах багатьох країн світу, зокрема й України. З-поміж них найчастіше діагностують стронгілідози травного тракту. Гельмінти паразитують в органах і тканинах тварин та викликають у них патологічні зміни, чим спричиняють негативний вплив на всі системи організму і, зокрема на імунну систему, викликаючи вторинні імунodefіцити, сприяють розвитку секундарних інфекцій, знижують резистентність організму і продуктивність овець. Метою роботи було визначити ефективність запропонованого способу кількісної копроовоскопічної діагностики стронгілідозів травного тракту овець та порівняти його чутливість із загальновідомими способами. Запропонована корисна модель відноситься до галузі ветеринарної медицини, а саме – ветеринарної паразитології, до способів копроовоскопії, зокрема кількісних способів виявлення яєць збудників стронгілід травного тракту овець. У лабораторних умовах порівнювали запропонований спосіб та загальновідомі способи кількісної копроовоскопії (спосіб підрахунку яєць гельмінтів у фекаліях за Ляшенко, центрифужно-флотатійний спосіб за Taylor) при проведенні лабораторної діагностики стронгілідозів травного тракту овець. Визначено, що при використанні випробуваних методів 100 %-во виявляли яйця стронгілід травного тракту. Найбільш ефективним відносно показників інтенсивності стронгілідозної інвазії виявився запропонований спосіб, де його чутливість була достовірно вищою у 1,2 рази – порівняно із центрифужно-флотатійним способом за Taylor та у 5,9 разів – порівняно зі способом підрахунку яєць гельмінтів у фекаліях за Ляшенко. Використовувані у запропонованому способі та центрифужно-флотатійному способі флотатійні рідини проявляли найвищі коагуляційні властивості відносно неперетравлених решток корму, де до предметного скельця прикріплювалася незначна кількість дрібних решток неперетравленого корму, що підвищувало ефективність проведення мікроскопії. Отримані результати паразитологічних досліджень вказують на доцільність використання запропонованого способу кількісної копроовоскопічної діагностики стронгілідозів травного тракту овець для більш ефективної захиттєвої діагностики вищезазначених інвазій.

Ключові слова: паразитологія, стронгілідози травного тракту, вівці, захиттєва діагностика, копроовоскопія, ефективність.**Бібліографічний опис для цитування:** Євстаф'єва В. О., Натяглий О. М. Порівняльна ефективність методів кількісної копроовоскопічної діагностики стронгілідозів травного тракту овець. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 156–160.

Introduction

Gastrointestinal parasites are one of the most common causative agents of invasive diseases in sheep. Clinical signs and consequences depend on the parasite fauna present and the intensity of the infestation. In sheep, they can vary from a decrease in body weight to lethal consequences caused by anemia, diarrhea, intoxication and inflammatory processes in the digestive tract. In addition, parasites negatively affect the metabolism in the body of the infested animal and lead to a decrease in their resistance, feed consumption due to anorexia, and increased susceptibility to other pathogens [1–5].

In particular, on the territory of Australia, the main nematodes of the digestive tract are causative agents of strongylatosis of 7 genera and 14 species: *Haemonchus* (*H. contortus*), *Teladorsagia* (*T. circumcincta*), *Trichostrongylus* (*T. axei*, *T. colubriformis*, *T. vitrinus*), *Cooperia* (*C. curticei*), *Nematodirus* (*N. spathiger*, *N. fillicollis*, *N. abnormalis*, *N. battus*), *Oesophagostomum* (*O. venulosum*, *O. columbianum*), *Chabertia* (*S. ovina*) and *Vunostomum* (*V. trigonocephalum*) [6, 7].

In some regions of Northern India, South Asia, as well as North-Eastern Brazil, the causative agents of strongylatosis of the species *Haemonchus contortus* (EI up to 82 %), less often – the genera *Nematodirus* (up to 60 %), *Trichostrongylus* (*T. colubriformis*, *T. axei*, *T. ovis*) (up to 58 %), *Chabertia* (*Ch. ovina*) (up to 52 %), *Oesophagostomum* (*O. columbianum*, *O. radiatum*) (up to 46 %), *Ostertagia* (*O. circumcincta*, *O. oestertagi*) (up to 3.0 %), *Bunostomum* (*V. phlebotomum*) (1.4 %), *Cooperia* (0.2 %) [8–10].

It should be noted that most of the new and well-known flotation methods and methods of coproovoscopic diagnostics described in the literature are qualitative. That is, they allow to detect invasive elements in the researched material, at the same time they do not allow to adequately assess the organism's damage by this or that pathogen of helminths. In this regard, methods of quantitative coproscopic studies are used to determine the exact number of eggs in this or that volumetric amount of feces. They make it possible to relatively accurately determine the intensity of the invasion of helminth embryos (eggs and larvae) in animals and to evaluate the effectiveness of treatment and prevention measures. For this purpose, well-known methods using special counting cameras are used: McMaster's (1976), Halat-Yevstafieva's (2007, 2008), according to Ponomar S. I. (1997), according to Dovhii Yu. Yu. (2004) [11–15]. Quantitative counting of helminth eggs is also carried out without the use of special equipment. For this purpose, the volume of the test material, the area of the test surface and the parasitological loop are taken into account. Such methods include the method of Mazannyi O. V. et al. (2005), Liashenko. Ye. V. et al. (2012), Taylor M. A. et al. (2015) [16–18]. Therefore, it is urgent to introduce new, improved, more

effective methods of quantitative coproovoscopy for strongylidoses of the digestive tract of sheep.

The aim of the study

The aim of the research was to determine the effectiveness of the proposed method of quantitative coproovoscopic diagnosis of strongylidoses of the digestive tract of sheep and to compare its sensitivity with commonly known methods.

Materials and methods

The work was carried out during 2024 on the basis of the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University and in the conditions of farms of the Poltava district where sheep are kept.

In order to establish the effectiveness of the proposed method in production conditions, an experimental study was conducted. To do this, in the conditions of farms in the Poltava district, feces were collected from sheep, and they were studied by the flotation method according to Kotelnikov-Khrenov [19].

For the experiment, samples were used in which strongylides eggs were found in the digestive tract. In total, 10 samples of feces were collected from sheep known to be infested with eggs of strongylides in the digestive tract. The same sample of feces was thoroughly homogenized in a porcelain mortar and examined: by the method of counting helminth eggs in feces (according to Liashenko et al., 2012) [17], by the centrifugal-flotation method (according to Taylor et al., 2015) [18], as well as the proposed method.

The evaluation criteria were the following indicators: the number of positive samples, the average number of strongylides eggs of the digestive tract in 1 g of faeces and their minimum and maximum values, as well as the presence of foreign remains of different sizes under the microscope of the preparation:

- – a small number of small foreign remains;
- – simultaneous detection of a large number of small and a small number of large remains.

Statistical processing of the results of experimental studies was carried out by determining the arithmetic mean (M), standard deviation (SD) and probability level (P) using the technique of univariate analysis of variance using Fisher's test.

Results and discussion

The conducted studies established that all the tested methods allowed to detect the eggs of strongylides of the digestive tract (**Fig. 1**), where 100 % of the examined samples revealed the eggs of strongylides of the digestive tract (**Fig. 2**).

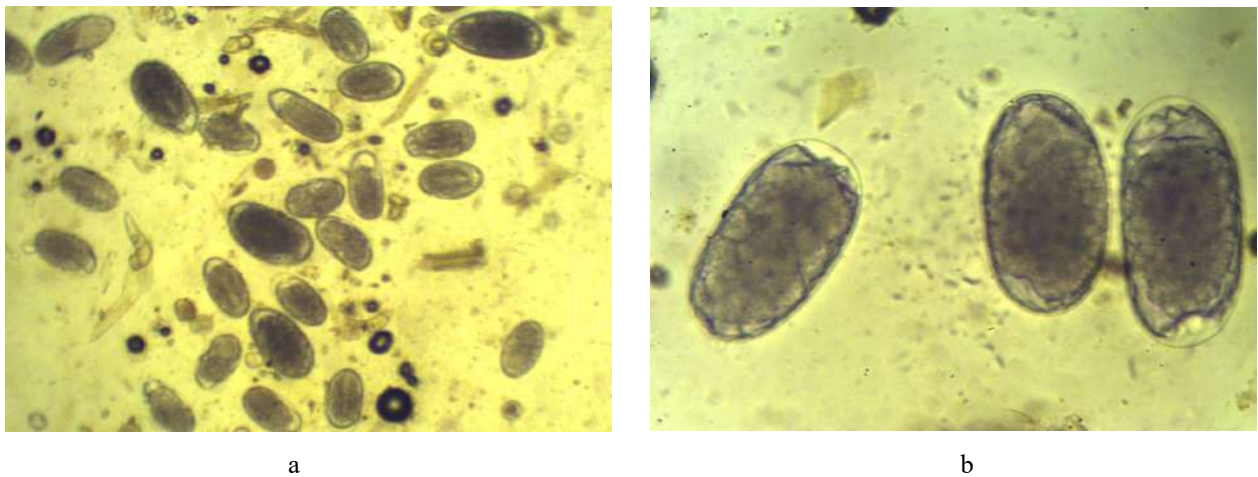


Fig. 1. Strongylides eggs of the digestive organs, detected in sheep using proven coproscopic methods:
a – $\times 120$, b – $\times 400$

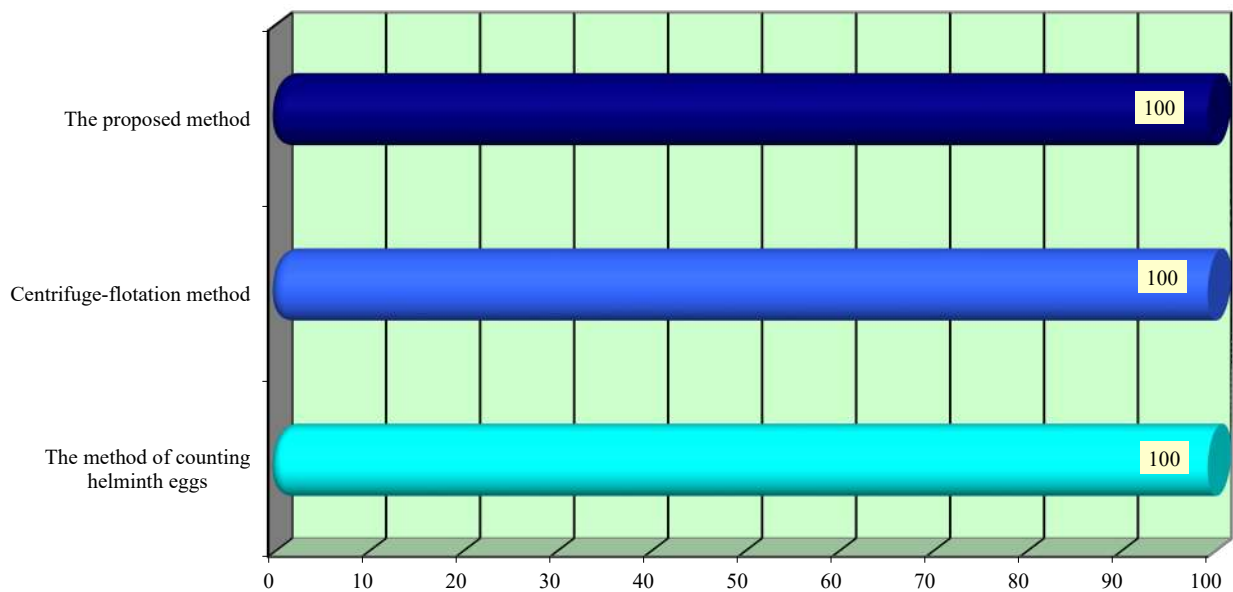


Fig. 2. Sensitivity of methods of quantitative coproovoscopy for strongylidoses of the digestive tract of sheep

It was established that the proposed method was the most effective in terms of indicators of the intensity of strongylidous invasion, where when using the method of counting helminth eggs in feces (according to Liashenko et al., 2012), the number of detected eggs was 51.30 ± 13.41 eggs/g (with variations from 30 to 76 eggs/g), when using the centrifugal-flotation method (according to Taylor et al., 2015) the number of detected eggs was 264.60 ± 118.20 eggs/g (ranging from 144 to 522 eggs/g), when using the proposed method, the number of detected eggs was 304.20 ± 104.42 eggs/g (with fluctuations from 126 to 288 eggs/g). At the same time, the effectiveness of the proposed method was 1.2 times higher compared to the centrifuge-flotation method (Fig. 3) and 5.9 times compared to the method of counting helminth eggs in feces, $P < 0.001$ (Fig. 4).

It was found that when using the proposed method and the centrifuge-flotation method, flotation liquids showed

the highest coagulation properties relative to undigested feed residues, where a small amount of small foreign residues floated to the surface of the flotation fluid. When applying the method of counting helminth eggs in feces, a large number of small and a small number of large remains were simultaneously detected under microscopy, which made the study difficult.

World literature proves the significant distribution and diversity of causative agents of strongylidoses of the digestive tract among sheep throughout the world [6–8]. This, in turn, determines the importance of using inexpensive and highly effective methods of quantitative coproovoscopy, which have different sensitivities relative to one or another causative agent of invasion [16–18]. Therefore, a study was conducted to determine the comparative effectiveness of well-known methods and the proposed method in chronic diagnosis of strongylidoses of the digestive tract in sheep.

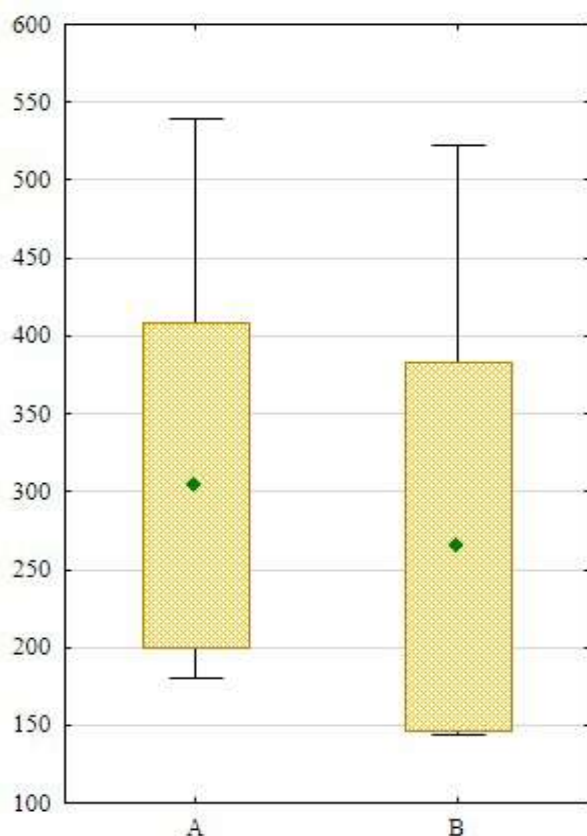


Fig. 3. Comparative efficiency of methods of quantitative coproscopy for strongylidoses of the digestive tract of sheep (n=10):
A – the proposed method, B – centrifugal-flotation method

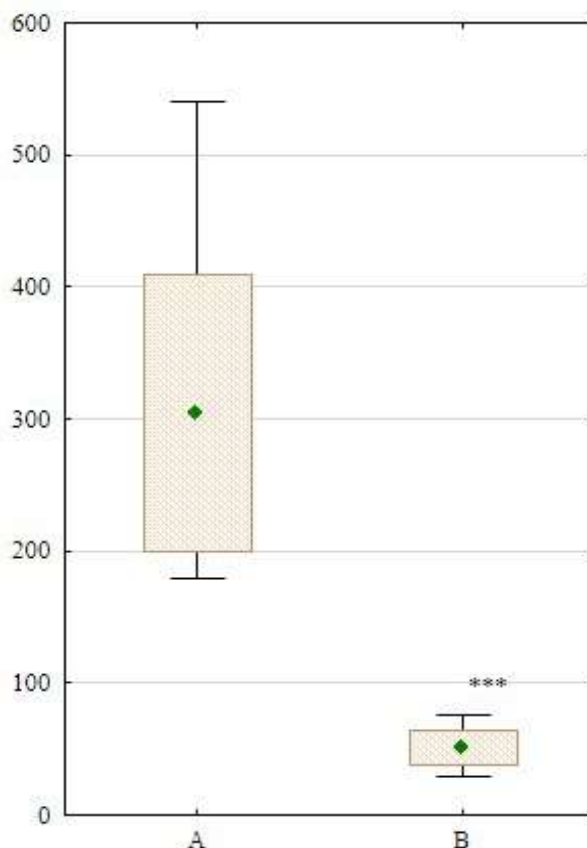


Fig. 4. Comparative effectiveness of methods of quantitative coproscopy for strongylidoses of the digestive tract of sheep (n=10):
A – the proposed method, B – method of counting helminth eggs in feces; P<0.001 – relative to A

The conducted studies determined that the proposed method was the most effective in terms of indicators of the intensity of strongylidous invasion, where its sensitivity was significantly higher by 1.2 times – compared to the centrifugal-flotation method according to Taylor and by 5.9 times ($P<0.001$) – compared to by Liashenko’s method of counting helminth eggs in feces. The flotation liquids used in the proposed method and the centrifugal-flotation method showed the highest coagulation properties relative to undigested feed residues. Where a small amount of small remains of undigested feed was attached to the slide, which increased the efficiency of microscopy.

Similar studies were conducted by scientists, where Trach's method was more effective ($P<0.001$) than McMaster's method when diagnosing strongylidoses in horses. The authors determined that a greater number of eggs (by 3.26–59.02 %) were detected in faecal samples by the Trach's method than by the McMaster's method, the sensitivity of which was low and was at least 25 eggs/g [20]. Therefore, the detection of parasites in animals is a modern problem in veterinary practice and requires the selection of other, more accurate research methods for the successful fight against animal helminthiasis.

The obtained results of parasitological studies indicate the expediency of using the proposed method of quantitative coproscopic diagnosis of strongylidoses of the digestive tract of sheep for a more effective lifetime diagnosis of the aforementioned infestations.

Conclusions

The proposed method of quantitative coproscopic diagnosis of sheep to detect eggs of the strongylidic type shows a high index of flotation ability relative to the eggs of the eggs of the strongylidic type (304.20 – 186.30 EGF), where its diagnostic efficiency in relation to the indicators of the intensity of the strongylidous invasion turned out to be higher than the centrifugal-flotation method according to Taylor (by 1.2 times) and method counting of helminth eggs in feces according to Liashenko (by 5.9 times, $P<0.001$). The effectiveness of the proposed method is confirmed by the high coagulation properties of the used floatant relative to undigested feed residues.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

1. Pugh, G., & Baird, A. (2012). *Sheep and Goat Medicine. Second Edition*. USA: Elsevier Health Sciences.
2. Coop, R. L., & Kyriazakis, I. (1999). Nutrition–parasite interaction. *Veterinary Parasitology*, 84 (3–4), 187–204. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(99\)00070-9](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(99)00070-9)
3. Moreau, E., & Chauvin, A. (2010). Immunity against helminths: interactions with the host and the intercurrent infections. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2010, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2010/428593>
4. Sykes, A., & Coop, R. L. (2001). Interaction between nutrition and gastrointestinal parasitism in sheep. *New Zealand Veterinary Journal*, 49 (6), 222–226. <https://doi.org/10.1080/00480169.2001.36236>
5. Mavrot, F., Hertzberg, H., & Torgerson, P. (2015). Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasites & Vectors*, 8 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1164-z>
6. Zajac, A. M. (2006). Gastrointestinal nematodes of small ruminants: life cycle, anthelmintics, and diagnosis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 22 (3), 529–541. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.07.006>
7. Taylor, D. M., & Thomas, R. J. (1986). The development of immunity to *Nematodirus battus* in lambs. *International Journal for Parasitology*, 16 (1), 43–46. [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(86\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0020-7519(86)90063-9)
8. Lone, B. A., Chishti, M. Z., Fayaz, A., & Hidayatullah, T. (2012). A survey of gastrointestinal helminth Parasites of slaughtered sheep and goats in Ganderbal, Kashmir. *Global Veterinaria*, 8 (4), 338–341.
9. Vieira, V. D., Vilela, V. L. R., Feitosa, T. F., Athayde, A. C. R., Azevedo, S. S., Souto, D. V. de O., Silveira, G. L. da, & Melo, L. R. B. de. (2014). Sheep gastrointestinal helminthiasis in the Sertão region of Paraíba State, Northeastern Brazil: prevalence and risk factors. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 23 (4), 488–494. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612014089>
10. Raza, M. A., Younas, M., & Schlecht, E. (2014). Prevalence of gastrointestinal helminths in pastoral sheep and goat flocks in the Cholistan Desert of Pakistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24 (1). 127–134.
11. Zajac, A. M., & Conboy, G. A. (2012). *Veterinary clinical parasitology 8th ed.* UK John Wiley & Sons.
12. Yevstafieva, V. O., Halat, V. F., & Halat, M. V. (2007). Zastosuvannia lichylnoi kamery dlia zazhyttievoi diahnostryky invaziynykh khvorob. *Visnyk Dniprovskoho Derzhavnoho Ahrarno–Ekonomichnoho Universytetu*, 2 (19) 260–265. [in Ukrainian]
13. Yevstafieva, V. O., & Halat, M. V. (2006). Patent № 200803301 UA. Sposib kilkisnoi helmintokoproskopicnoi diahnostryky. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/316382/> [in Ukrainian]
14. Ponomar, S. I. (1997). Lichylna kamera BTsDAU dlia koprohelminto-ovoskopichnykh doslidzhen. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 10, 29. [in Ukrainian]
15. Dovhii, Yu. Yu., Vakhovskyi, I. L., Didkivskiy, O. F., Zhuravlova, O. V., & Zhuravlov, V. D. (2004) Patent № 58688. Prystrii dlia reiestratsii yaiets i mertvykh lichynok helmintiv (kamera Dovhiia). Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/369196/> [in Ukrainian]
16. Mazannyi, O. V., Byrka, V. I., & Prykhodko, Yu. O. (2006). Patent № 9265 UA. Sposib kilkisnoho vyznachennia yaiets helmintiv. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/286621/> [in Ukrainian]
17. Liashenko, Ye. V., Shendryk, Kh. M., & Soroka, N. M. (2012). Patent № 69062 UA. Sposib pidrakhunku yaiets helmintiv u fekaliakh. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/538493/> [in Ukrainian]
18. Laboratory Diagnosis of Parasitism. (2015). *Veterinary Parasitology*, 259–312. <https://doi.org/10.1002/9781119073680.ch4>
19. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow.
20. Yevstafieva, V. O., Huhosian, Yu. A., & Havryk, K. A. (2016). Porivniannia efektyvnosti klasychnykh ta suchasnykh koproskopicnykh metodiv diahnostryky stronhiloidozu konei. *Problemy Zoonzhenerii Ta Veterynarnoi Medytsyny*, 33 (2), 126–130. [in Ukrainian]

ORCID

V. Yevstafieva 

<https://orcid.org/0000-0003-4809-2584>

O. Natiahlyi 

<https://orcid.org/0009-0004-4275-0173>



2024 Yevstafieva V. and Natiahlyi O. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Comparative efficiency of laboratory diagnostic methods of dog toxocarosis

H. Pohorelova 

Article info

Correspondence Author

H. Pohorelova

E-mail:

hanna.pohorelova@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Pohorelova, H. (2024). Comparative efficiency of laboratory diagnostic methods of dog toxocarosis. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 161–165. doi: 10.31210/spi2024.27.04.27

The causative agents of toxocarosis are cosmopolitan nematode parasites that infect a wide range of domestic and wild animals through several routes of transmission, producing tissue-localized larvae and persistent eggs that can survive in the external environment. Despite the growing awareness of their zoonotic potential and importance for health care, the issue of using highly effective methods of lifelong diagnostics that are easy to use, inexpensive and have high diagnostic efficiency remains relevant. The aim of the work was to compare the effectiveness of the well-known and the proposed method in the diagnosis of toxocarosis in dogs. The proposed method relates to the field of veterinary medicine, namely veterinary parasitology, to methods of coproscopy, in particular, methods of detecting eggs of *Toxocara canis* nematodes parasitizing dogs. In laboratory conditions, well-known methods of coproovoscopy (Fulleborn's, Kotelnikov-Khrenov's, method of coproovoscopy for trichurosis of sheep) and the proposed method for laboratory diagnosis of toxocarosis in dogs were compared. When using the Fulleborn's method, 80 % of positive samples were detected, and when using the Kotelnikov-Khrenov's method, the method of coproovoscopy for sheep trichurosis, and the proposed method, 100 % of positive samples were detected. Indicators of the intensity of toxocarus infestation in dogs when applying the Fulleborn's method averaged 61.7 eggs/g, Kotelnikov-Khrenov's – 88.3 eggs/g, the method of coproovoscopy for sheep trichurosis – 88.8 eggs/g, the proposed method – 102.1 eggs/g. It was proved that the proposed method of laboratory diagnosis of toxocarosis in dogs was more effective compared to the method of Fulleborn by 39.6 %, Kotelnikov-Khrenov – by 13.5 %, and the method of coproovoscopy for trichurosis of sheep – by 13.0 %. When applying the proposed method, high coagulation properties of the improved floatant were established relative to undigested feed residues. The obtained results of experimental studies allow us to recommend the proposed method for effective laboratory diagnosis of toxocarosis in dogs.

Keywords: parasitology, toxocarosis, dogs, laboratory diagnostics, flotation, coproovoscopy, efficiency.

Порівняльна ефективність методів лабораторної діагностики токсокарозу собак

Г. М. Погорелова

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Збудники токсокарозу є космополітичними нематодами-паразитами, які заражають широкий спектр домашніх і диких тварин за допомогою кількох шляхів передачі, продукуючи личинок, що локалізуються у тканинах, і стійкі яйця, які можуть вижити у зовнішньому середовищі. Незважаючи на зростання обізнаності про їх зоонозний потенціал і значення для охорони здоров'я, залишається актуальним питання застосування високоефективних методів зажиттєвої діагностики, які є простими у використанні, недорогими та мають високу діагностичну ефективність. Метою роботи було провести порівняння ефективності загальновідомих та запропонованого способу при діагностиці токсокарозу собак. Запропонований спосіб відноситься до галузі ветеринарної медицини, а саме – ветеринарної паразитології, до способів копроскопії, зокрема, способів виявлення яєць нематод *Toxocara canis*, що паразитують у собак. У лабораторних умовах порівнювали загальновідомі способи копроовоскопії (Фюллеборна, Котельникова-Хренова, способу копроовоскопії за трихурузу овець) та запропонованого способу при лабораторній діагностиці токсокарозу собак. При використанні методу Фюллеборна виявлено 80 % позитивних проб, а при використанні методу Котельникова-Хренова, способу копроовоскопії за трихурузу овець та запропонованого способу виявлено 100 % позитивних проб. Показники інтенсивності токсокарозної інвазії собак при застосуванні методу Фюллеборна у середньому становили 61,7 яєць/г, Котельникова-Хренова – 88,3 яєць/г, способу копроовоскопії за трихурузу овець – 88,8 яєць/г, запропонованого способу – 102,1 яєць/г. Доведено, що запропонований спосіб лабораторної діагностики токсокарозу собак виявився ефективнішим порівняно зі способом Фюллеборна на 39,6 %, Котельникова-Хренова – на 13,5 %, способу копроовоскопії за трихурузу овець – на 13,0 %. При застосуванні запропонованого способу встановлено високі коагуляційні властивості удосконаленого флотанту відносно неперетравлених решток корму. Отримані результати експериментальних досліджень дозволяють рекомендувати до застосування запропонований спосіб для ефективної лабораторної діагностики токсокарозу собак.

Ключові слова: паразитологія, токсокароз, собаки, лабораторна діагностика, флотация, копроовоскопія, ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Погорелова Г. М. Порівняльна ефективність методів лабораторної діагностики токсокарозу собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 161–165.

Introduction

Scientists note that 26 species have been recognized among parasites of the genus *Toxocara*, where only species *T. canis* and *T. cati* are zoonoses. These nematodes are very common parasites in dogs, which are definitive hosts, and release eggs into the environment, resulting in significant environmental pollution. The danger of the causative agent *T. canis* is explained by the possibility of human infection, where the main way of transmission of the parasite is through ingestion of eggs from the soil or soil-contaminated hands, food, etc. [1–5].

Analysis of the available literature shows that the seroprevalence of *Toxocara* species among humans is 19%. Moreover, seroprevalence is the highest in the African region (35%), and the lowest in the Eastern Mediterranean region – 8.2% [6].

Recent complex environmental changes, including destruction of natural habitats and increased urbanization, have contributed to increased contact between wildlife, domestic animals, and humans, which may increase the risk of *T. canis* nematode spread [7–10].

The final diagnosis of toxocarosis in dogs can be made only when using direct research methods in case of detection of helminth eggs, using lifelong coproscopic diagnostics [11–13]. To detect nematode eggs parasitizing in the gastrointestinal tract of animals and humans, it is recommended to use coproovoscopic flotation, sedimentation and combined (sedimentation-flotation) methods. It should be noted that the majority of existing methods and techniques are based on the use of various flotation liquids with a high specific gravity. For the manufacture of flotation fluids, veterinarians and scientists use a variety of chemical compounds and their combinations in various proportions and combinations. Many improved methods have also been proposed, including for the diagnosis of nematodes of the alimentary canal of sheep, using combined flotation solutions [14–16].

Also, scientists recommend using quantitative methods using special counting cameras: McMaster's, Galat-Yevstafieva's, et al [17–19]. Quantitative counting of helminth eggs is also carried out without the use of special equipment. For this purpose, the volume of the test material, the area of the test surface and the parasitological loop are taken into account. Such methods include the method of Trach, Mazanny, et al, Lyashenko, et al [20–22]. Therefore, testing and improvement of modern, effective methods of coproovoscopy for toxocarosis in dogs is urgent.

The aim of the study

The purpose of the research was to compare the effectiveness of the well-known and the proposed method in the diagnosis of toxocarosis in dogs.

Materials and methods

The work was carried out during 2024 on the basis of the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University and in the conditions of a private veterinary clinic in Poltava.

In order to establish the effectiveness of the proposed method of coproscopic examination of dogs for the presence of toxocares eggs, a comparison was made between the proposed method and the well-known Fulleborn's, Kotelnikov-Khrenov's [23], method of coproovoscopy for trichurosis in sheep [24].

Feces from dogs spontaneously infected with the causative agent of toxocarosis were used for the experiment. With each flotation solution, 15 samples of feces were examined using the technique proposed in the proposed method. Samples were settled in each of the flotation solutions for 10 minutes. The number of detected toxocares eggs was counted in 1 g of feces.

Evaluation of the methods was carried out according to the indicators of: actual specific gravity of the flotation solution; flotation capacity (number of positive samples and average number of detected toxocares eggs); coagulation ability (• – a small number of small foreign remains; •• – simultaneous detection of a large number of small and a small number of large-sized remains; ••• – a large number of both small and significant foreign remains).

Statistical processing of the results of experimental studies was carried out by determining the arithmetic mean (M), standard deviation (SD) and probability level (p) using the technique of univariate analysis of variance, using Fisher's test.

Results and discussion

It was determined that the diagnostic sensitivity of the tested methods was different, and although *T. canis* eggs (**Fig. 1**) were detected by all methods, at the same time, the sensitivity was 80% when using the Fulleborn's method, when using Kotelnikov-Khrenov's, the method of coproovoscopy for sheep trichurosis, and the proposed method – 100% (**Fig. 2**).

The same difference was found when determining the intensity of toxocarosis infestation. In particular, when using the Fulleborn's method, the indicators of the intensity of invasion were on average 61.7±21.3 eggs/g, Kotelnikov-Khrenov's – 88.3±17.4 eggs/g, the method of coproovoscopy for sheep trichurosis – 88.8±18, 4 eggs/g, the proposed method – 102.1±16.7 eggs/g. It was also established that the highest diagnostic efficiency in terms of indicators of the intensity of toxocarosis invasion was found when using the proposed method, where it was more effective compared to the Fulleborn's method by 39.6%, $P < 0.001$ (**Fig. 3**), Kotelnikova-Khrenova – by 13.5%, $P < 0.01$ (**Fig. 4**), the method of coproovoscopy for sheep trichurosis – by 13.0%, $P < 0.05$ (**Fig. 5**).

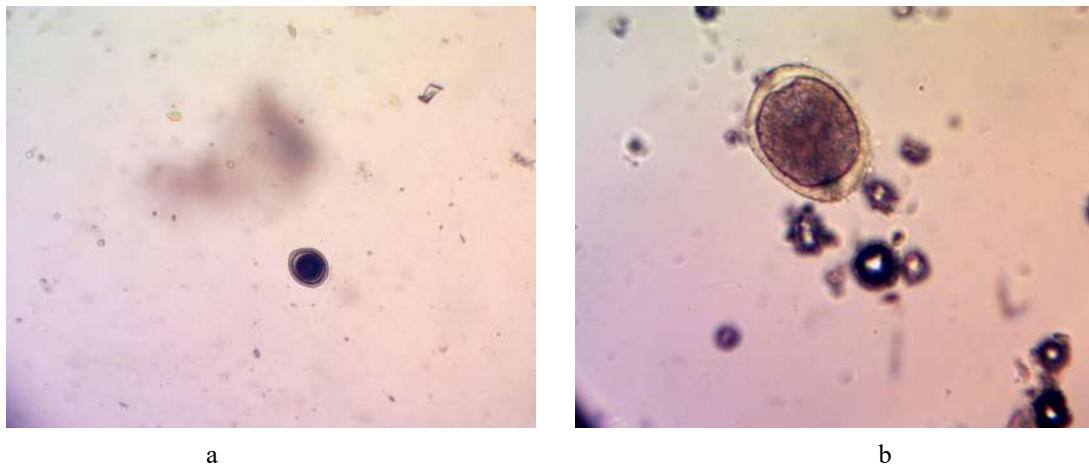


Fig. 1. Eggs of the nematodes *Toxocara canis* detected when using the investigated methods of coproovoscopy: a – $\times 120$, b – $\times 400$

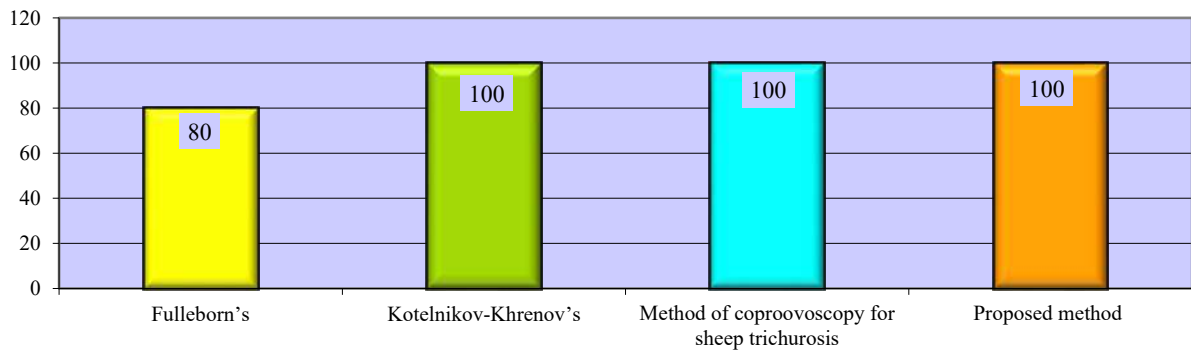


Fig. 2. The number of detected positive samples during coproovoscopic diagnosis of toxocarosis in dogs

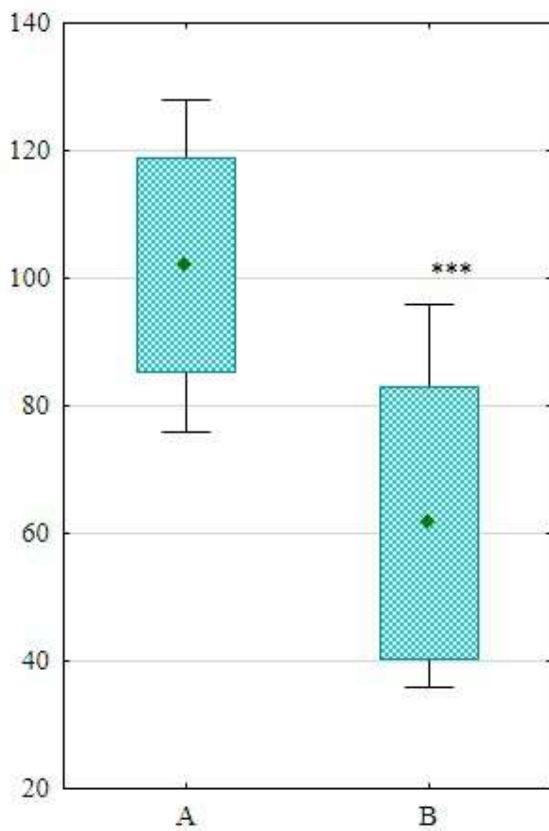


Fig. 3. Comparative effectiveness of coproscopy methods for toxocarosis in dogs (n=15): A – proposed method, B – Fulleborn's method; $P < 0.001$ – relative to A

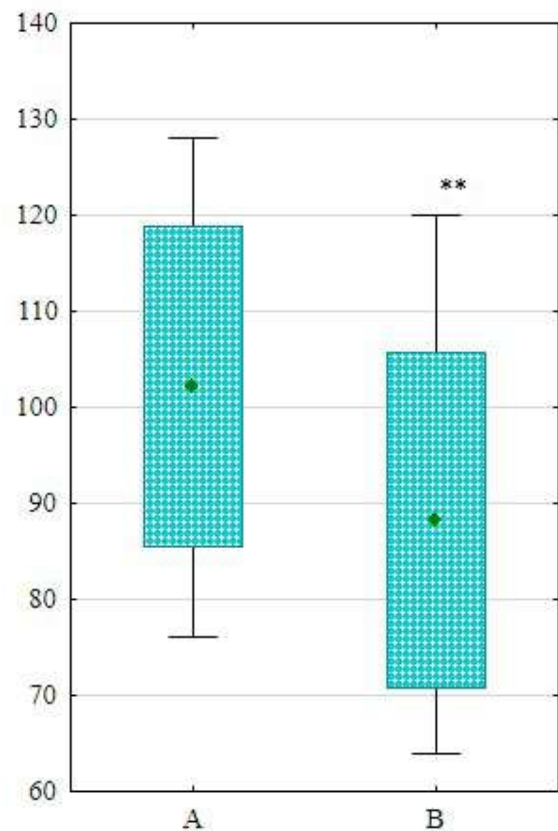


Fig. 4. Comparative efficiency of coproscopy methods for toxocarosis in dogs (n=15): A – the proposed method, B – the Kotelnikov-Khrenov's method; $P < 0.01$ – relative to A

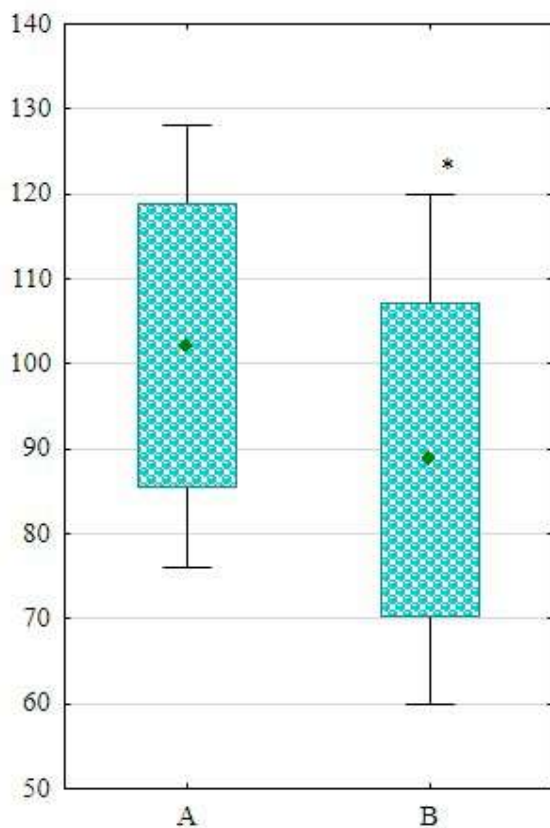


Fig. 5. Comparative effectiveness of methods of coproscopy for toxocarosis in dogs (n=15): A – proposed method, B – method of coproovoscopy for trichurosis of sheep; P<0.05 – relative to A

When using the proposed method of laboratory diagnosis of toxocarosis in dogs, a small amount of small foreign remains was detected, which indicates a high coagulation property of the proposed floatant. The same high coagulation ability was found when using the coproovoscopy method for trichurosis in sheep. When using the Kotelnikov-Khrenov's method, a large number of both small and large foreign remains were detected. When using the Fulleborn's method, a large number of small and a small number of large remains were detected at the same time.

The scientific literature notes the relevance of the study of canine toxocarosis caused by the nematode *T. canis* in connection with its zoonanthropous potential [1–5]. Therefore, the application of effective, accurate and ergonomic methods of lifelong diagnosis of this infestation is relevant.

The conducted studies established that when using the Fulleborn's method, 80 % of positive samples were detected, the Kotelnikov-Khrenov's method, the method of coproovoscopy for sheep trichurosis, and the proposed method revealed 100 % of positive samples. It was proved that the proposed method of laboratory diagnosis of toxocarosis in dogs was more effective compared to the method of Fulleborn by 39.6 % (61.7 ± 21.3 eggs/g, P<0.001), Kotelnikov-Khrenov – by 13.5 % (88.3 ± 17.4 eggs/g, P<0.01), the method of coproovoscopy for sheep trichurosis – by 13.0 % (88.8 ± 18.4 eggs/g, P<0.05).

So, in order to detect *T. canis* eggs in dog feces, scientists compared the effectiveness of flotation methods using $MgSO_4$ (density 1.20), $ZnSO_4$ (1.18–1.20), $NaNO_3$ (1.18–1.20), $NaCl$ (1.18–1.20) and the proposed method (sugar + water + formaldehyde, density 1.27). The results indicate that the technique proposed by the authors and the use of centrifugation were more effective in terms of the intensity of invasion than other methods [25].

The obtained results of experimental studies allow recommending the use of the proposed method for effective laboratory diagnosis of toxocarosis in dogs.

Conclusions

The proposed method of coproscopic examination of dogs for the presence of eggs of pathogens of toxocarosis shows a high index of flotation ability relative to *T. canis* – up to 102.1 ± 16.7 eggs/g during 10 minutes of fecal suspension settling compared to Fulleborn's method (by 39.6 %, P<0.001), Kotelnikov-Khrenov's (by 13.5 %, P<0.01) and the method of coproovoscopy for sheep trichurosis (by 13.0 %, P<0.05). In the proposed method of coproscopic examination of dogs for the presence of eggs of pathogens of toxocarosis, a flotation solution is used, which exhibits high coagulation properties relative to undigested food residues.

Conflict of interest

The author state that there is no conflict of interest.

References

- Ziegler, M. A., & Macpherson, C. N. L. (2019). *Toxocara* and its species. *CABI Reviews*, 1–27. <https://doi.org/10.1079/pavsnr201914053>
- Maciag, L., Morgan, E. R., & Holland, C. (2022). *Toxocara*: time to let cats 'out of the bag.' *Trends in Parasitology*, 38 (4), 280–289. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.12.006>
- Rostami, A., Riahi, S. M., Hofmann, A., Ma, G., Wang, T., Behniafar, H., Taghipour, A., Fakhri, Y., Spotin, A., Chang, B. C. H., Macpherson, C. N. L., Hotez, P. J., & Gasser, R. B. (2020). Global prevalence of *Toxocara* infection in dogs. *Toxocara and Toxocarosis*, 561–583. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.017>
- Fakhri, Y., Gasser, R. B., Rostami, A., Fan, C. K., Ghasemi, S. M., Javanian, M., Bayani, M., Armoon, B., & Moradi, B. (2018). *Toxocara* eggs in public places worldwide - A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*, 242, 1467–1475. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.087>
- Ma, G., Holland, C. V., Wang, T., Hofmann, A., Fan, C.-K., Maizels, R. M., Hotez, P. J., & Gasser, R. B. (2018). Human toxocarosis. *The Lancet Infectious Diseases*, 18 (1), e14–e24. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(17\)30331-6](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(17)30331-6)
- Rostami, A., Riahi, S. M., Holland, C. V., Taghipour, A., Khalili-Fomeshi, M., Fakhri, Y., Omrani, V. F., Hotez, P. J., & Gasser, R. B. (2019). Seroprevalence estimates for toxocarosis in people worldwide: A systematic review and meta-analysis. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 13 (12), e0007809. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007809>
- Deplazes, P., Hegglin, D., Gloor, S., & Romig, T. (2004). Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *Trends in Parasitology*, 20 (2), 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2003.11.011>

8. Duscher, G. G., Leschnik, M., Fuehrer, H.-P., & Joachim, A. (2015). Wildlife reservoirs for vector-borne canine, feline and zoonotic infections in Austria. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 4 (1), 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2014.12.001>
9. Hassell, J. M., Begon, M., Ward, M. J., & Fèvre, E. M. (2017). Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the wildlife–livestock–human interface. *Trends in Ecology & Evolution*, 32 (1), 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012>
10. Faust, C. L., McCallum, H. I., Bloomfield, L. S. P., Gottdenker, N. L., Gillespie, T. R., Torney, C. J., Dobson, A. P., & Plowright, R. K. (2018). Pathogen spillover during land conversion. *Ecology Letters*, 21 (4), 471–483. <https://doi.org/10.1111/ele.12904>
11. Ponomar, S. I., Soroka, N. M., Lytvynenko, O. P., Antipov, A. A., Honcharenko, V. P., Artemenko, L. P., Nebeshchuk, O. D., Soloviova, L. M., Palamarchuk, O. V., Nebeshchuk, L. V., & Yerokhina, O. M. (2008). *Rekomendatsii shchodo helmintolohichnykh doslidzhen tvaryn*. Bila Tserkva [in Ukrainian]
12. Soroka, N. M., & Halat, V. F. (1997). *Laboratorni metody diahnostryky helmintoznykh khvorob tvaryn*. Kyiv: NAU [in Ukrainian]
13. Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., Dunn, A. M., & Jennings, F. W. (1996). *Veterinary parasitology*. 2 ed. Scotland: Blackwell.
14. Danko, M. M., & Stybel, V. V. (2012). Porivnialna otsinka koproskopichnykh metodiv diahnostryky invazii Isospora suis u porosiat. *Veterynarna Medytsyna*, 96, 279–280. [in Ukrainian]
15. Yevstafieva, V. O. (2007). *Patent № 26038 UA. Sposib koproskopichnoi diahnostryky parazytoziv tvaryn*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/308397/> [in Ukrainian]
16. Dakhno, I. S., & Dakhno, Yu. I. (2010). *Ekolohichna helmintolohiia*. Sumy [in Ukrainian]
17. Zajac, A. M., & Conboy, G. A. (2012). *Veterinary clinical parasitology 8th ed*. UK John Wiley & Sons.
18. Yevstafieva, V. O., Halat, V. F., & Halat, M. V. (2007). Zastosuvannia lichylnoi kamery dlia zazhyttievoi diahnostryky invaziinykh khvorob. *Visnyk Dniprovskoho Derzhavnoho Ahrarno–Ekonomichnoho Universytetu*, 2 (19) 260–265. [in Ukrainian]
19. Yevstafieva, V. O., & Halat, M. V. (2006). *Patent № 200803301 UA. Sposib kilkisnoi helmintokoproskopichnoi diahnostryky*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/316382/> [in Ukrainian]
20. Trach, V. N. (1992). *Recommendations for the use of a new method for recording helminth eggs and protozoan cysts in animal feces*. Kyiv.
21. Mazannyi, O. V., Byrka, V. I., & Prykhodko, Yu. O. (2006). *Patent № 9265 UA. Sposib kilkisnoho vyznachennia yaiets helmintiv*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/286621/> [in Ukrainian]
22. Liashenko, Ye. V., Shendryk, Kh. M., & Soroka, N. M. (2012). *Patent № 201109368 UA. Sposib pidrakhunku yaiets helmintiv u fekaliakh*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/538493/> [in Ukrainian]
23. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow.
24. Petrenko, M. (2023). Effectiveness of the improved method of lifelong diagnostics trichurosis of sheep. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 6 (3), 13–16. <https://doi.org/10.32718/ujvas6-3.03>
25. Dryden, M. W., Payne, P. A., Ridley, R., & Smith, V. (2005). Comparison of common fecal flotation techniques for the recovery of parasite eggs and oocysts. *Veterinary Therapeutics: Research in Applied Veterinary Medicine*, 6 (1), 15–28.

ORCID

H. Pohorelova 

<https://orcid.org/0000-0001-7903-0947>



© 2024 Pohorelova 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.

Efficiency of the method of quantitative coproovoscopic diagnostic of nematodiosis in cattle

V. Ponomarenko✉

Article info

Correspondence Author

V. Ponomarenko

E-mail:

vadponomarenko@aol.comPoltava State Agrarian
University,
Skovorody Str., 1/3,
Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Ponomarenko, V. (2024). Efficiency of the method of quantitative coproovoscopic diagnostic of nematodiosis in cattle. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 166–170. doi: 10.31210/spi2024.27.04.28

Cattle breeding plays a major role in increasing the production of meat and other high-quality food products. However, various parasitic diseases often hinder the increase of livestock and the increase of milk and meat productivity of animals. Strongyloidoses of the gastrointestinal tract, in particular nematodiosis, are the most common infestations among cattle. The aim of the work was to determine the effectiveness of the proposed method of quantitative coproovoscopic diagnosis of nematodiosis in cattle. The proposed useful model refers to the field of veterinary medicine, namely, veterinary parasitology, methods of coproovoscopy, in particular, quantitative methods of detecting eggs of causative agents of nematodiosis of cattle. In laboratory conditions, well-known methods of quantitative coproovoscopy were compared, namely: the method of counting helminth eggs in feces (according to Liashenko et al., 2012), the centrifuge-flotation method (according to Taylor et al., 2015), as well as the proposed method for laboratory diagnosis of nematodiosis cattle. It was determined that when using the proposed method and the centrifuge-flotation method, 100 % of positive samples were detected. At the same time, when using the method of counting helminth eggs in feces, 70 % of positive samples were detected in the diagnosis of nematodiosis in cattle. The proposed method turned out to be the most effective in terms of indicators of the intensity of nematodiosis invasion, where its sensitivity was significantly higher by 1.3 times – compared to the centrifugal-flotation method according to Taylor and by 6.5 times – compared to the method of counting helminth eggs in feces according to Liashenko. In the proposed method of quantitative coproovoscopic diagnosis of nematodiosis of cattle, a combined flotation solution is used, which exhibits coagulation properties relative to undigested fodder residues, which facilitates the microscopy process. The obtained results of experimental studies allow recommending the proposed method of quantitative coproovoscopic diagnosis of cattle nematodiosis for more accurate laboratory diagnosis of this infestation.

Keywords: parasitology, nematodiosis, cattle, quantitative coproovoscopy, sensitivity, efficiency.

Ефективність способу кількісної копроовоскопічної діагностики нематодірозу великої рогатої худоби

В. М. Пономаренко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Скотарству належить основна роль у збільшенні виробництва м'яса та інших високоякісних продуктів харчування. Однак збільшенню поголів'я і підвищенню молочної та м'ясної продуктивності тварин часто перешкоджають різні паразитарні хвороби. До найбільш поширених інвазій серед великої рогатої худоби відносять стронгілідозів шлунково-кишкового тракту, зокрема й нематодіроз. Метою роботи було визначити ефективність запропонованого способу кількісної копроовоскопічної діагностики нематодірозу великої рогатої худоби. Запропонована корисна модель відноситься до галузі ветеринарної медицини, а саме – ветеринарної паразитології, до способів копроовоскопії, зокрема кількісних способів виявлення яєць збудників нематодірозу великої рогатої худоби. У лабораторних умовах порівнювали загальновідомі способи кількісної копроовоскопії, а саме: спосіб підрахунку яєць гельмінтів у фекаліях (за Ляшенко та ін., 2012), центрифужно-флотатійний спосіб (за Taylor et al., 2015), а також запропонований спосіб при лабораторній діагностиці нематодірозу великої рогатої худоби. Визначено, що при застосуванні запропонованого способу та із центрифужно-флотатійного методу виявляли 100 % позитивних проб. Водночас при застосуванні способу підрахунку яєць гельмінтів у фекаліях при діагностиці нематодірозу у великої рогатої худоби виявляли 70 % позитивних проб. Найбільш ефективним відносно показників інтенсивності нематодірозої інвазії виявився запропонований спосіб, де його чутливість була достовірно вищою у 1,3 раза – порівняно із центрифужно-флотатійним способом за Taylor та у 6,5 разів – порівняно із способом підрахунку яєць гельмінтів у фекаліях за Ляшенко. У запропонованому способі кількісної копроовоскопічної діагностики нематодірозу великої рогатої худоби використовується комбінований флотатійний розчин, що проявляє коагуляційні властивості відносно неперетравлених решток корму, що полегшує процес мікроскопії. Отримані результати експериментальних досліджень дозволяють рекомендувати запропонований спосіб кількісної копроовоскопічної діагностики нематодірозу великої рогатої худоби для більш точної лабораторної діагностики даної інвазії.

Ключові слова: паразитологія, нематодіроз, велика рогата худоба, кількісна копроовоскопія, чутливість, ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Пономаренко В. М. Ефективність способу кількісної копроовоскопічної діагностики нематодірозу великої рогатої худоби. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 166–170.

Introduction

Parasitoses of ruminants in Ukraine and other countries of the world have always been and remain a separate, often significant, problem for veterinary medicine specialists. During the stable-pasture period, stable parasitocenoses can form in the body of cattle, the co-members of which are gastrointestinal helminthiasis [1–4].

Gastrointestinal helminth infections are parasitic infestations caused by a group of parasitic helminths that infect the gastrointestinal tract, the eggs of which are released into the environment with animal feces. This group of parasites includes various types of strongylidosis of the digestive organs, which also includes the causative agent of nematodiosis. Moreover, many researchers around the world report a significant prevalence of gastrointestinal helminthiasis among cows [5–9].

In particular, the scientists established that in the conditions of the Atlantic temperate climate, the following species of strongylides of the digestive tract were found in cattle according to the results of postmortem diagnosis: *Ostertagia osteragi*, *O. lyrata*, *Cooperia oncophora*, *C. macmasteri*, *C. punctata*. And according to the results of coproscopic studies and cultivation up to L3 nematodes of the genus *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Bunostomum* and *Oesophagostomum* were found [10].

When determining the species of gastrointestinal nematodes parasitizing cattle in certain areas of the state of Oregon, strongylides of the digestive organs of the genera *Ostertagia*, *Cooperia*, *Nematodirus* and *Trichostrongylus* were identified during the study [11].

Gastrointestinal tracts of 672 crossbred cattle obtained from slaughterhouses were examined in the conditions of livestock farms in Kenya. In 583 (86.8 %) animals, 6 species of strongylides were found: *Haemonchus placei* (67.0 %), *Cooperia pectinata* (53.0 %), *Cooperia punctata* (41.7 %), *Oesophagostomum radiatum* (38.4 %), *Trichostrongylus axei* (24.3 %) and *Nematodirus helvetianus* (19.6 %). The intensity of infection with nematodes was on average 7000 copies/head. Moreover, animals aged from 1.5 to 3 years were the most affected by nematodes [12].

It is known that for a timely diagnosis, it is necessary to use sensitive and effective research methods [13–15]. Therefore, it is urgent to improve new, more effective methods of quantitative coproovoscopy for nematodiosis of cattle, which will allow not only to make a diagnosis, but also to determine the degree of parasitic load on the infected organism.

The aim of the study

The purpose of the research was to determine the effectiveness of the proposed method of quantitative coproovoscopic diagnosis of nematodiosis in cattle.

Materials and methods

The work was carried out during 2024 on the basis of the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University and in the conditions of livestock farms of the Poltava district where cattle are kept.

In order to establish the effectiveness of the proposed method in production conditions, an experimental study was conducted. To do this, in the conditions of livestock farms of the Poltava district, feces were collected from cattle, and they were studied by the flotation method according to Kotelnikov-Khrenov [16].

For the experiment, samples were used in which nematodirous eggs were found. A total of 10 samples of feces were collected from cattle known to be infested with nematodirous eggs. The same sample of feces was thoroughly homogenized in a porcelain mortar and examined: by the method of counting helminth eggs in feces (according to Liashenko et al., 2012) [17], by the centrifugal-flotation method (according to Taylor et al., 2015) [18], as well as the proposed method.

The evaluation criteria were the following indicators: the number of positive samples, the average number of nematodirous eggs in 1 g of feces and their minimum and maximum values, as well as the presence of foreign remains of different sizes under the microscopy of the preparation:

- – a small number of small foreign remains;
- – simultaneous detection of large number of small and insignificant number of large-sized remains.

Statistical processing of the results of experimental studies was carried out by determining the arithmetic mean (M), standard deviation (SD) and probability level (P) using the technique of univariate analysis of variance, using Fisher's test.

Results and discussion

The conducted research established that all tested methods allowed detection of nematodirous eggs (**Fig. 1**). At the same time, their sensitivity was different. Thus, when applying the proposed method and from the centrifuge-flotation method, 100 % of positive samples were detected. At the same time, when using the method of counting helminth eggs in feces, 70 % of positive samples were found in the diagnosis of nematodiosis in cattle (**Fig. 2**).

The proposed method turned out to be the most effective in terms of indicators of the intensity of nematodirous infestation, where when using the method of counting helminth eggs in feces (according to Liashenko et al., 2012), the number of detected eggs was 20.29 ± 14.68 eggs/g (with variations from 2 to 45 eggs/g), when using the centrifugal-flotation method (according to Taylor et al., 2015) the number of detected eggs was 102.60 ± 42.47 eggs/g (ranging from 36 to 144 eggs/g),

when using the proposed method the number of detected eggs was 131.40 ± 49.51 eggs/g (ranging from 72 to 225 eggs/g). When comparing the efficiency of the tested methods, the proposed method showed higher

results compared to the centrifugal-flotation method by 1.3 times (**Fig. 3**) and compared to the method of counting helminth eggs in feces by 6.5 times, $P < 0.001$ (**Fig. 4**).



Fig. 1. Eggs of nematodes of the genus *Nematodirus*, detected during coproscopic examination of cattle:
a – $\times 120$, b – $\times 400$

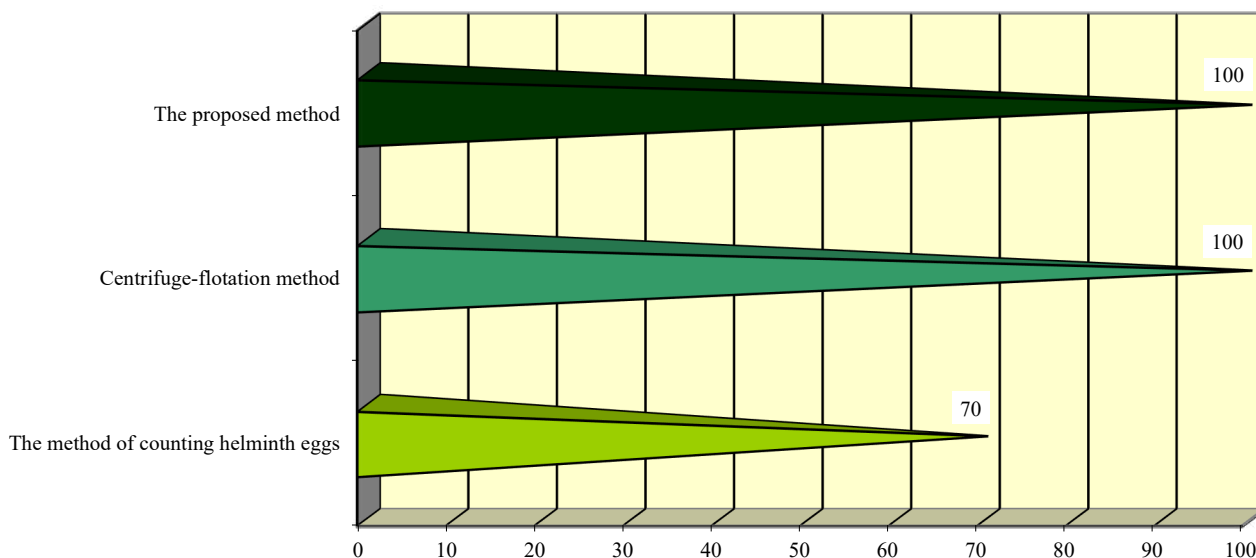


Fig. 2. Sensitivity of methods of quantitative coproscopy for nematodiosis of cattle

It was found that the flotation liquid used in the proposed method showed the highest coagulation properties relative to undigested feed residues. At the same time, a small amount of small remains of undigested feed was attached to the slide. On the other hand, when using Liashenko's method of counting helminth eggs in feces, a large number of small and a small number of large-sized food residues were simultaneously detected, which complicated the microscopy of the test sample.

The scientific literature notes the significant spread of strongyloidoses of the digestive organs, in particular nematodiosis, and the relevance of using sensitive, modern, ergonomic methods of coproscopy for accurate and timely diagnosis of invasion [5–9, 14, 15]. Therefore, we tested and proposed a method of quantitative coproscopy in the diagnosis of nematodiosis in cattle.

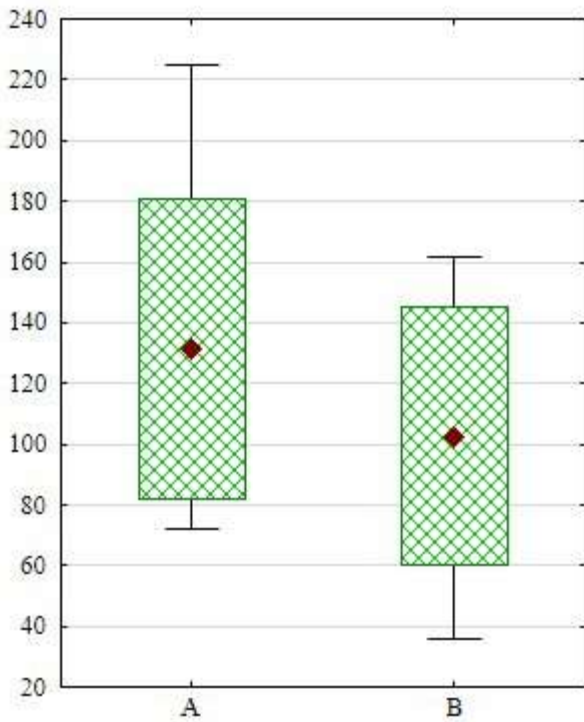


Fig. 3. Comparative efficiency of methods of quantitative coproscopy for nematodiosis of cattle (n=10): A – the proposed method, B – centrifugal-flotation method

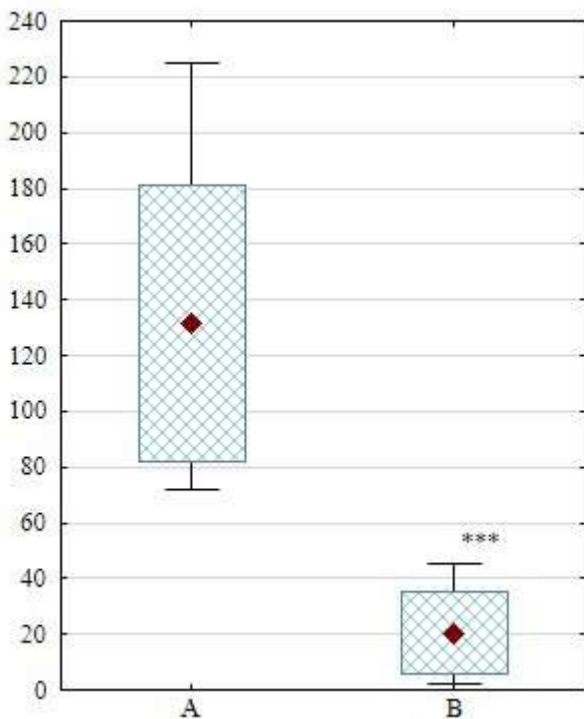


Fig. 4. Comparative efficiency of methods of quantitative coproscopy for nematodiosis of cattle (n=10): A – the proposed method, B – method of counting helminth eggs in feces; P<0.001 – relative to A

The conducted studies determined that 100 % of positive samples were detected when using the proposed method and from the centrifugal-flotation method. At the same time, when using the method of counting helminth eggs in feces, 70 % of positive samples were detected in the diagnosis of nematodiosis in cattle. The proposed method turned out to be the most effective in terms of indicators of the intensity of nematodirous invasion, where its sensitivity was significantly higher by 1.3 times – compared to the centrifugal-flotation method according to Taylor and by 6.5 times (P<0.001) – compared to the method of counting helminth eggs in feces for Liashenko. Also, the positive effect of the proposed method of quantitative coproscopic diagnosis of cattle nematodiosis was manifested in the use of a combined flotation solution, which exhibits coagulation properties relative to undigested fodder residues, which facilitated the microscopy process.

The scientific results of individual scientists indicate the high efficiency of the improved methods of coproscopy compared to the generally known ones. Thus, an improved method of quantitative coproscopic diagnosis of nematodoses of the alimentary canal of ruminants was tested and proposed, which is based on the use of a calcium nitrate solution as a flotation liquid. The scientists proved that the improved method was more effective compared to well-known methods, in particular according to the indicator of the average number of detected nematode eggs in the sample compared to the methods of Liashenko et al. – by 86.9 % (P<0.001), Trach – by 37.9 % (P<0.01), Stoll – by 27.7 % (P<0.05) and Taylor et al – by 5.9 % [19, 20].

The obtained results of experimental studies allow recommending the proposed method of quantitative coproscopic diagnosis of cattle nematodiosis for more accurate laboratory diagnosis of this infestation.

Conclusions

The positive effect of the proposed method of quantitative coproscopic diagnosis of nematodiosis in cattle is characterized by the high sensitivity of the method in terms of the intensity of nematodirous invasion, where the effectiveness of the proposed method was higher compared to the centrifuge-flotation method by 1.3 times and compared to the method of counting helminth eggs in feces by 6.5 times (P<0.001). The flotation liquid used in the proposed method showed the highest coagulation properties relative to undigested feed residues, which facilitates microscopy.

Conflict of interest

The author state that there is no conflict of interest.

References

1. Yevstafieva, V., Budnyk, D., Melnychuk, V., Kyrychko, B., & Derkach, I. (2024). Therapeutic effectiveness of treatment measures for nematodes of the digestive tract of cattle. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 133–138. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.22>
2. Yevstafieva, V., Melnychuk, V., Budnyk, D., Prykhodko, Yu., & Kyrychko, B. (2023). Effectiveness of flotation methods for coproscopic diagnosis of nematodes of the gastrointestinal tract of cattle. *Bulletin "Veterinary Biotechnology"*, 43, 24–34. https://doi.org/10.31073/vet_biotech43-03
3. Boyko, A. A. (2015). Helminthofauna of sheep and goats in Dnipropetrovsk region. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Medicine*, 6 (2), 87–92. <https://doi.org/10.15421/021516>
4. Dahno, I. S., & Klymenko, O. S. (2006). Parazytozy velykoi rogoi' hudoby. *Naukovyy Visnyk Nacional'nogo Agrarnogo Universytetu*, 98, 49–52 [in Ukrainian]
5. Asif Raza, M., Iqbal, Z., Jabbar, A., & Yaseen, M. (2007). Point prevalence of gastrointestinal helminthiasis in ruminants in southern Punjab, Pakistan. *Journal of Helminthology*, 81 (3), 323–328. <https://doi.org/10.1017/s0022149x07818554>
6. Silva, J. B. da, Rangel, C. P., Fonseca, A. H. da, & Soares, J. P. G. (2012). Gastrointestinal helminths in calves and cows in an organic milk production system. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 21 (2), 87–91. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612012000200003>
7. Huang, C.-C., Wang, L.-C., Pan, C.-H., Yang, C.-H., & Lai, C.-H. (2014). Investigation of gastrointestinal parasites of dairy cattle around Taiwan. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 47 (1), 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2012.10.004>
8. Elliott, T. P., Kelley, J. M., Rawlin, G., & Spithill, T. W. (2015). High prevalence of fasciolosis and evaluation of drug efficacy against *Fasciola hepatica* in dairy cattle in the Maffra and Bairnsdale districts of Gippsland, Victoria, Australia. *Veterinary Parasitology*, 209 (1–2), 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.02.014>
9. Gunathilaka, N., Niroshana, D., Amarasinghe, D., & Udayanga, L. (2018). Prevalence of gastrointestinal parasitic infections and assessment of deworming program among cattle and buffaloes in Gampaha district, Sri Lanka. *BioMed Research International*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/3048373>
10. Nogareda, C., Mezo, M., Uriarte, J., Lloveras, J., & Cordero del Campillo, M. (2006). Dynamics of infestation of cattle and pasture by gastrointestinal nematodes in an atlantic temperate environment. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 53 (9), 439–444. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.2006.00979.x>
11. Rickard, L. G., & Zimmerman, G. L. (1992). The epizootiology of gastrointestinal nematodes of cattle in selected areas of Oregon. *Veterinary Parasitology*, 43 (3–4), 271–291. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(92\)90169-a](https://doi.org/10.1016/0304-4017(92)90169-a)
12. Waruiru, R. M., Nansen, P., Kyvsgaard, N. C., Thamsborg, S. M., Munyua, W. K., Gathuma, J. M., & Bøgh, H. O. (1998). An abattoir survey of gastrointestinal nematode infections in cattle in the central highlands of Kenya. *Veterinary Research Communications*, 22 (5), 325–334. <https://doi.org/10.1023/a:1006164805185>
13. Barda, B. D., Rinaldi, L., Ianniello, D., Zepherine, H., Salvo, F., Sadutshang, T., Cringoli, G., Clementi, M., & Albonico, M. (2013). Mini-FLOTAC, an Innovative direct diagnostic technique for intestinal parasitic infections: Experience from the field. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7 (8), e2344. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002344>
14. Danko, M. M., & Stybel, V. V. (2012). Porivnialna otsinka koproskopichnykh metodiv diahnostryky invazii *Isospora suis* u porosiat. *Veterynarna Medytsyna*, 96, 279–280. [in Ukrainian]
15. Yevstafieva, V. O. (2007). Porivnialna efektyvnist koproskopichnykh metodiv diahnostryky parazytoziv tvaryn. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 110–111. [in Ukrainian]
16. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow.
17. Liashenko, Ye. V., Shendryk, Kh. M., & Soroka, N. M. (2012). Patent № 69062 UA. *Sposib pidrakhunku yaiets helmintiv u fekaliakh*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/538493/> [in Ukrainian]
18. Laboratory Diagnosis of Parasitism. (2015). *Veterinary Parasitology*, 259–312. <https://doi.org/10.1002/9781119073680.ch4>
19. Melnychuk, V. V., & Yuskiv, I. D. (2019). Comparative effectiveness of coproscopic diagnostics methods of sheep digestive tract nematodes. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 197–203. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.26>
20. Melnychuk, V. V., & Yuskiv, I. D. (2012). Patent № 141207 UA. *Sposib kilkisnoi koproovoskopichnoi diahnostryky nematodoziv travnoho kanalu zhuinykh tvaryn*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1421364/> [in Ukrainian]

ORCID

V. Ponomarenko 

<https://orcid.org/0009-0006-4624-2314>



© 2024 Ponomarenko 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.

Evaluation of the effectiveness of antigen testing in the diagnosis of canine dirofilariasis

V. Levytska  | V. Poliukhovych

Article info

Correspondence Author

V. Levytska

E-mail:

levytska28@gmail.com

Higher Education Institution
Podillia State University,
Shevchenko Str., 12,
Kamianets-Podilskyi, 32316,
Ukraine

Citation: Levytska, V., & Poliukhovych, V. (2024). Evaluation of the effectiveness of antigen testing in the diagnosis of canine dirofilariasis. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 171–175. doi: 10.31210/spi2024.27.04.29

Dirofilariasis is a dangerous parasitic disease, the spread of which among dogs worldwide and in Ukraine is increasing, necessitating effective diagnostic methods for timely detection and treatment. Accurate diagnosis is critical to preventing severe complications, particularly cardiovascular pathologies caused by *Dirofilaria immitis*. In our study, we used a method involving preheating of blood samples prior to antigen testing with immunochromatographic tests, which significantly enhanced detection sensitivity. The aim of the study was to assess the effectiveness of the proposed approach in combination with well-known methods for immunochromatographic detection of antigens from nematodes *D. immitis* extracted from dogs. The research was conducted between 2022 and 2023, analyzing 192 serum samples from dogs aged 1 to 14 years. To detect *D. immitis* antigens, the commercial Heartworm Ag (Vet Expert) test system was used. Before testing, samples underwent thermal treatment: they were heated to 100°C for 5 minutes in a thermal block, causing protein coagulation. After centrifugation, the supernatant was tested according to the manufacturer's instructions. This technique increased the likelihood of detecting antigens even at low concentrations of parasitic proteins. Additionally, a modified Knott's method was employed to identify microfilariae in the blood, including staining with methylene blue, and the species composition was confirmed using PCR. Morphometric characteristics of filariae were assessed using microscopy. When testing blood serum, 14 (7.3 %) samples tested positive for *D. Immitis* antigen using the standard method, while this rate increased to 49 (25.5 %) after preheating. The Knott's method identified microfilariae in 23 (21.7 %) animals: 7 cases were *D. immitis*, 11 were *D. repens*, and 5 dogs exhibited coinfection with both species. The number of microfilariae in the blood varied depending on the species: 120–2400 microfilariae/mL for *D. Immitis* and 10–870 microfilariae/mL for *D. repens*. The average length and width of *D. Immitis* microfilariae were 310.2±6.9 µm and 5.10±1.68 µm, respectively, while for *D. repens*, these measures were 360.12±2.82 µm and 7.85±1.23 µm. The obtained results highlight the necessity of preheating of serum samples to enhance the sensitivity of antigen testing for *D. immitis*. This approach also facilitates the identification of coinfections with *D. repens*. The proposed method is an important complement to standard diagnostic procedures and can minimize the occurrence of false-negative results.

Keywords: dirofilariasis, antigen, immunochromatographic tests, diagnosis, dogs, vector-borne diseases

Оцінка ефективності досліджень на антиген у діагностиці дирофіляріозу собак

В. А. Левицька | В. І. Полухович

Заклад вищої освіти
«Подільський державний
університет»,
м. Кам'янець-Подільський,
Україна

Дирофіляріоз є небезпечним паразитарним захворюванням, поширення якого серед собак у світі та в Україні зростає, що вимагає ефективних методів діагностики для своєчасного виявлення та лікування. Правильна діагностика має вирішальне значення для запобігання важким ускладненням, зокрема серцево-судинним патологіям, спричиненим *Dirofilaria immitis*. У нашій роботі було використано метод термічної обробки зразків крові перед дослідженням на антиген з допомогою імунохроматографічних тестів, що дозволило суттєво підвищити чутливість виявлення. Метою роботи було оцінити ефективність запропонованого підходу в поєднанні із загальновідомими методиками для імунохроматографічного дослідження антигенів нематод *D. immitis* і *D. repens*, виділених із організму собак. Дослідження виконували у 2022–2023 роках, було проаналізовано 192 зразки сироватки крові собак віком від 1 до 14 років. Для виявлення антигену *D. Immitis* використовували комерційну тест-систему Heartworm Ag (Vet Expert). Перед тестуванням зразки піддавали термічній обробці: їх нагрівали до 100°C протягом 5 хвилин у термоблоці, що викликало коагуляцію білків. Після центрифугування надосадкову рідину тестували згідно з інструкціями виробника. Ця методика підвищувала ймовірність виявлення антигенів, навіть за низької концентрації паразитарних білків. Додатково використовували модифікований метод Кнотта для ідентифікації мікрофілярій у крові, включаючи фарбування метиленовим синім, та підтверджували видовий склад за допомогою ПЛР. Морфометричні характеристики філярій оцінювали за допомогою мікроскопії. При тестуванні сироватки крові 14 (7,3 %) зразків показали позитивний результат на антиген *D. immitis* за стандартною методикою, тоді як після термообробки цей показник зріс до 49 (25,5 %). Метод Кнотта виявив мікрофілярій у 23 (21,7 %) тварин: у 7 випадках це були *D. immitis*, у 11 – *D. repens*, а 5 собак мали коінвазію обох видів. Кількість мікрофілярій у крові варіювала залежно від виду: 120–2400 ос./мл для *D. immitis* і 10–870 ос./мл для *D. repens*. Середня довжина та ширина мікрофілярій *D. Immitis* становила 310,2±6,9 мкм і 5,10±1,68 мкм, тоді як для *D. repens* ці показники склали 360,12±2,82 мкм і 7,85±1,23 мкм відповідно. Отримані результати свідчать про необхідність термічної обробки зразків сироватки крові для підвищення чутливості тестування на антиген *D. immitis*. Такий підхід також дозволяє ідентифікувати коінвазію із *D. repens*. Запропонований метод є важливим доповненням до стандартних діагностичних процедур і може мінімізувати кількість хибнонегативних результатів.

Ключові слова. Дирофіляріоз, антиген, імунохроматографічні тести, діагностика, собаки, трансмісивні захворювання.

Бібліографічний опис для цитування: Левицька В. А., Полухович В. І. Оцінка ефективності досліджень на антиген у діагностиці дирофіляріозу собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 171–175.

Вступ

Дирофіляріоз – це паразитарне захворювання, спричинене різними видами *Dirofilaria*, яке набуває все більшого поширення серед собак у Європі та Україні. Хвороба передається через укуси комарів і вражає як тварин, так і людину. Останні дослідження підкреслюють зростаючу захворюваність на дирофіляріоз у різних країнах та регіонах. Так, у північно-східній Європі, особливо в країнах Балтії, поширеність *Dirofilaria repens* склала 13,9 % серед собак, при цьому у Литві було задокументовано найвищий відсоток – 38 % [1]. У Словаччині дослідження повідомляють про високу поширеність *Dirofilaria immitis* серед племінних господарств – уражено 64 % собак, що свідчить про потенційне недооцінювання захворювання в центральній Європі [2].

В Україні у Харківській області дослідження виявило поширеність дирофіляріозу серед собак у 21,4 %, з вищим рівнем зараження у безпородних собак (42,3 %) порівняно з породистими (15,1 %), а у Полтаві – 29,7 % [3, 4]. За іншими даними, поширеність *D. repens* в західному регіоні склала 2,4 % серед домашніх собак, що свідчить про регіональні відмінності в поширеності інвазії [5]. Випадки захворювання людей в Україні, спричинені *D. repens*, також широко задокументовані [6]. Зростаюча поширеність дирофіляріозу в Європі та Україні підкреслює необхідність посиленого нагляду та заходів контролю. Крім того, наявність дирофілярії як у собак, так і у людей підкреслює зоонозний потенціал захворювання, що вимагає підходу One Health для вирішення цієї проблеми громадського здоров'я.

Імунохроматографічні дослідження є важливим інструментом для швидкої діагностики дирофіляріозу собак, зумовленого інвазією *D. immitis*. Ці методи базуються на виявленні антигенів або антитіл до паразитів у зразках крові тварин за допомогою специфічних моноклональних антитіл, іммобілізованих на мембрані тест-системи. Метод є зручним, швидким і практичним у використанні, дозволяючи отримати результати вже через 5–15 хвилин без потреби в складному обладнанні чи спеціальних умовах, що робить його незамінним у клінічній ветеринарній практиці та польових умовах [7, 8]. Дослідження показали, що імунохроматографічні тести (ІХТ), такі як Speed Diro™, мають чутливість та специфічність до 100 % у собак з більш ніж однією дорослою самкою паразита [7].

Однак, незважаючи на високу специфічність, особливо до антигенів *D. immitis*, ІХТ мають певні обмеження. Вони не здатні виявляти ранні стадії інвазії, оскільки антигени паразита визначаються лише після досягнення зрілості дорослими самками паразита, що відбувається через 6–7 місяців після зараження. Крім того, можливі хибнонегативні результати за умов низького рівня антигенів, наявності тільки самців дирофілярій або утворення імунних комплексів антиген-антитіло, що блокують реакцію [9, 10]. Також дослідження на *D. repens* є обмеженими, оскільки більшість ІХТ розроблені для діагностики *D. immitis* [10].

Попри ці недоліки, ІХТ залишаються ефективним первинним методом скринінгу дирофіляріозу, особливо в ендемічних регіонах. Для підтвердження результатів доцільно використовувати додаткові методи, такі як мікроскопія – виявлення мікрофілярій у мазках крові за допомогою методу Кнотта та фарбування кислото фосфатазою або молекулярну діагностику (PCR), що дозволяє уточнити видову приналежність паразитів [11, 12]. Біохімічний аналіз крові може виявити зміни, що вказують на інвазію, такі як підвищення рівня загального білка, глюкози, альбуміну, білірубину, креатиніну, сечовини та калію [3]. Для точного виявлення та видової диференціації інвазій *Dirofilaria* sp. у собак рекомендується комплексний діагностичний підхід, що поєднує декілька методів [13].

Комбінація різних діагностичних підходів є важливою для точного виявлення інвазії, оцінки її інтенсивності та вибору ефективних терапевтичних стратегій. Імунохроматографічні методи діагностики дирофіляріозу собак мають ряд переваг, включаючи швидкі результати та простоту використання [14]. Таким чином, застосування імунохроматографічних тестів у поєднанні з іншими методами діагностики сприяє більш повному розумінню епізоотологічної ситуації щодо дирофіляріозу собак, полегшує раннє виявлення та своєчасне лікування цього небезпечного для здоров'я тварин та людей захворювання.

Мета дослідження

Метою роботи було оцінити ефективність запропонованого методу та загальновідомих підходів до імунохроматографічних досліджень на антигени нематод *D. immitis* і *D. repens*, виділених із організму собак.

Матеріали і методи

Дослідження виконували протягом 2022–2023 років у лабораторії кафедри інфекційних та інвазійних хвороб факультету ветеринарної медицини Закладу вищої освіти Подільський державний університет. Всього було досліджено 192 зразки сироватки від собак (віком від 1 до 14 років; 88 самців і 104 самки) відібраних у клініці «Фауна-Сервіс» (м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область) та «Ветхаус» (м. Вінниця). Зразки крові від собак відбирали з периферійних вен, таких як яремна або стегнова вена. Місце введення голки очищували та обробляли спиртом для зниження ризику контамінації. Для забору крові використовували стерильні шприци та голки або вакуумні системи (Vacutainer). Для отримання сироватки зразки збирали у пробірки без антикоагулянта, що дозволяло крові згоргатися, після чого сироватку відділяли центрифугуванням. Зразки сироватки зберігали при – 20°C до подальшого дослідження.

Дослідження на антиген проводили за допомогою комерційно доступної тест-системи Heartworm Ag (Vet Expert) згідно з інструкціями виробника. Крім того, додатково усі зразки досліджували за вдосконаленою методикою – перед тестуванням

проводили теплову обробку зразків сироватки крові згідно з описаною методикою [15]. Приблизно 1–1,5 мл сироватки поміщали в епендорф і нагрівали до 100°C протягом 5 хвилин у термоблоці. Нагрівання викликало утворення коагуляту, який потім центрифугували при 16000 × g протягом 5 хвилин. Після центрифугування надосаову рідину знову досліджували за допомогою того ж самого комерційного тесту Heartworm Ag (Vet Expert) відповідно до інструкцій виробника.

Дослідження крові також проводили за модифікованим методом Кнотта, за загальновідомою методикою [16]. Додатково відібрали зразки крові у пробірки з антикоагулянтом EDTA для гематологічного аналізу. До 1 мл цільної крові додавали 9 мл 2 % формаліну та перемішували, що призводило до лізису клітин. Потім зразок центрифугували при 1200 × g, і осад фарбували 1 % метиленовим синім. Виявлені мікрофілярії були ідентифіковані на основі морфологічних та морфометричних ознак та підраховано в 20 мкл крові (ос./мл крові). Видова ідентифікація мікрофілярій була підтверджена за допомогою ПЛР. Морфометричні дослідження проводили за допомогою світлової мікроскопії (мікроскоп Leica DM-2500, фотокамера Leica DFC 450c).

Результати та їх обговорення

У дослідженні взяли участь 192 собаки різних вікових груп (від 1 до 14 років), різної статі та порід, включаючи як породистих тварин, так і безпородних з Хмельницької та Вінницької областей. Серед досліджених тварин було 88 самців (45,8 %) і 104 самки (54,2 %). Усі тварини були клінічно обстежені перед забором крові для лабораторних досліджень.

Клінічні ознаки дирофіляріозу у заражених собак різнилися, залежно від виду збудника і ступеня

ураження. Серед поширених симптомів у собак з виявленими мікрофіляріями *D. immitis* відзначали: кашель, задишку, слабкість, швидку втомлюваність після фізичних навантажень, а також ознаки серцевої недостатності, такі як асцит та збільшення печінки. У деяких тварин спостерігали також тахікардію та порушення серцевого ритму.

У собак, інвазованих *D. repens*, клінічні прояви включали шкірні ураження, такі як вузлики під шкірою, свербіж, еритемау та випадіння шерсті в уражених ділянках. Часто тварини демонстрували підвищену нервозність через постійний свербіж. Також спостерігали збільшення лімфатичних вузлів та прояви загальної інтоксикації організму.

Цікаво, що деякі з тварин, які мали коінвазію обох видів філярій (*D. immitis* і *D. repens*), демонстрували змішані клінічні ознаки, які включали як кардіореспіраторні симптоми, так і шкірні ураження. У цих собак захворювання часто протікало у важчій формі з ознаками як серцево-судинної недостатності, так і вираженими шкірними проблемами.

У результаті дослідження сироватки крові від 192 собак на наявність антигену *D. immitis* було виявлено 14 (7,3 %) позитивних зразків за стандартною методикою і 49 (25,5 %) позитивних зразків після термічної обробки. Дослідження крові за допомогою методу Кнотта виявило, що 23 (21,7 %) тварини мали мікрофілярії. Зокрема, 7 собак були позитивними на *D. immitis*, 11 на *D. repens*, і 5 собак були коінвазовані обома видами філярій, що було підтверджено ПЛР (табл. 1).

Кількість мікрофілярій у крові варіювала від 120 до 2400 ос./мл для *D. immitis* та від 10 до 870 мікрофілярій/мл для *D. repens*. Середня довжина та ширина мікрофілярій *D. immitis* складала 310,2±6,9 мкм і 5,10±1,68 мкм відповідно, а для *D. repens* ці показники становили 360,12±2,82 мкм і 7,85±1,23 мкм.

Таблиця 1

Результати досліджень сироватки крові собак на наявність *D. Immitis* і *D. repens* різними методами

| Метод дослідження | Специфіка дослідження і результат | Кількість позитивних зразків | Відсоток позитивних зразків (%) |
|-------------------|--|------------------------------|---------------------------------|
| Експрес-тест | Виявлено антиген <i>D. immitis</i> (стандартний метод) | 14 | 7,3 |
| Heartworm Ag | Виявлено антиген <i>D. immitis</i> (після термічної обробки) | 49 | 25,5 |
| Метод Кнотта | Виявлено мікрофілярії | 23 | 21,7 |
| | Мікрофілярії <i>D. immitis</i> | 7 | 4,7 |
| | Мікрофілярії <i>D. repens</i> | 11 | 7,3 |
| | Коінвазія <i>D. immitis</i> та <i>D. repens</i> | 5 | 2,6 |

З семи собак, у яких було виявлено мікрофілярії *D. immitis*, три мали позитивний результат на антиген як до, так і після термічної обробки зразків. Ще три собаки, які спочатку були антиген-негативними, стали позитивними після термічної обробки. Серед п'яти коінвазованих тварин три були антиген-позитивними до та після обробки, а дві – стали позитивними лише після термообробки.

Ці дані підтверджують можливість помилково негативних результатів на антиген при первинному тестуванні собак, спонтанно інвазованих *D. immitis*. Отримані результати підкреслюють важливість використання термічної обробки зразків для

підвищення чутливості дослідження на *D. immitis* і виявлення можливих коінвазій із *D. repens*.

Наші результати підтверджують попередні висновки, що свідчать про можливість отримання хибнонегативних результатів при тестуванні на антигени у собак, інвазованих *D. immitis*. Такі тварини після термічної обробки зразків виявлялися позитивними, що узгоджується з даними інших досліджень [17–19]. Крім того, наші висновки підтверджуються виявленням мікрофілярій у собак з подальшою ідентифікацією виду методом ПЛР. Наприклад, у роботі Ionica та співавт. (2015) було виявлено, що 9 (24,3 %) зразків, які спершу давали

негативний результат на антиген, згодом підтвердили наявність *D. immitis* за допомогою ПЛР [20]. Такі результати, ймовірно, пояснюються низькою кількістю дорослих гельмінтів у організмі тварини або ж затримкою у виробленні антигену. Ці висновки є надзвичайно важливими, оскільки значна частина епідеміологічних досліджень базується на антигенних тестах, які можуть недооцінювати справжню поширеність інвазії.

Слід зазначити, що дослідження на дирофіляріоз за допомогою ПЛР продемонструвало обмеження традиційних антигенних тестів у виявленні всіх інвазованих собак. У рамках нашого дослідження загальна поширеність інвазії *D. immitis* склала 25,5 % після термічної обробки зразків, тоді як без обробки цей показник становив лише 7,3 %. Це підкреслює необхідність удосконалення діагностичних методів та впровадження більш чутливих підходів, що дозволить покращити діагностику, лікування і контроль поширення цього захворювання.

Цікава тенденція, підтверджена останніми дослідженнями, стосується собак із коінвазією *D. immitis* і *D. repens*. Було встановлено, що у тварин, які отримують регулярні ін'єкції макроциклічних лактонів і доксицикліну, можуть спостерігатися хибнонегативні результати при тестуванні на антигени дирофіляріозу. Це свідчить про те, що стандартні тест-системи на антиген мають обмеження щодо діагностики собак, які проходять терапію для поступового знищення паразитів [19]. Важливо враховувати терапевтичні підходи під час проведення діагностики, оскільки нагрівання зразків може руйнувати комплекс антиген-антитіло, що впливає на результати тестування. Таким чином, результати нашого дослідження підкреслюють важливість комплексного підходу до діагностики та лікування дирофіляріозу, що є ключовим для забезпечення здоров'я собак та ефективного контролю захворювання.

Особливий інтерес становлять дані про можливу перехресну реактивність антигенних тестів на *D. immitis* у випадках одночасної інвазії *D. repens*. Так, у одному дослідженні було встановлено, що дев'ять зразків, які показували позитивний результат на антиген *D. immitis*, також виявилися позитивними на *D. repens* при дослідженні методом ПЛР [20]. Це може свідчити як про супутню інвазію з латентною формою *D. immitis*, так і про можливий вплив мікрофілярій *D. repens* на пригнічення *D. immitis*. У нашому дослідженні більшість собак, у яких за методом Кнотта було підтверджено інвазію *D. repens*, демонстрували позитивний результат як до, так і після термічної обробки зразків. Ці дані важко пояснити однозначно, що свідчить про потребу у додаткових дослідженнях. Одна з можливих причин полягає у тому, що використана тест-система на антиген має поліклональне покриття антитіл, що може впливати на специфічність тесту. Крім того, спорідненість антигенів різних видів філярій може сприяти розпізнаванню антигенів *D. repens* тестами, розробленими для *D. immitis*.

У роботі Панчева та ін. (2009) було зазначено, що перехресна реакція між *D. repens* і *D. immitis* була виключена, що підтверджує специфічність цих видів

у діагностичному аспекті [21]. Це підкреслює важливість точної ідентифікації паразитів у клінічній практиці. Крім того, у літературі описано потенційну перехресну реакцію тестів із такими паразитами, як *Angiostrongylus vasorum* та *Spirocerca lupi*, що вказує на необхідність подальших досліджень специфічності тестів [22, 23]. Попередні дослідження антигенних тестів продемонстрували, що сироватка від собак, інвазованих іншими гельмінтами, зазвичай не викликала перехресних реакцій з антигеном *D. immitis*, за винятком випадків, пов'язаних із *Dipetalonema reconditum* [24]. Водночас Brunner et al. (1988) не виявили перехресних реакцій між кишковими паразитами та *D. reconditum*, що свідчить про унікальність антигенних профілів різних видів паразитів [25]. У рамках проведеного нами дослідження собаки були ретельно обстежені на присутність в організмі інших паразитів. Копрологічне дослідження виявило присутність кількох видів кишкових паразитів, таких як *Toxocara canis*, *Uncinaria stenocephala*, *Trichuris vulpis* та *Ancylostoma caninum*. Згідно з опублікованою літературою, перехресні реакції відсутні між цими кишковими паразитами та *D. immitis*.

Ще одним важливим аспектом є те, що *D. repens* може викликати утворення імунних комплексів, подібно до *D. immitis*. При термічній обробці такі комплекси можуть руйнуватися, звільняючи антигени, які взаємодіють із тестовими системами, що використовувалися. Також можливими є коінвазії *D. immitis* та *D. repens*, що потребує подальшого вивчення взаємодії між цими паразитами та їх впливу на організм собак.

Особливу увагу слід звернути на дослідження рівня сироваткового білка та співвідношення альбумінів і глобулінів у собак із сероконверсією після термічної обробки. Це допоможе визначити, чи утворення імунних комплексів пов'язане з гіперглобулінемією. Згідно з дослідженням Little та ін. (2014), у собак із гіпергаммаглобулінемією, інвазованих іншими паразитами, сироватка здатна блокувати виявлення антигену *D. immitis* за допомогою тестів [17]. Нагрівання сироватки усуває це блокування, що дозволяє виявляти антигени. Таким чином, собаки, які стають позитивними на антиген *D. immitis* після термічної обробки, можуть бути носіями коінвазій з іншими паразитами. Якщо супутні інвазії, викликані збудниками, які спричиняють гіпергаммаглобулінемію (наприклад, *Leishmania infantum*, *Ehrlichia canis*, *Babesia* sp.), впливають на результати тестів, це може суттєво змінити уявлення про поширеність *D. immitis* у регіонах, де ці збудники поширені. Це підкреслює необхідність глибшого аналізу та адаптації діагностичних підходів для отримання точних даних.

Висновки

Результати досліджень демонструють, що традиційні антигенні імунохроматографічні тести мають деякі особливості у виявленні інвазій *D. immitis* та *D. repens*, особливо у випадках супутніх інвазій або гіпергаммаглобулінемії. Термічна обробка

зразків покращує чутливість тестів, розкриваючи приховану наявність антигенів, що може бути зумовлено руйнуванням імунних комплексів. Перехресна реактивність між видами філярій та іншими паразитами підкреслює необхідність розробки більш специфічних і чутливих діагностичних методів. Це дозволить підвищити точність діагностики, зменшити кількість хибнонегативних результатів та сприятиме ефективнішому контролю дирофіляриозу у собак.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Alsarraf, M., Levytska, V., Mierzejewska, E. J., Poliukhovych, V., Rodo, A., Alsarraf, M., Kavalevich, D., Dwuznik-Szarek, D., Behnke, J. M., & Bajer, A. (2021). Emerging risk of *Dirofilaria* spp. infection in Northeastern Europe: high prevalence of *Dirofilaria repens* in sled dog kennels from the Baltic countries. *Scientific reports*, 11 (1), 1068. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80208-1>
2. Miterpáková, M., Antolová, D., Rampalová, J., Undesser, M., Krajčovič, T., & Vichová, B. (2022). *Dirofilaria immitis* pulmonary dirofilariasis, Slovakia. *Emerging Infectious Diseases*, 28 (2), 482–485. <https://doi.org/10.3201/eid2802.211963>
3. Kryvoruchenko, D. (2022). Biochemical indicators of serum of dogs with dirofilariasis. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 164–170. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.21>
4. Kruchynenko, O. (2022). Distribution and diagnostics of dog dirofilariasis in the city of Poltava. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 130–136. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.17>
5. Mushynskiy, A., Karchevska, T., Kernychnyi, S., Savchuk, L., & Betlinska, T. (2024). Parasitic diseases of dogs in the urban population. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (3), 100–104. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.16>
6. Salamatin, R., Pavlikovska, T., Sagach, O., Nikolayenko, S., Komyushin, V., Kharchenko, V., Masny, A., Cielecka, D., Konieczna-Salamatin, J., Conn, D., & Golab, E. (2013). Human dirofilariasis due to *Dirofilaria repens* in Ukraine, an emergent zoonosis: epidemiological report of 1465 cases. *Acta Parasitologica*, 58 (4). <https://doi.org/10.2478/s11686-013-0187-x>
7. Genchi, M., Mangia, C., Ferrari, N., & Loukeri, S. (2017). Evaluation of a rapid immunochromatographic test for the detection of low burden *Dirofilaria immitis* (heartworm) in dogs and cats. *Parasitology Research*, 117 (1), 31–34. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5709-2>
8. Orozco, P. S. C., Arango, M., & Cardona, W. (2016). Detección de antígenos de *Dirofilaria immitis* en caninos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19 (3), 11. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324081>
9. Erawan, I. G. M. K., Tjahajati, I., Nurcahyo, W., & Asmara, W. (2016). Excretory-secretory antigens of male and female heart worms (*Dirofilaria immitis*) which potentially as a diagnostic marker. *Jurnal Veteriner*, 16 (4), 463–467.
10. Naghipoor, M., Javadi, S., Tavassoli, M., & Shamsi, S. (2018). Serological study of *Dirofilaria immitis* in urban dogs of Urmia using modified Knott and rapid antigen tests. *Journal of Zoonotic Diseases*, 3 (1), 42–47.
11. Kyslytsia, V., Kladnytska, L., Soroka, N., Velychko, S., Dontsova, O., & Velychko, V. (2020). Diagnostic methods of heartworm disease in dogs and their comparative characteristics. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 3 (50), 44–53. <https://doi.org/10.32845/bsnu.vet.2020.3.7>
12. Yevstafieva, V., Melnychuk, V., Prykhodko, Yu., & Kryvoruchenko, D. (2023). Comparative efficiency of identification methods of *Dirofilaria immitis* nematodes. *Bulletin "Veterinary Biotechnology"*, 42, 15–22. https://doi.org/10.31073/vet_biotech42-02
13. Bamorovat, M., Sharifi, I., Fasihi Harandi, M., Nasibi, S., Sadeghi, B., Khedri, J., & Mohammadi, M. A. (2017). Parasitological, serological and molecular study of *Dirofilaria immitis* in domestic dogs, Southeastern Iran. *Iranian Journal of Parasitology*, 12 (2), 260–266.
14. Khanmohammadi, M., Falak, R., Meamar, A. R., Razmjou, E., Mokhtarian, K., Arshadi, M., Shayanfar, N., & Akhlaghi, L. (2018). Application of *Dirofilaria immitis* immunoreactive proteins in serodiagnosis. *Parasite Immunology*, 41 (1). <https://doi.org/10.1111/pim.12598>
15. Beall, M. J., Arguello-Marin, A., Drexel, J., Liu, J., Chandrashekar, R., & Alleman, A. R. (2017). Validation of immune complex dissociation methods for use with heartworm antigen tests. *Parasites & Vectors*, 10 (S2). <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2442-8>
16. Watson, A., Testoni, F., & Porges, W. (1973). A comparison of microfilariae isolated from canine blood by the modified Knott test and a filter method. *Australian Veterinary Journal*, 49 (1), 28–30. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1973.tb14673.x>
17. Little, S. E., Munzing, C., Heise, S. R., Allen, K. E., Starkey, L. A., Johnson, E. M., Meinkoth, J., & Reichard, M. V. (2014). Pre-treatment with heat facilitates detection of antigen of *Dirofilaria immitis* in canine samples. *Veterinary Parasitology*, 203 (1–2), 250–252. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.01.007>
18. Velasquez, L., Blagburn, B. L., Duncan-Decoq, R., Johnson, E. M., Allen, K. E., Meinkoth, J., Gruntmeir, J., & Little, S. E. (2014). Increased prevalence of *Dirofilaria immitis* antigen in canine samples after heat treatment. *Veterinary Parasitology*, 206 (1–2), 67–70. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.03.021>
19. Drake, J., Gruntmeir, J., Merritt, H., Allen, L., & Little, S. E. (2015). False negative antigen tests in dogs infected with heartworm and placed on macrocyclic lactone preventives. *Parasites & Vectors*, 8 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0698-4>
20. Ionică, A. M., Matei, I. A., Mircean, V., Dumitrache, M. O., D'Amico, G., Györke, A., Pantchev, N., Annoscia, G., Albrechtová, K., Otranto, D., Modrý, D., & Mihalca, A. D. (2014). Current surveys on the prevalence and distribution of *Dirofilaria* spp. and *Acanthocheilonema reconditum* infections in dogs in Romania. *Parasitology Research*, 114 (3), 975–982. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4263-4>
21. Pantchev, N., Schaper, R., Limousin, S., Norden, N., Weise, M., & Lorentzen, L. (2009). Occurrence of *Dirofilaria immitis* and tick-borne infections caused by *Anaplasma phagocytophilum*, *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Ehrlichia canis* in domestic dogs in France: results of a countrywide serologic survey. *Parasitology Research*, 105 (S1), 101–114. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1501-2>
22. Schnyder, M., & Deplazes, P. (2012). Cross-reactions of sera from dogs infected with *Angiostrongylus vasorum* in commercially available *Dirofilaria immitis* test kits. *Parasites & Vectors*, 5 (1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-258>
23. Aroch, I., Rojas, A., Slon, P., Lavy, E., Segev, G., & Baneth, G. (2015). Serological cross-reactivity of three commercial in-house immunoassays for detection of *Dirofilaria immitis* antigens with *Spirocerca lupi* in dogs with benign esophageal spirocercosis. *Veterinary Parasitology*, 211 (3–4), 303–305. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.06.010>
24. Gillis, J. M., Smith, R. D., & Todd, K. S., Jr. (1984). Diagnostic criteria for an enzyme-linked immunosorbent assay for occult heartworm disease: standardization of the test system in naturally exposed dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 45 (11), 2289–2292.
25. Brunner, C. J., Hendrix, C. M., Blagburn, B. L., & Hanrahan, L. A. (1988). Comparison of serologic tests for detection of antigen in canine heartworm infections. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 192 (10), 1423–1427.

ORCID

- V. Levytska  <https://orcid.org/0000-0003-3100-009X>
V. Poliukhovych  <https://orcid.org/0009-0006-4128-9922>



2024 Levytska V. and Poliukhovych 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.

Efficiency of the improved method of laboratory diagnostics of canine cystoisosporosis

R. Suvorov¹ | V. Melnychuk^{1,2}

Article info

Correspondence Author

R. Suvorov

E-mail:

romeovinnie88@gmail.com

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: Suvorov, R., & Melnychuk, V. (2024). Efficiency of the improved method of laboratory diagnostics of canine cystoisosporosis. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 176–180. doi: 10.31210/spi2024.27.04.30

It is known that the study of the species composition of protozooses in dogs parasitizing the digestive tract, their distribution, extensiveness and intensity of invasion, as well as age, seasonal dynamics and breed susceptibility to parasite infection is necessary in the study of epizootology and epidemiology of invasions of domestic carnivores. This is possible only with the use of highly effective, sensitive, easy-to-use laboratory methods of coproovoscopy. The aim of the work was to improve, test and determine the effectiveness of the method of laboratory diagnosis of canine cystoisosporosis. The proposed method refers to the field of veterinary medicine, namely, veterinary parasitology, to methods of coproscopy, in particular to methods of detecting cystoisosporosis oocysts in dogs. We conducted tests of flotation methods of coproovoscopy, such as: Fulleborn's, Kotelnikov-Khrenov's, the method of coproovoscopy for trichurosis in sheep and the proposed method with an improved composition of the floatant for the laboratory diagnosis of canine cystoisosporosis. It was found that when using the above methods, oocysts of cystoisosporosis were detected 100 % of the time. At the same time, indicators of the intensity of cystoisosporous invasion when using different methods of laboratory diagnostics differed significantly. When using the Fulleborn method, the indicators of the intensity of cystoisosporous invasion were on average 162.1 oocysts/g, Kotelnikov-Khrenov's – 215.2 oocysts/g, the coproovoscopy method for sheep trichurosis – 244.8 oocysts/g, the proposed method – 277.3 oocysts/g. The proposed method of laboratory diagnosis of cystoisosporosis in dogs turned out to be more effective compared to Fulleborn's method by 41.5 %, Kotelnikov-Khrenov's method by 22.4 %, and the method of coproovoscopy for trichurosis in sheep by 11.7 %. The proposed method and the method of coproovoscopy for trichurosis in sheep showed the highest coagulation properties relative to undigested feed residues. At the same time, a small amount of small remains of undigested feed floated to the surface of the floating solutions. The obtained results make it possible to recommend the proposed method for more effective lifelong laboratory diagnosis of cystoisosporosis in dogs.

Keywords: parasitology, cystoisosporosis, dogs, coproovoscopy, effectiveness.

Ефективність удосконаленого способу лабораторної діагностики цистоізо스포зу собак

Р. С. Суворов¹ | 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

Відомо, що вивчення видового складу протозоозів у собак, що паразитують у травному тракті, їх поширення, екстенсивності та інтенсивності інвазії, а також вікової, сезонної динаміки та породної сприйнятливості до зараженості паразитами необхідно у дослідженні епізоотології та епідеміології інвазій домашніх м'ясоїдних тварин. Це можливе лише за використання високоефективних, чутливих, зручних у використанні лабораторних методів копроовоскопії. Метою роботи було удосконалити, випробувати та визначити ефективність способу лабораторної діагностики цистоізо스포зу собак. Запропонований спосіб відноситься до галузі ветеринарної медицини, а саме – ветеринарної паразитології, до способів копроскопії, зокрема способів виявлення ооцист цистоізо스포зу собак. Проводили випробування флотатійних методів копроовоскопії таких як: Фюллеборна, Котельникова-Хренова, способу копроовоскопії за трихурозу овець та запропонованого способу з удосконаленим складом флотанту при лабораторній діагностиці цистоізо스포зу собак. Виявлено, що при використанні вищезазначених методів 100 %-во виявляли ооцисти цистоізоспор. Водночас, показники інтенсивності цистоізоспорозної інвазії при використанні різних методів лабораторної діагностики значно різнилися. При використанні методу Фюллеборна показники інтенсивності цистоізоспорозної інвазії в середньому становили 162,1 ооцист/г, Котельникова-Хренова – 215,2 ооцист/г, способу копроовоскопії за трихурозу овець – 244,8 ооцист/г, запропонованого способу – 277,3 ооцист/г. Запропонований спосіб лабораторної діагностики цистоізо스포зу у собак виявився ефективнішим порівняно зі способом Фюллеборна на 41,5 %, Котельникова-Хренова – на 22,4 %, способу копроовоскопії за трихурозу овець – на 11,7 %. Запропонований спосіб та спосіб копроовоскопії за трихурозу овець проявили найвищі коагуляційні властивості відносно неперетравлених решток корму. При цьому на поверхню флотантів розчинив спливала незначна кількість дрібних решток неперетравленого корму. Отримані результати дають можливість рекомендувати запропонований спосіб для більш ефективної зажиттєвої лабораторної діагностики цистоізо스포зу собак.

Ключові слова: паразитологія, цистоізоспороз, собаки, копроовоскопія, ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Суворов Р. С., Мельничук В. В. Ефективність удосконаленого способу лабораторної діагностики цистоізо스포зу собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 176–180.

Introduction

To ensure the health and well-being of domestic carnivores, coproscopic examination for parasite eggs and oocysts is an important part of lifelong diagnosis. Many different procedures and techniques are used, each with its own advantages and limitations. Examination of faecal smears is useful for detecting motile protozoa, examination of feces using sedimentation methods reveals high specific gravity helminth eggs that do not float well in a flotation solution [1–6].

The methods most commonly used to detect parasite eggs and oocysts are flotation methods, which are based on the difference in the specific gravity of the eggs or oocysts and the flotation solution. The specific gravity of most parasite eggs or oocysts is known to range from 1.05 to 1.23. It has been proven that for eggs or oocysts of parasites to float well, the specific gravity of the flotation solution should be greater than that of the eggs. Ideally, all helminth eggs and protozoan oocysts should float and retain their morphological structure, while faecal remains should settle to the bottom in the selected flotation solution. The scientists note that flotation solutions are made by adding a measured amount of salt or sugar to a certain amount of water to produce a solution with a desired specific gravity. There are ordinary, well-known, most common flotation solutions, which include saturated sodium chloride (NaCl; 1.18), sugar (1.27–1.33), sodium nitrate (NaNO₃; 1.18–1.20), magnesium sulfate (MgSO₄; 1.20), zinc sulfate (ZnSO₄; 1.20) etc. These solutions are reasonably effective, easy to manufacture or commercially available, and relatively inexpensive. Flotation procedures range from simple to complex. The simplest procedure involves mixing a small amount of feces with a flotation solution in a beaker or centrifuge tube, then adding the solution until the beaker is nearly full. Then it is left alone until the eggs float to the surface of the sample and are collected using a parasitological loop [7–11].

Researchers believe that when choosing methods of flotation coproscopy, it is necessary to take into account some factors, namely: specific gravity of the flotation solution, viscosity, volume of the flotation solution used, the use of an additional centrifugation stage, the duration and speed of centrifugation, exposure to sedimentation, preservation of the morphological structure of the eggs or oocysts of parasites [12–15]. In this regard, it is important to test modern and new methods of coproscopy, to establish their effectiveness for a certain type of pathogen.

The aim of the study

The purpose of the research was to improve, test and determine the effectiveness of the method of laboratory diagnosis of canine cystoisosporosis.

Materials and methods

The work was carried out during 2024 on the basis of

the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University and the conditions of the private veterinary clinic "Dovira" (Kharkiv).

In order to establish the effectiveness of the proposed method of coproscopic examination of dogs for the presence of cystoisosporosis oocysts, a comparison was made between the proposed method and the well-known Fülleborn, Kotelnikova-Khrenova [16], method of coproscopy for sheep trichurosis [17].

Feces from dogs spontaneously infected with cystoisosporosis were used for the experiment. With each flotation solution, 15 samples of feces were examined using the technique proposed in the method of coproscopic examination of dogs for the presence of cystoisosporosis oocysts. Samples were settled in each of the flotation solutions for 10 minutes. Counting of the number of detected oocysts of cystoisosporosis was carried out in 1 g of feces.

Evaluation of the methods was carried out according to the indicators of: actual specific gravity of the flotation solution; flotation capacity (the number of positive samples and the average number of detected cystoisosporosis oocysts); coagulation ability:

- – a small number of small foreign remains;
- – simultaneous detection of a large number of small and a small number of large-sized remains;
- – a large number of both small and significant foreign remains.

Statistical processing of the results of experimental studies was carried out by determining the arithmetic mean (M), standard deviation (SD) and probability level (P) using the technique of univariate analysis of variance using Fisher's test.

Results and discussion

It was determined that all methods of coproscopy used in the experiment allowed the detection of cystoisosporosis oocysts in dog feces (**Fig. 1**) in 100 % of cases, where cystoisosporosis oocysts were detected in 15 cases out of 15 examined copro samples (**Fig. 2**).

At the same time, indicators of the intensity of cystoisosporosis invasion when using different methods of laboratory diagnostics differed significantly. When using the Fülleborn method, the indicators of the intensity of cystoisosporosis invasion were on average 162.1±25.6 oocysts/g, Kotelnikov-Khrenov – 215.2±34.3 oocysts/g, the method of coproscopy for sheep trichurosis – 244.8±28.3 oocysts/g, of the proposed method – 277.3±48.7 oocyst/g. Moreover, the proposed method turned out to be the most effective in terms of indicators of the intensity of cystoisosporosis invasion, where it was more effective compared to the Fülleborn method by 41.5 %, P<0.001 (**Fig. 3**), Kotelnikov-Khrenov – by 22.4 %, P<0.001 (**Fig. 4**), the method of coproscopy for sheep trichurosis – by 11.7 %, P<0.05 (**Fig. 5**).

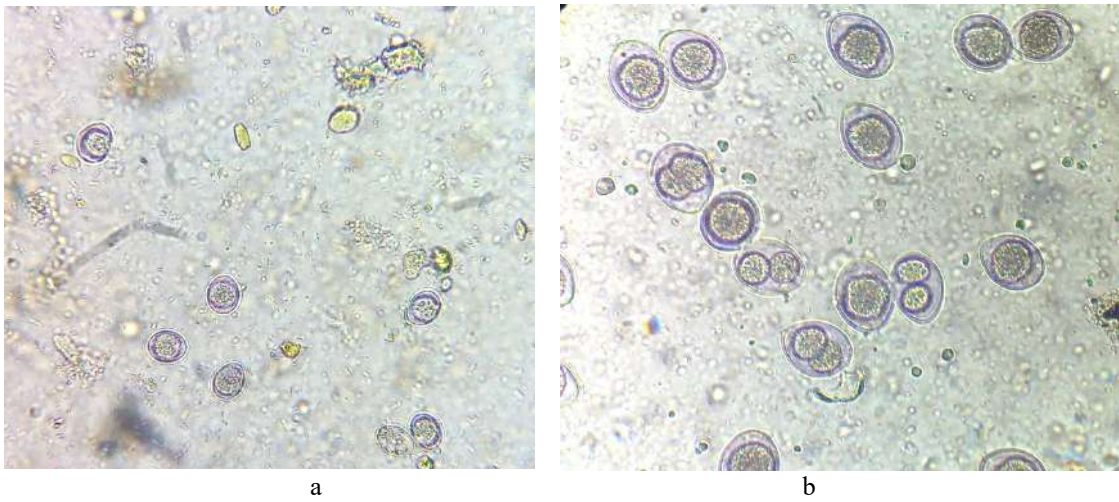


Fig. 1. Isospore oocysts detected during coproscopic examination of dogs using tested methods: a – $\times 400$; b – $\times 150$

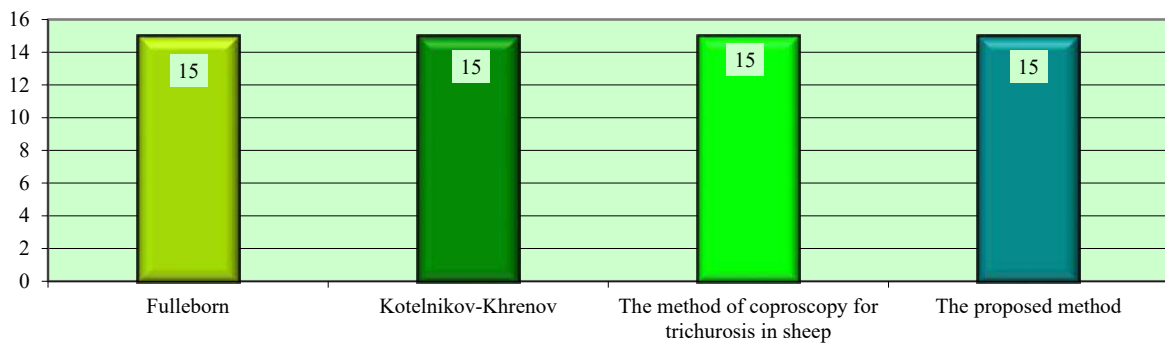


Fig. 2. The number of detected positive samples during laboratory diagnostics canine cystoisosporosis

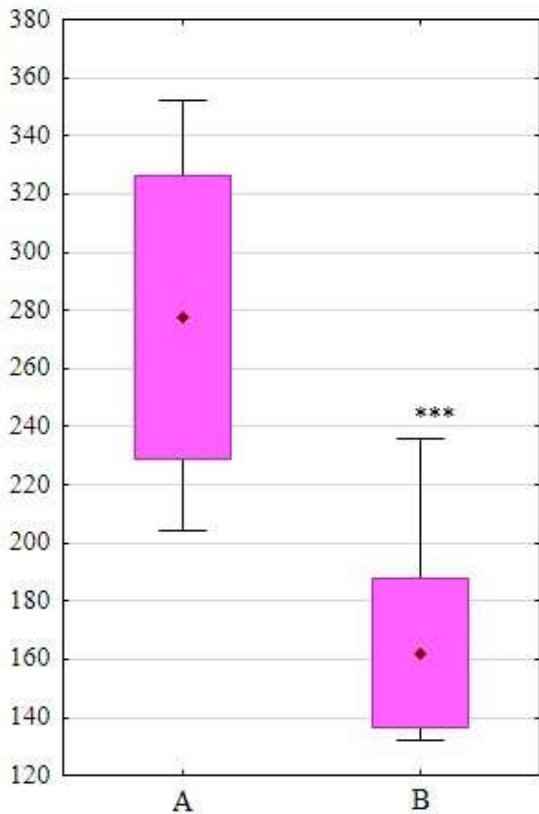


Fig. 3. Comparative efficiency of coproscopy methods for cystoisosporosis in dogs (n=15): A – proposed method, B – Fulleborn's method; $P < 0.001$ – relative to A

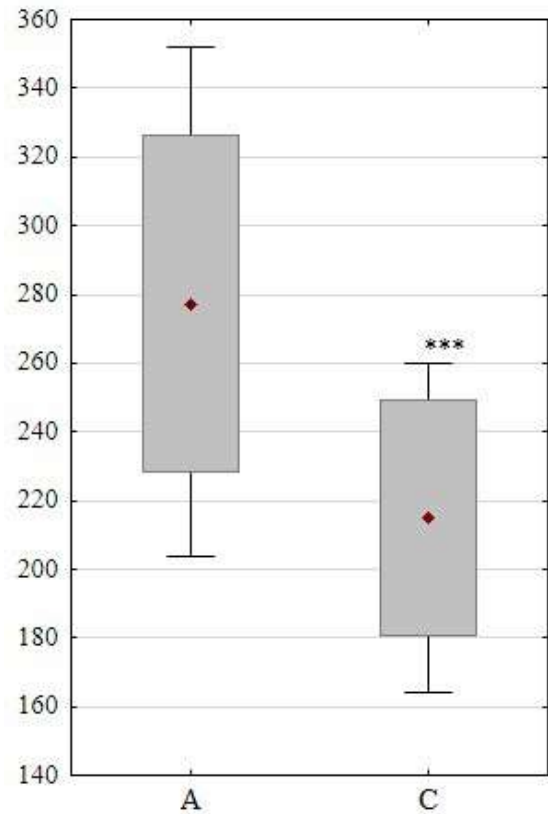


Fig. 4. Comparative efficiency of coproscopy methods for cystoisosporosis in dogs (n=15): A – proposed method, C – Kotelnikov-Khrenov's method; $P < 0.001$ – relative to A

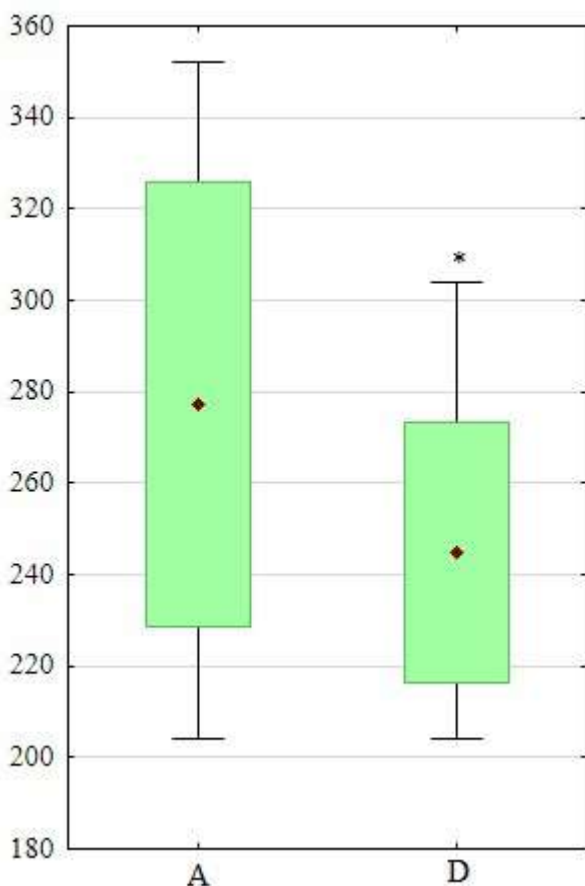


Fig. 5. Comparative effectiveness of methods of coproscopy for cystoisosporosis in dogs (n=15): A – proposed method, D – method of coproovoscopy for trichurosis of sheep; P<0.05 – relative to A

The proposed method and the method of coproovoscopy for trichurosis in sheep showed the highest coagulation properties relative to undigested feed residues. At the same time, a small amount of small remains of undigested feed floated to the surface of the floating solutions.

Scientists testify that in order to ensure the health and well-being of domestic carnivores, it is necessary to carry out lifelong diagnostic coproscopic studies of animals, where the effectiveness of one or another method ensures the timeliness and accuracy of diagnosis [2–5, 18–20]. Therefore, it is urgent to improve, test and determine the effectiveness of the method of laboratory diagnosis of canine cystoisosporosis.

The proposed method refers to the field of veterinary medicine, namely, veterinary parasitology, to methods of coproscopy, in particular to methods of detecting canine cystoisosporosis oocysts. It was found that when using the above methods, oocysts of cystoisospores were detected 100 % of the time. At the same time, the proposed method (277.3±48.7 oocysts/g) turned out to be the most effective in relation to indicators of the intensity of cystisporous invasion, where it was more effective compared to the Fulleborn method by 41.5 % (162.1±25.6 oocysts/g, P<0.001), Kotelnikov-Khrenov's – by 22.4 % (215.2±34.3 oocyst/g, P<0.001), the method of coproovoscopy for trichurosis in sheep – by 11.7 % (244.8±28.3 oocysts/g, P<0.05). The proposed method

and the method of coproovoscopy for sheep trichurosis showed the highest coagulation properties relative to undigested feed residues.

In the scientific literature, there is a report on the high efficiency of the improved method of coproovoscopy proposed by the authors for trichurosis in sheep. It exceeds the effectiveness of Fulleborn's methods in lifelong diagnosis of infestation by 2.3 times (P<0.001), Mallory's methods by 2.1 times (P<0.001), Kotelnikov-Khrenov's – 1.3 times (p<0.01), Galat and Melnychuk's – in 1.5 times (P<0.01), Manoilo's – 1.3 times (P<0.05), Dakhno's – 1.4 times (P<0.01) [17].

The obtained results make it possible to recommend the proposed method for more effective lifelong laboratory diagnosis of cystoisosporosis in dogs.

Conclusions

The positive effect of the proposed method of coproovoscopy for cystoisosporosis in dogs consists in the use of a flotation solution that has a sufficiently high specific gravity, has pronounced coagulation properties relative to undigested feed residues and allows cystoisospores oocysts to rise to the surface. It was established that the proposed method exceeds the efficiency of the Fulleborn's methods – by 41.5 % (P<0.001), Kotelnikov-Khrenov's – by 22.4 % (P<0.001), the method of coproovoscopy for sheep trichurosis – by 11.7 % (P<0.05).

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Sardella, N. H. (2012): Evaluación de la eficacia de la flotación con cloruro de zinc como método de enriquecimiento para la recuperación de huevos de enteroparásitos. *Revista Argentina De Parasitología*, 1, 164.
- Alvarado-Villalobos, M. A., Cringoli, G., Maurelli, M. P., Cambou, A., Rinaldi, L., Barbachano-Guerrero, A., Guevara, R., Chapman, C. A., & Serio-Silva, J. C. (2017). Flotation techniques (FLOTAC and mini-FLOTAC) for detecting gastrointestinal parasites in howler monkeys. *Parasites & Vectors*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2532-7>
- Kruchynenko, O. V. (2021). Comparison of coproovoscopic diagnostic methods of V. N. Trach, McMaster and Mini-Flotac for hens' infestation with *Ascaridia galli* and *Trichostrongylus tenuis*. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 194–199. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.24>
- Bowman, D. D., & Lynn, R. C. (2009). *Diagnostic parasitology. Georgi's parasitology for veterinarians. 9th ed.* St-Louis: Elsevier.
- Mathison, B. A., Kohan, J. L., Walker, J. F., Smith, R. B., Ardon, O., & Couturier, M. R. (2020). Detection of intestinal protozoa in trichrome-stained stool specimens by use of a deep convolutional neural network. *Journal of Clinical Microbiology*, 58 (6). <https://doi.org/10.1128/jcm.02053-19>
- Foreyt, W. J. (1989). Diagnostic parasitology. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 19 (5), 979–1000. [https://doi.org/10.1016/s0195-5616\(89\)50107-4](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(89)50107-4)
- Dakhno, I. S., & Dakhno, Yu. I. (2010). *Ekolohichna helmintolohiia*. Sumy [in Ukrainian]

8. Taglioretti, V., Sardella, N., & Fugassa, M. (2014). Effectiveness of coproscopic concentration techniques. *Helminthologia*, 51 (3), 210–214. <https://doi.org/10.2478/s11687-014-0231-x>
9. Glinz, D., Silué, K. D., Knopp, S., Lohourignon, L. K., Yao, K. P., Steinmann, P., Rinaldi, L., Cringoli, G., N'Goran, E. K., & Utzinger, J. (2010). Comparing diagnostic accuracy of kato-katz, koga agar plate, ether-concentration, and FLOTAC for *Schistosoma mansoni* and soil-transmitted helminths. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4 (7), e754. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000754>
10. Ghafar, A., Abbas, G., King, J., Jacobson, C., Hughes, K. J., El-Hage, C., Beasley, A., Bauquier, J., Wilkes, E. J. A., Hurley, J., Cudmore, L., Carrigan, P., Tennent-Brown, B., Nielsen, M. K., Gauci, C. G., Beveridge, I., & Jabbar, A. (2021). Comparative studies on faecal egg counting techniques used for the detection of gastrointestinal parasites of equines: A systematic review. *Current Research in Parasitology & Vector-Borne Diseases*, 1, 100046. <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2021.100046>
11. Gates, M. C., & Nolan, T. J. (2009). Comparison of passive fecal flotation run by veterinary students to zinc-sulfate centrifugation flotation run in a diagnostic parasitology laboratory. *Journal of Parasitology*, 95 (5), 1213–1214. <https://doi.org/10.1645/ge-2058.1>
12. O'Grady, M. R., & Slocombe, J. O. (1980). An investigation of variables in a fecal flotation technique. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 44 (2), 148–157.
13. Cringoli, G., Rinaldi, L., Veneziano, V., Capelli, G., & Scala, A. (2004). The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep. *Veterinary Parasitology*, 123 (1–2), 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.05.021>
14. Cringoli, G., Rinaldi, L., Maurelli, M. P., & Utzinger, J. (2010). FLOTAC: new multivalent techniques for qualitative and quantitative copromicroscopic diagnosis of parasites in animals and humans. *Nature Protocols*, 5 (3), 503–515. <https://doi.org/10.1038/nprot.2009.235>
15. Quinn, R., Smith, H. V., Bruce, R. G., & Girdwood, R. W. A. (1980). Studies on the incidence of *Toxocara* and *Toxascaris* spp. ova in the environment. 1. A comparison of flotation procedures for recovering *Toxocara* spp. ova from soil. *Journal of Hygiene*, 84 (1), 83–89. <https://doi.org/10.1017/s0022172400026553>
16. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow.
17. Petrenko, M. (2023). Effectiveness of the improved method of lifelong diagnostics trichurosis of sheep. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 6 (3), 13–16. <https://doi.org/10.32718/ujvas6-3.03>
18. Segura, J., Alcalá-Canto, Y., Figueroa, A., Del Río, V., & Salgado-Maldonado, G. (2023). A Simple fecal flotation method for diagnosing zoonotic nematodes under field and laboratory conditions. *Journal of Visualized Experiments*, 202. <https://doi.org/10.3791/66110>
19. Liccioli, S., Catalano, S., Kutz, S. J., Lejeune, M., Verocai, G. G., Duignan, P. J., Fuentealba, C., Ruckstuhl, K. E., & Massolo, A. (2012). Sensitivity of double centrifugation sugar fecal flotation for detecting intestinal helminths in coyotes (*Canis latrans*). *Journal of Wildlife Diseases*, 48 (3), 717–723. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-48.3.717>
20. Inpankaew, T., Schär, F., Khieu, V., Muth, S., Dalsgaard, A., Marti, H., Traub, R. J., & Odermatt, P. (2014). Simple fecal flotation is a superior alternative to quadruple Kato Katz smear examination for the detection of hookworm eggs in human stool. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8 (12), e3313. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003313>

ORCID

R. Suvorov  <https://orcid.org/0009-0002-9391-9341>
 V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>



© 2024 Suvorov R. 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.

Bactericidal effectiveness of the developed disinfectant "RabbitDez" in the production conditions of a rabbit farm

I. Romazan  | I. Turko

Article info

Correspondence Author

I. Romazan

E-mail:

romazanirina317@gmail.com

Stepan Gzhytskyi
National University
of Veterinary Medicine and
Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine

Citation: Romazan, I., & Turko, I. (2024). Bactericidal effectiveness of the developed disinfectant "RabbitDez" in the production conditions of a rabbit farm. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 181–186. doi: 10.31210/spi2024.27.04.31

When developing a new biocide, "RabbitDez," for aerosol disinfection of premises, its effect on the microbiota of the fur and nasal passages of rabbits, as well as on the microflora of the air of rabbit hutches and environmental objects, was established, which was the purpose of the work. To study the bactericidal activity of the disinfectant, three groups of 28 rabbits each were formed: the control group, the first and second experimental groups were formed by animals that were subjected to 30 min of aerosol treatment with 2 % solutions of the disinfectant "RabbitDez," and the prototype "Zoodizin," respectively. 2 h after disinfection, the number of microorganisms was determined in the washes from the fur, nasal passages of animals and from the surfaces of the floor of cages, feeders, walls and windows, as well as in the air of rabbit hutches. As a result of the studies, it was found that the frequency of detection of *Bacillus* spp. from rabbit fur decreased by 71.5 % when using the disinfectant "RabiDez" and by 64.3 % when treated with the disinfectant "Zoodizin" and *Candida* spp. by 66.6 % and 58.4 %, respectively. At the same time, no cases of total coliforms identification were observed. When using the "RabiDez" and "Zoodizin" disinfectants, the quantitative *Bacillus* spp. decreased by 42.6 % and 39.1 %, *Candida* spp. by 46.4 % and 40.6 %, MAFAnM by 57.0 % and 56.0 % respectively. At the same time, both biocides showed a 100 % bactericidal effect on total coliforms. The frequency of isolation of *Staphylococcus* spp. from the nasal passages decreased by 50.1 % under the action of the biocide "RabiDez" and by 46.1 % under the influence of the prototype "Zoodizin," *Bacillus* spp. by 80.8 % and 76.9 %, total coliforms by 100 %, *Candida* spp. by 65.4 % and 57.6 % respectively. Quantitatively, the level of *Staphylococcus* spp. decreased under the action of the product "RabiDez" by 48.3 % and under the action of the prototype "Zoodizin" by 41.2 %, respectively *Bacillus* spp. by 52.4 %, and 39.3 %, *Candida* spp. by 58.3 % and 46.0 %, total coliforms by 100 %, and MAFAnM by 59.6 % and 53.1 %. The use of the disinfectant "RabiDez" and the prototype "Zoodizin" provides a 99% bactericidal effect on *Candida* spp., *Staphylococcus* spp., and MAFAnM, which were on the floor of the cages, feeders, walls, and windows, and in the air of the room where the rabbits were kept.

Keywords: rabbit breeding, disinfection, disinfectants "RabbitDez" and "Zoodizin", bactericidal action, total coliforms, *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., *Candida* spp., MAFAnM.

Бактерицидна ефективність розробленого дезінфектанта «РабітДез» у виробничих умовах кролегосподарства

I. В. Ромазан | I. Б. Турко

Львівський національний
університет ветеринарної
медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького,
м. Львів, Україна

При розробці нового біоциду «РабітДез» для аерозольної дезінфекції приміщень встановлювали його вплив на мікробіоту шерсті та носових ходів кролів, а також на мікрофлору повітря кролятників та об'єктів довкілля що і було метою роботи. Для дослідження бактерицидної активності дезінфектанту було сформовано три групи по 28 кролів у кожній: контрольну групу та першу і другу дослідні групи формували тварини, що піддавались 30 хв аерозольній обробці відповідно 2 % розчинами деззасобу «РабітДез» та прототипу «Зоодізін». Через 2 год. після дезінфекції визначали кількість мікроорганізмів у змивах з шерсті, носових ходів тварин та з поверхонь підлоги кліток, годівниць, стін та вікон, а також у повітрі кролятників. В результаті досліджень встановлено, що частота виявлення *Bacillus* spp. з шерсті кролів знизилася на 71,5 % при застосуванні деззасобу «РабітДез» та на 64,3 % при обробці деззасобом «Зоодізін», а *Candida* spp. на 66,6 % і 58,4 % відповідно. При цьому випадків ідентифікації БГКП не спостерігалось. При застосуванні деззасобів «РабітДез» та «Зоодізін» кількісно *Bacillus* spp. зменшилося на 42,6 % та на 39,1 %, *Candida* spp. на 46,4 % та 40,6 %, МАФАНМ на 57,0 % та 55,6 % відповідно. При цьому на БГКП обидва біоциди проявляли 100 % бактерицидну дію. Частота виділення *Staphylococcus* spp. із носових ходів зменшилася на 50,1 % за дії біоциду «РабітДез» та на 46,1 % за впливу прототипу «Зоодізін», *Bacillus* spp. на 80,8 % та 76,9 %, БГКП на 100 %, *Candida* spp. на 65,4 % та 57,6 % відповідно. Кількісно рівень *Staphylococcus* spp. знизився за дії засобу «РабітДез» на 48,3 % та за дії прототипу «Зоодізін» на 41,2 %, відповідно *Bacillus* spp. на 52,4 % та 39,3 %, *Candida* spp. на 58,3 % та 46,0 %, БГКП на 100 %, та МАФАНМ на 59,6 % та 53,1 %. Використання деззасобу «РабітДез» та прототипу «Зоодізін» забезпечує 99 % бактерицидну дію на *Candida* spp., *Staphylococcus* spp. та МАФАНМ, що перебували на підлозі кліток, годівницях, стінах і вікнах та у повітрі приміщення, де утримувалися кролі.

Ключові слова: кролівництво, дезінфекція, дезінфектанти «РабітДез» та «Зоодізін», бактерицидна дія, БГКП, *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., *Candida* spp., МАФАНМ.

Бібліографічний опис для цитування: Ромазан І. В., Турко І. Б. Бактерицидна ефективність розробленого дезінфектанта «РабітДез» у виробничих умовах кролегосподарства. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 181–186.

Вступ

Перспективними заходами при утриманні тварин, зокрема кролів, є проведення безпечних та високо-ефективних дезінфекцій в їх присутності [1–6]. Велика кількість тварин у кролегосподарствах може спричиняти високий рівень мікробного забруднення приміщень, де вони утримуються. Для попередження загибелі тварин та збереження продуктивності проводять регулярні профілактичні заходи, такі як дезінфекція. При розробці нового та ефективного дезінфектанта слід враховувати вже існуючий мікробний склад, як фактор адаптації до засобів, які вже були використані. При цьому слід враховувати зростання частоти індикації причини різноманітних патологій асоціацією збудників. Важливою є синергічна дія речовин деззасобу, які відносяться до різних класів хімічних сполук. Саме тому при розробці деззасобів керуються завданням розширення спектру дії протимікробної активності та здатності запобігти виникненню резистентних форм мікроорганізмів та можливість застосування їх у присутності тварин та людей [7–10]. Саме тому, питання безпечності виготовлення та застосування нових дезінфікуючих засобів в Україні є актуальним.

Останнім часом існує проблема, що пов'язана з недостатнім рівнем регламентації небезпечних компонентів дезінфікуючих засобів. Виникає потреба в швидкому впровадженні нових безпечних, високоєфективних економічно доцільних дезінфікуючих засобів. Для дезінфекції тваринницьких приміщень найбільше підходить хімічний метод з використанням хімічних речовин, що відповідають вимогам до створення дезінфекційного засобу. Суттєвим аспектом процесу дезінфекції є переведення тварин в інше біоценозне середовище, що може негативно вплинути на стан організму тварин. Тому, для вирішення цієї проблеми застосовують аерозольну дезінфекцію в присутності кролів [11–18].

Мета дослідження

Метою роботи було дослідити бактерицидну ефективність новоствореного деззасобу «РабітДез» для аерозольної дезінфекції в порівнянні з прототипом «Зоодізін» у виробничих умовах кролегосподарства.

Матеріали і методи

Дослідження ефективності розробленого деззасобу «РабітДез» на основі полігексаметиленгуанідину, димексиду та наноаквахелатів срібла та германію проводилися у виробничих умовах на кролегосподарстві у порівнянні з прототипом «Зоодізін», який містить полігексаметиленгуанідин гідрохлорид та алкілдиметилбензиламоній хлорид.

Дослідження проводили на кролях Термонської білої породи віком три місяці згідно принципам «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовують для дослідних і інших наукових цілей». В експерименті було сформовано три групи по 28 кролів у кожній: 1 групі тварин проводили аерозольну дезінфекцію біоцидом «РабітДез», 2 групі – прототипом «Зоодізін» і контрольна група кролів, які не піддавалися дезінфекції.

Аерозольна обробка деззасобами «РабітДез» та «Зоодізін» проводилась робочими розчинами 2 % концентрації протягом 30 хв. Аерозольну обробку проводили за допомогою генератора холодного туману «Stif Germany CFM-5» згідно постанови.

Через дві години після аерозольної дезінфекції даними засобами в кролятниках відбирали змиви з шерсті та носових ходів тварин дослідних груп та з поверхонь об'єктів господарства (підлога кліток, стіни та вікна господарства, годівниці) згідно «Методичних рекомендацій щодо санітарно-мікробіологічного дослідження змивів з поверхонь тест-об'єктів та об'єктів ветеринарного нагляду і контролю» та ДСТУ 8020:2015 «Приміщення тваринницькі. Методи визначення ефективності дезінфекції» [19, 20].

Також седиментаційним методом досліджували проби повітря у кролятниках до аерозольної дезінфекції дослідними деззасобами і через дві години після її завершення згідно методичних рекомендацій «Санітарно-мікробіологічний контроль повітря, об'єктів ветеринарно-санітарного нагляду і контролю» [21].

Результати та їх обговорення

Дослідженнями встановлено, що з шерсті двох дослідних груп кролів, які піддавалися аерозольній обробці деззасобами «РабітДез» та «Зоодізін» виділялася та ідентифікувалася тільки споротворююча та грибкова мікробіота (*рис. 1*).

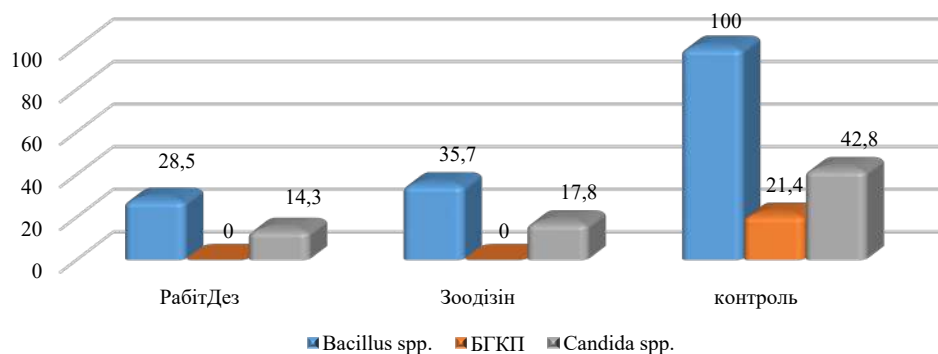


Рис. 1. Частота виявлення мікроорганізмів з шерсті кролів за застосуванням біоцидів «РабітДез» та «Зоодізін», %, n=28

При цьому бацили виявлялися в 28,5 % проб у першій дослідній групі кролів та в 35,7 % проб у другій дослідній. Водночас у контрольній групі кролів спороутворюючі бактерії виявлялися з шерсті в 100 % тварин. Це вказує на те, що обидва дезінфікуючі засоби: наш експериментальний та дезінфектант порівняння «Зоодізін» бактерицидно впливали на мікроорганізми *Bacillus* spp., які наявні на шерсті кролів. Крім того констатуємо, що аерозольна обробка деззасобами порівняння згубно впливала на БГКП, оскільки їх не виявляли на поверхні шерсті кролів. Водночас на шерсті контрольної групи кролів БГКП виявлялися в 21,4 % тварин, що вказує

на високу 100 % бактерицидну дію експериментального засобу «РабітДез» та прототипу на грамнегативну мікрофлору за аерозольної дезінфекції у кролятиках.

Деззасіб «РабітДез» діє бактерицидно і на грибову мікрофлору, зокрема: *Candida* spp., оскільки частота їх виявлення зі шерсті кролів була в 3 рази менша, ніж з шерсті кролів у контролі. Дещо меншою була активність щодо впливу на *Candida* spp. препарату порівняння «Зоодізін» (у 2,4 рази).

Крім частоти виявлення мікроорганізмів з шерсті було визначено їх кількість в змиві, яка визначає стан гігієнічних умов утримання кролів (рис. 2).

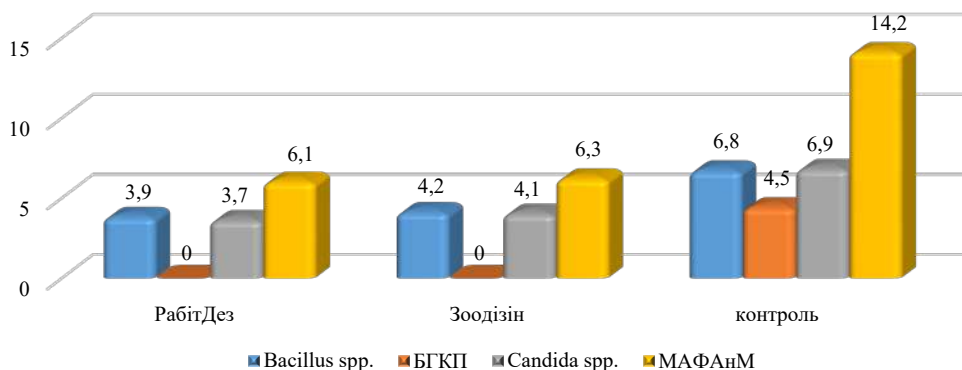


Рис. 2. Кількісна оцінка виділеної мікрофлори з шерсті кролів за аерозольної дезінфекції засобами «РабітДез», «Зоодізін», КУО/мл, n=28

З досліджень видно, що з шерсті кролів після аерозольної дезінфекції, як розробленим нами деззасобом «РабітДез», так дезінфектантом порівняння «Зоодізін», виділялася незначна кількість мікроорганізмів. Зокрема, кількість спороутворюючих бактерій й грибів на шерсті двох дослідних груп кролів становила $3,9 \pm 0,8$ та $4,2 \pm 0,7$ КУО/мл, відповідно. Водночас у контрольній групі кролів цей показник становив $6,8 \pm 0,5$ КУО/мл. Аналогічно вміст МАФАНМ на поверхні шерсті контрольних тварин був у 2,3 рази більший, ніж на шерсті дослідних груп і становив $14,2 \pm 1,1$ КУО/м. Хоча контамінація шерсті мікроорганізмами у контрольних кролів була не значною, водночас спостерігаємо вірогідну різницю щодо їх зменшення за аерозольної дезінфекції нашим біоцидним препаратом. Тому отримані результати свідчать про

наявність бактерицидного ефекту й знешкодження мікробіоти на поверхні шерсті за допомогою розробленого нами деззасобу «РабітДез».

Таким чином, за результатами дослідження виявили бактерицидний вплив експериментального деззасобу «РабітДез» на мікробіоту шерсті кролів, що буде знижувати контактний шлях зараження між тваринами у випадку злизування шерсті.

За аерозольної дезобробки біоцидними препаратами у присутності тварин відбувається вдихання парів аерозолу через носові ходи й санація органів дихання. Тому щоб оцінити, як впливає експериментальний біоцид «РабітДез» на мікробіоту носових шляхів нами було взято змиви після аерозольної обробки у кролів й визначено частоту виділення мікрофлори та її кількісний вміст. Результати даних досліджень наведено на [рисунок 3](#) та [рисунок 4](#).

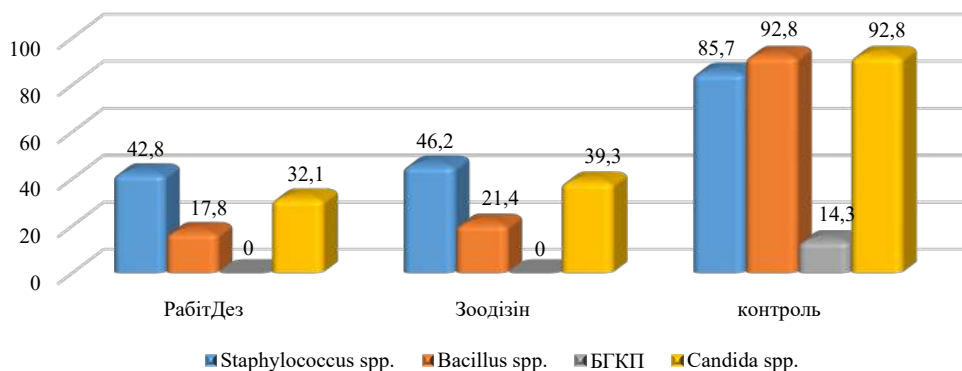


Рис. 3. Частота виділення ідентифікованої мікрофлори з носових ходів кролів за аерозольної дезінфекції засобами «РабітДез», «Зоодізін», %, n=28

З даних **рисунку 3** видно, що аерозольна обробка у кролятнику біоцидами «РабітДез» й «Зоодізін» знижує частоту виділення мікроорганізмів із носових ходів порівнюючи зі кролями, у клітках яких не проводили дезінфекцію. Зокрема частота виділення мікроорганізмів *Staphylococcus* spp. із носових ходів становила 42,8 % й 46,2 %, відповідно, у 1 та 2 дослідних групах тварин, що в 2,0 та 1,8 рази нижча, порівнюючи з групою кролів, які не піддавалися дезінфекції.

Таким чином, бактерицидна дія «РабітДез», щодо знезараження слизових оболонок від мікробіоти, яка є індикатором респіраторних хвороб, була практично аналогічна, що й дезінфектанту «Зоодізін».

Санация слизової оболонки носових ходів від спороутворюючої мікрофлори також була значною. Оскільки, частота виявлення бактерій роду *Bacillus* із носових ходів кролів за аерозольної дезінфекції біоцидним засобом «РабітДез» становила 17,8 % та

21,4 % за обробки біоцидом «Зоодізін», що в 5,2 та 4,3 рази, відповідно, менше ніж у кролів у контролі без дезінфекції.

Виразним прикладом бактерицидної дії двох засобів за аерозольної дезінфекції у дослідних кролятниках є відсутність виявлення з носових ходів БГКП, водночас у контрольних тваринах вони виявлялися у 14,3 % випадків.

За частотою виявлення мікроскопічних грибів *Candida* spp. із носових ходів спостерігаємо аналогічну тенденцію як й інших мікроорганізмів, зокрема у дослідних групах тварин *Candida* spp. в 2,9 та 2,4 рази виявлялися рідше, ніж у групі контрольних кролів. Це дає підставу вважати, що аерозольний спосіб застосування розробленого нами дезінфектанту «РабітДез» зумовлює звільнення носових ходів від мікроорганізмів, які можуть бути збудниками хвороб та передаватися повітряно-крапельним шляхом.

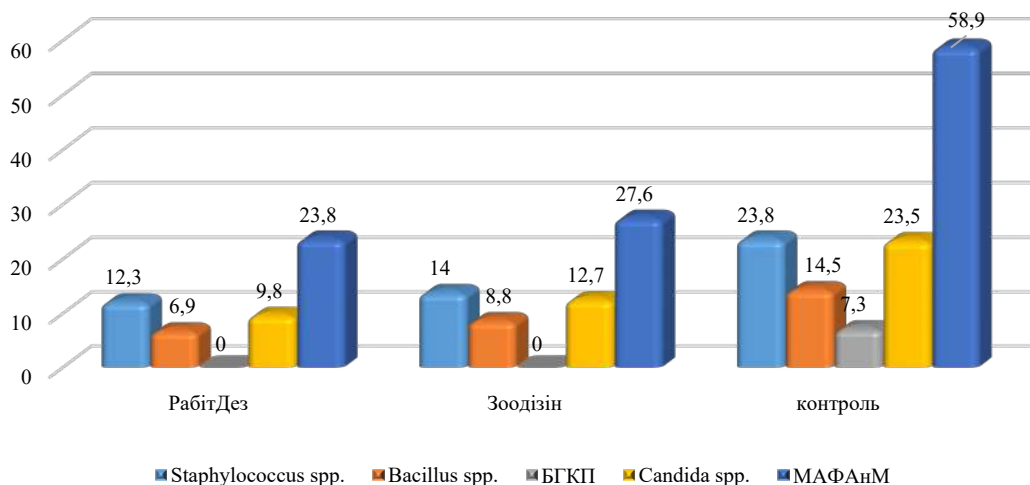


Рис. 4. Кількісна оцінка виділеної мікрофлори з носових ходів кролів за аерозольної дезінфекції засобами «РабітДез», «Зоодізін», КУО/мл, n=28

З даних **рис. 4** видно, що аерозольна обробка новоствореним біоцидом «РабітДез» у кролятниках впливала на кількість виділеної мікрофлори з носових ходів, порівнюючи з кролями, які не піддавалися дезінфекції. Таку тенденцію спостерігаємо щодо всіх ідентифікованих груп мікроорганізмів, до того ж така сама закономірність була виражена й під час обробки в приміщеннях з кролями деззасобом «Зоодізін». Зокрема, кількість мікроорганізмів *Staphylococcus* spp. за аерозольної дезінфекції деззасобом «РабітДез», становила $14,0 \pm 1,7$ КУО/змиву, що в 1,7 раз менше у порівнянні з кролями, які не піддавалися дезінфекції. За такої обробки деззасобом «РабітДез» кількість *Staphylococcus* spp. у носових ходах кролів була менша в 1,9 раз, ніж у кролів у контролі.

Щодо інших видів виділеної мікробіоти то також спостерігаємо в середньому в 1,7–2,0 раз меншу кількість мікроорганізмів на слизовій оболонці кролів, які піддавалися аерозольній дезінфекції двома дезінфікуючими препаратами, порівнюючи з кролями, у кролятниках яких не проводили аерозольну обробку. Це вказує на те, що наш дезінфікуючий препарат можна застосовувати для

лікування та профілактики хвороб кролів з респіраторним синдромом.

Таким чином, аерозольна дезінфекція засобом «РабітДез» за 2 % концентрації протягом 30 хв із витратою робочого розчину 10 мл/м^3 забезпечує добру дезінфікуючу дію щодо зниження частоти виділення та кількості мікроорганізмів на слизових оболонках носових ходів кролів.

Досліджуючи мікробіологічні параметри повітря у приміщеннях для кролів за дезінфекції випробовуваними засобом (**рис. 5**) спостерігається значний дезінфікуючий вплив прототипу «Зоодізін» на мікробіоту повітря у приміщенні кролятників оскільки вміст групи мезофільної мікробіоти зменшувався в середньому в 72,3 рази. До того ж суттєво зменшилась кількість мікроорганізмів *Staphylococcus* spp. і *Candida* spp. у повітрі кролятників за аерозольного застосування прототипу, зокрема: *Staphylococcus* spp. в 115 разів, а *Candida* spp. в 130 разів, порівнюючи з кількістю у повітрі до дезінфекції. Такі мікробіологічні параметри повітря після аерозольної обробки свідчать про високу його бактерицидну ефективність на мікробіоту повітря в кролятниках.

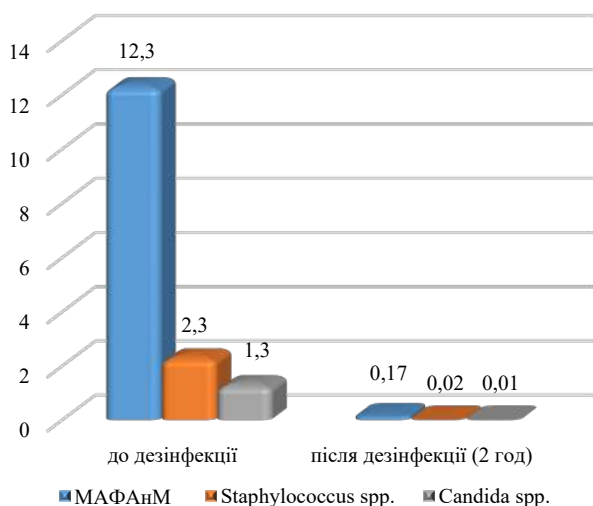


Рис. 5. Мікробіологічні параметри повітря у приміщеннях для кролів за дезінфекції засобом «Зоодізін», тис. КУО/м³, n=5

З даних дослідження наведених на **рис. 6** спостерігаються подібні зміни щодо зменшення мікрофлори повітря після аерозольної дезінфекції засобом «РабітДез». Тобто кратність зменшення мікроорганізмів у повітрі за впливу деззасобу «РабітДез» була практично та ж сама, як за обробки біоцидом «Зоодізін».

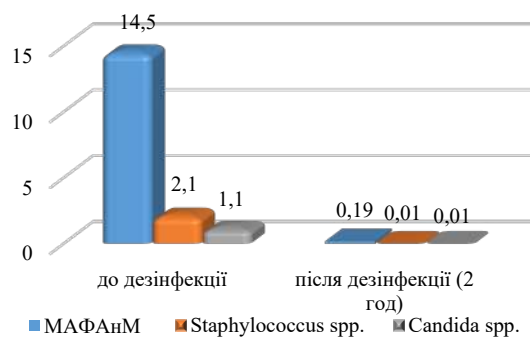


Рис. 6. Рівень мікроорганізмів повітря за аерозольного використання дезінфікуючого засобу «РабітДез» тис. КУО/м³, n=5

З результатів **табл. 1** відмічаємо, що контамінація МАФАНМ об'єктів навколишнього середовища в кролятиках до проведення дезінфекції була практично однакова, як за використання нашого деззасобу «РабітДез», так і комерційного «Зоодізін» й становила від $4,5 \pm 0,2 \times 10^4$ КУО/см² площі (змиви з вікон) до $8,4 \pm 0,2 \times 10^5$ КУО/см² (змиви з підлоги). Проведення аерозольної дезінфекції з біоцидами «Зоодізін» та «РабітДез» добре знезаражувало вміст мезофільної мікробіоти, оскільки після змивів через 2 год від початку застосування препарату на досліджуваних об'єктах виявляло не більше 10^1 КУО/см² площі.

Таблиця 1

Мікробіологічна якість дезінфекції у приміщеннях для кролів за використання біоцидів «РабітДез» та «Зоодізін», M±m, n=12

| Показники дезінфекції | Мікробна контамінація (МАФАНМ) об'єктів приміщень за дезінфекції препаратами | | | |
|---|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | підлога (решітка) | стіна (цемент) | годовниці | вікна |
| <i>Біоцид «РабітДез»</i> | | | | |
| До дезінфекції КУО/см ² площі | $8,4 \pm 0,2 \times 10^5$ | $7,7 \pm 0,2 \times 10^4$ | $5,8 \pm 0,2 \times 10^4$ | $4,5 \pm 0,2 \times 10^4$ |
| Після дезінфекції КУО/см ² площі | $6,7 \pm 0,2 \times 10^1$ | $4,1 \pm 0,2 \times 10^1$ | $4,6 \pm 0,2 \times 10^1$ | $3,3 \pm 0,2 \times 10^1$ |
| Ефективність дезінфекції, % | 99,99 | 99,99 | 99,99 | 99,99 |
| <i>Біоцид «Зоодізін»</i> | | | | |
| До дезінфекції КУО/см ² площі | $6,6 \pm 0,2 \times 10^5$ | $7,1 \pm 0,3 \times 10^4$ | $5,0 \pm 0,2 \times 10^4$ | $4,7 \pm 0,2 \times 10^4$ |
| Після дезінфекції КУО/см ² площі | $5,1 \pm 0,2 \times 10^1$ | $3,5 \pm 0,2 \times 10^1$ | $3,9 \pm 0,2 \times 10^1$ | $3,4 \pm 0,2 \times 10^1$ |
| Ефективність дезінфекції, % | 99,99 | 99,99 | 99,99 | 99,99 |

Проведені комплексні дослідження мікробіоти шерсті та верхніх дихальних шляхів кролів, а також повітря, підлоги кліток, вікон та стін приміщень, де утримувались кролі, за застосування пропонованого деззасобу «РабітДез» вказують на наявність необхідного бактерицидного ефекту й знешкодження мікробіоти на рівні прототипу «Зоодізін», який використовується в промислових масштабах. Особливу увагу слід звернути на встановлений 100 % бактерицидний ефект стосовно такої важливої групи санітарно-показових мікроорганізмів як БГКП.

Аерозольний ж метод використання біоцидів дав можливість прослідкувати не тільки дезінфекційний ефект стосовно об'єктів приміщення, де утримувались кролі, а й ефект санації шерсті, що буде знижувати можливий контактний шлях пасажу збудників між тваринами у випадку злизування шерсті, і слизових оболонок верхніх дихальних шляхів кролів, як індикатора можливих респіраторних хвороб кролів,

які можуть передаватися повітряно-крапельним шляхом. Таким чином, наш дезінфікуючий препарат «РабітДез» можна застосовувати для профілактики хвороб кролів з респіраторним синдромом, а також при їх лікуванні.

Змінне ж застосування дослідного біоциду «РабітДез» та прототипу «Зоодізін» створить можливість мінімізувати процес адаптації мікробіоти тіла кролів та середовища тваринницьких приміщень, зокрема, патогенної, до деззасобів, що вплине на можливість появи резистентних форм мікроорганізмів, що є основною причиною розробки все нових антибактеріальних препаратів та засобів.

Висновки

1. Частота виявлення *Bacillus* spp. з шерсті кролів знизилася на 71,5 % при застосуванні деззасобу «РабітДез» та на 64,3 % при обробці деззасобом

«Зоодізін», *Candida* spp. – на 66,6 % і 58,4 % відповідно. При цьому БГКП не ідентифікувалась. Кількість мікроорганізмів у змивах із шерсті кролів теж знизилась, а саме: *Bacillus* spp. – на 42,6 % при застосуванні деззасобу «РабітДез» та на 39,1 % за дії прототипу «Зоодізін», *Candida* spp. – на 46,4 % та на 40,6 %, МАФАНМ – на 57,0 % та 55,6 % відповідно. На БГКП обидва біоциди чинили 100 % бактерицидну дію.

2. Частота виділення *Staphylococcus* spp. із носових ходів зменшилася на 50,1 % за дії біоциду «РабітДез» та на 46,1 % за біоциду «Зоодізін», *Bacillus* spp. – на 80,8 % та на 76,9 %, *Candida* spp. – на 65,4 % та на 57,6 % відповідно. На БГКП обидва засоби чинили 100 % бактерицидну дію. Кількісно у змивах *Staphylococcus* spp. зменшилися за дії засобу «РабітДез» на 48,3 % рази та на 41,2 % за дії засобу «Зоодізін», *Bacillus* spp. – на 52,4 % та на 39,3 %, *Candida* spp. – на 58,3 % та 46,0 %, МАФАНМ – на 59,6 % та на –53,1 %. БГКП не ідентифікувались.

3. Кількісний склад МАФАНМ, *Staphylococcus* spp. та *Candida* spp. у повітрі приміщення, де утримувалися кролі після застосування біоцидів «Зоодізін» та «РабітДез» зменшився на 99 %.

4. Проведення аерозольної дезінфекції з біоцидами «Зоодізін» та «РабітДез» ефективно знезаражувало поверхні решітчастої підлоги кліток, стін, годівниць і вікон оскільки після змивів через 2 год від початку застосування препарату на досліджуваних об'єктах виявляло мезофільної мікробіоти не більше 10^1 КУО/см² площі.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у біологічному обґрунтуванні впливу «РабітДез» на організм за аерозольної дезінфекції в присутності кролів.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Alsarraf, M., Levytska, V., Mierzejewska, E. J., Poliukhovych, V., I. Boiko, O. V., Honchar, O. F., Lesyk, Y. V., Kovalchuk, I. I., & Gutyj, B. V. (2020). Influence of zinc nanoaquacitrate on the immuno-physiological reactivity and productivity of the organism of rabbits. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11 (1), 133–138. <https://doi.org/10.15421/022020>
2. Serdiuk, A. M., Hulych, V. H., Kaplunenko, V. H., & Kosynov, M. V. (2010). Nano-tehnolohii mikronutriientiv: problemy, perspektvyv ta shliakhy likvidatsii defitsytu makro – ta mikroelementiv. *AMN Ukrainy*, 16 (1), 107–114. [in Ukrainian]
3. Verkholiuk, M. (2019). Investigation of the minimum bactericidal concentration of acid detergent “Milkodez” on the test culture of microorganisms. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (93), 93–97. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9316>
4. Allen, L.-A. H., & Criss, A. K. (2019). Cell intrinsic functions of neutrophils and their manipulation by pathogens. *Current Opinion in Immunology*, 60, 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2019.05.004>

5. Nechyporenko, O. L., Berezovsky, A. V., Petrov, R. V., & Fotyn, A. I. (2019). Research on species composition of microflora in poultry farms of different type. *Bulletin “Veterinary Biotechnology”*, 35, 100–109. https://doi.org/10.31073/vet_biotech35-12
6. Fotina, T. I. (2014). Mikroflora ptashnykiv. *Nashe Ptakhivnytstvo*, 6 (36), 84–88. [in Ukrainian]
7. Kasyanenko, O. I., Fotin, A. I., Kasyanenko, S. M., & Gusev, V. O. (2018). Sanitary condition of poultry houses during the period of technological breeding of poultry. *Problems of Zoinengineering and Veterinary Medicine*, 35, 1 (2), 59–61.
8. Lahlou, S., Leal-Cardoso, J. H., Magalhães, P. J., Coelho-de-Souza, A. N., & Duarte, G. P. (1999). Cardiovascular effects of the essential oil of *Croton nepetaefolius* in rats: role of the autonomic nervous system. *Planta Medica*, 65 (6), 553–557. <https://doi.org/10.1055/s-1999-14025>
9. Leal-Cardoso, J. H., & Fonteles, M. C. (1999). Pharmacological effects of essential oils of plants of the northeast of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 71 (2), 207–213.
10. Donaldson, G. P., Lee, S. M., & Mazmanian, S. K. (2015). Gut biogeography of the bacterial microbiota. *Nature Reviews Microbiology*, 14 (1), 20–32. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3552>
11. Godoy-Vitorino, F. (2019). Human microbial ecology and the rising new medicine. *Annals of Translational Medicine*, 7 (14), 342–342. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.06.56>
12. Volianskyi, Yu. L., Hrytsenko, I. S., & Shyrokokobokov, V. P. (2004). *Vychennia spetsyficnoi aktyvnosti protymikrobnykh likarskykh zasobiv: metodychni rekomendatsii*. Kyiv [in Ukrainian]
13. Kukhtyn, M. D., Perkii, Yu. B., Semaniuk, V. I., & Murska, S. D. (2012). Suchasni pohliady na sanitarnu obrobku tekhnolohichnoho ustatkuvannia u kharchovii promyslovosti. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsio-Nalnoho Universytetu Vetrynarnoi Medytsyny ta Biotekhnolohii Imeni SZ Ghzytskoho*, 14 (53), 302–307. [in Ukrainian]
14. Kukhtyn, M. D., & Krushelnitska, N. V. (2014). Formuvannia bioplivok mikroorhanizmy, yaki vydielni z doilnoho ustatkuvannia. *Biolohtia Tvaryn*, 1, 95–103. [in Ukrainian]
15. Salata, V. Z., Kukhtyn, M. D., Perkii, Yu. B., & Suprovych, T. M. (2015). Baktery-tydna aktyvnist myno-dezinfikiuchoho zasobu San-aktyv na test obiektakh vidnosno *E. coli* ta *S. aureus*. *Problemy Zoonzhenerii ta Vetrynarnoi Medytsyny*, 31 (2), 245–248. [in Ukrainian]
16. Kolodii, H. V. (2015). Vyznachennia bakterytydnoi aktyvnosti dezinfikiuchoho zasobu na osnovi solei poliheksametylenhuanidynu. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytutu Biolohtii Tvaryn i Derzhavnoho Naukovo-Doslidnoho Kontrolnoho Instytutu Vetrynarnoi Medytsyny ta Kormovykh Dobavok*, 16 (2), 200–205. [in Ukrainian]
17. Pryskoka, V. A., Sobko, Yu. A., & Panchenko, O. O. (2014). Pro osoblyvosti aerezolnoi dezinfeksii prymyshchen ta ponovlennia populatsii mikroorhanizmiv pislia nei. *Yumpu*, 269–273. Retrieved from: <https://www.yumpu.com/xx/document/view/22671878/-pdf> [in Ukrainian]
18. Mandyhra, M. S., Lysytsia, A. V., Zhyhaliuk, S. V., Dmytriiiev, I. M., Velychko, Yu. M., Andrushchuk, I. L., Mandyhra, Yu. M., & Romanishyna, O. O. (2012). Analiz zasobiv dlia vetrynarnoi dezinfeksii. *Vetrynarna Medytsyna*, 96, 163–165. [in Ukrainian]
19. Yakubchak, O. M., Khomenko, V. I., & Kovalenko, V. L. (2005). *Metodychni rekomen-datsii shchodo sanitarno-mikrobiolohichnoho doslidzhennia zmyviv z poverkhon test-obiektiv ta obiektiv vetrynarnoho nahliadu i kontroliu: metodychni rekomendatsii*. Kyiv: NAU [in Ukrainian]
20. DSTU 8020:2015 *Prymishchennia tvarynnytski. Metody vyznachannia efektyvnosti*. Chynnyy vid 2017-01-05. (2015). Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78951 [in Ukrainian]
21. Kovalenko, V. L., Yakubchak, O. M., & Yatsenko, M. F. (2010). *Metodychni rekome-ndatsii. Sanitarno-mikrobiolohichni kontrol povitria, obiektiv vetrynarno-sanitarnoho nahliadu i kontroliu*. Kyiv. [in Ukrainian]

ORCID

- I. Romazan  <https://orcid.org/0009-0000-4253-6901>
I. Turko  <https://orcid.org/0000-0002-3701-0988>



© 2024 Romazan I. and Turko 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.

Prerequisites of the engineering of bionic technical tools for soil processing

A. Kobets¹ | E. Aliiev^{1,2} | H. Tesliuk¹ | O. Zolotovska¹

Article info

Correspondence Author

A. Kobets

E-mail:

alonaz197@ukr.net

¹ Dnipro State Agrarian and Economic University, Serhii Efremov Str., 25, Dnipro, 49600 Ukraine

² Institute of Oilseed Crops NAAS, Instytutska Str., 1, v. Soniachne, Zaporizhzhia District, Zaporizhzhia Region, 69093, Ukraine

Citation: Kobets, A., Aliiev, E., Tesliuk, H., & Zolotovska, O. (2024). Prerequisites of the engineering of bionic technical tools for soil processing. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 187–199. doi: 10.31210/spi2024.27.04.32

The development of soil moisture storage and retention systems is hampered by high energy consumption, low economic efficiency and significant moisture losses, as well as other disadvantages associated with the use of tillage equipment. The purpose of the research is to analyze the existing bionic tillage working bodies and the processes of their interaction with the soil, which will make it possible to develop methods for designing bionic technical means of tillage. The given analysis of the morphological properties of soil and water fauna emphasizes the relevance of using the shape of their body and the surface of the cover in the design of working bodies of technical means of soil cultivation. The use of such bionic working bodies makes it possible to reduce the adhesion of the soil and its resistance to the flow around the working body, while ensuring effective cutting of the soil environment. The analysis of research on bionic tillage working bodies showed a wide range of application of morphological properties of soil and water fauna for various types of technical means of tillage. However, the presented studies lack a generalised methodology that would take into account modern modelling methods based on CAD/CAE systems, the use of advanced engineering software to analyse the results of experimental studies, and bionic design principles. Therefore, based on our own experience of numerical modeling, analysis of animal locomotion and morphology, and processing of the results of experimental studies, the method of designing tillage tools, which is called "Engineering of bionic technical means of tillage", was added. The presented method of designing tillage tools contains 5 blocks: technological requirements, bionic design principles, numerical modeling, experimental studies, production tests. Further research will be aimed at determining the specific laws and relationships of the morphology and locomotion of animals of soil and water fauna from the design of working bodies of technical means of soil cultivation and their interaction with the soil environment.

Keywords: soil, working organs, bionics, engineering, design, analysis, methodology.

Передумови інжинірингу біонічних технічних засобів обробітку ґрунту

A. С. Кобець¹ | Е. Б. Алієв^{1,2} | Г. В. Теслюк¹ | О. В. Золотовська¹

¹ Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

² Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, с. Сонячне, Запорізька обл., Україна

Розвиток систем зберігання та утримання вологи в ґрунті стримується через високе енергоспоживання, низьку економічну ефективність і значні втрати вологи, а також інші недоліки, пов'язані з використанням ґрунтообробного обладнання. Отже, важливо розробити ефективні та енергоощадні біонічні знаряддя для обробки ґрунту, які відповідатимуть сучасним вимогам аграрного сектору. Тому метою проведеного огляду літературних джерел було здійснення глибокого аналізу існуючих біонічних ґрунтообробних робочих органів і процесів їх взаємодії із ґрунтом, який дасть змогу розробки методу проектування біонічних технічних засобів обробітку ґрунту. Приведений аналіз морфологічних властивостей ґрунтової і водної фауни підкреслює актуальність застосування форми їх тіла і поверхні покрову при проектуванні робочих органів технічних засобів обробітку ґрунту. Використання таких біонічних робочих органів дозволяють знизити адгезію ґрунту і його опір на обтікання робочого органу, забезпечуючи при цьому ефективне прорізання ґрунтового середовища. Аналіз досліджень біонічних ґрунтообробних робочих органів показав великий спектр застосування морфологічних властивостей ґрунтової і водної фауни для різних видів технічних засобів обробітку ґрунту. Однак, у представлених дослідженнях відсутня узагальнена методика, яка б врахувала сучасні методи моделювання на основі CAD/CAE-систем, використання передових інженерних програм для аналізу результатів експериментальних досліджень, а також біонічних принципів проектування. Тому спираючись на власному досвіді чисельного моделювання, аналізу локомоції та морфології тварин і обробки результатів експериментальних досліджень доповнено методу проектування ґрунтообробних знарядь, яка має назву «Інжиніринг біонічних технічних засобів обробітку ґрунту». Представлена методика проектування ґрунтообробних знарядь містить 5 блоків: технологічні вимоги, біонічні принципи проектування, чисельне моделювання, експериментальні дослідження, виробничі випробування. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення конкретних закономірностей і взаємозв'язків морфології і локомоції тварин ґрунтової і водної фауни із проектування робочих органів технічних засобів обробітку ґрунту та їх взаємодії із ґрунтовым середовищем.

Ключові слова: ґрунт, робочі органи, біоніка, інжиніринг, проектування, аналіз, методика.

Бібліографічний опис для цитування: Кобець А. С., Алієв Е. Б., Теслюк Г. В., Золотовська О. В. Передумови інжинірингу біонічних технічних засобів обробітку ґрунту. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 187–199.

Сільське господарство, як одна з рушійних сил людського розвитку, є основою для підтримки соціальної стабільності. Аграрне машинобудування завжди було важливою галуззю досліджень, і різні технології постійно просувалися та застосовувалися в ній [1]. Біонічна технологія з унікальною інженерною думкою позитивно впливає на розвиток агротехніки. Народження біоніки відкрило нову еру навчання людини у природи [2]. Біоніка – це вивчення структури, властивостей, принципів, поведінки та взаємодії біологічних систем з метою створення нових ідей дизайну, принципів роботи та складу систем для інженерних технологій [3]. Поки що не існує уніфікованого та чіткого визначення біоніки в строгому сенсі, але її основна конотація зрозуміла: біоніка вдосконалює сучасне технічне обладнання та створює нові технології шляхом вивчення та імітації різних характеристик біологічного світу [4].

Імітуючи характеристики та рухи різних істот, біоніка є важливою формою навчання людини у природи. Біонічна технологія може бути застосовано до оптимізованої сільськогосподарської техніки та обладнання, що значно покращить ефективність роботи сільськогосподарського виробництва [5–7].

У галузі аграрного машинобудування взаємодія між ґрунтом і технікою є однією з основних проблемних питань. У процесі контакту ґрунтообробних знарядь із ґрунтом створюється великий опір і відповідно збільшується споживання енергії. В свою чергу біоніка, яка базується на ґрунтовій і водній фаунах, дає змогу зменшити опір за рахунок обтікаючих форм і поверхонь з антиадгезійними властивостями [8–11].

Тому важливо розробити високоефективні та енергозберігаючі біонічні ґрунтообробні знаряддя, які б відповідали вимогам сучасного сільського господарства щодо зниження опору обробці та зчеплення ґрунту. Зчеплення з ґрунтом спричиняє підвищення робочого опору під час роботи ґрунтозачепних компонентів, що призводить до збільшення енерговитрат, погіршення експлуатаційних якостей, значної втрати вологи ґрунтом і навіть механічних пошкоджень.

Популяризація систем зберігання та збереження вологи у ґрунті обмежується високим споживанням енергії, недостатньою економічною ефективністю та значною втратою вологи ґрунтом, наряду з іншими негативними факторами, що стосуються ґрунтообробного обладнання [12–14]. Під час роботи традиційного сільськогосподарського знаряддя для обробки ґрунту споживання енергії на подолання опору ковзанню між ґрунтом і поверхнею знаряддя становить 40–70 % від загального споживання енергії через адгезію ґрунту і тертя [15, 16].

Багато вчених розглядали механізми і будували відповідні фізико-математичні моделі процесу ковзання ґрунту по матеріалу знаряддя, який включає тертя та адгезію [17–19]. Ці технології важко застосувати в механічному обладнанні через низьку стійкість до стирання, високу вартість, складну роботу, нестабільну техніку або складність ремонту.

У природі явища зчеплення з ґрунтом майже відсутні у тварин ґрунтової фауни при пересуванні їх

в ґрунті. Із розвитком біоніки дослідники помітили, що тварини ґрунтової фауни, такі як жук-гноювик, жужелиця, кротовий цвіркун, миш, панголін тощо, мають функції запобігання адгезії або зменшення опору протягом тривалого часу [20–24]. Такі відмінні здібності тварин ґрунтової фауни щодо антиадгезії або зниження опору частково є наслідком їхньої негладкої морфології поверхні [25].

Біоміметичні дослідження показують, що істоти досягають чудових функціональних здібностей, адаптуючись до свого середовища проживання шляхом тривалої еволюції [26]. Деякі тварини, які постійно живуть у ґрунтовому середовищі, виробили різні режими діяльності, щоб адаптуватися до різних умов ґрунтового середовища. Тим часом у цих тварин поступово розвинулися додатки з оптимізованою морфологією та чудовими механічними властивостями для зменшення опору різанню під час копання. Це забезпечує основу для біонічних досліджень щодо оптимізації геометричної структури та механічних властивостей ґрунтообробних знарядь [23, 27].

Аналізом літературних джерел [28, 43, 51] встановлено, що з точки зору гідродинаміки тіло тварин водної фауни (риб, ссавців тощо) – самі раціональні природні конструкції [8, 10]. Використання форми тіла тварин водної фауни дозволяють знизити опір на обтікання робочого органу, забезпечуючи при цьому ефективне прорізання середовища.

Приведений аналіз літературних джерел підкреслює актуальність використання морфологічних властивостей ґрунтової і водної фауни при проектуванні ґрунтообробних знарядь.

В дослідженнях [29] представлено аналіз способів зменшення опору конструкційних елементів за допомогою різних рішень для інженерії поверхні. Поточні дослідження в основному зосереджені на останніх досягненнях у трибологічній поведінці біоінспірованих поверхонь і матеріалів. Також показано, що імітація біологічних поверхонь призвела до значного зниження рівня тертя та опору, сприяючи розробці протизносних і антиадгезійних поверхонь.

В роботі [30] з метою покращення робочих характеристик збиральної машини маніюки було проведено структурне біонічне проектування її копальної лопати. Взявши лапи східного цвіркуна як біонічний прототип, було створено новий метод структурного біонічного проектування лопати для копання (*рис. 1*). Було запропоновано комплексний метод порівняння продуктивності, який використовується для вибору схем біонічного проектування. Дослідження показали, що метод біонічного дизайну може не тільки покращити загальні механічні властивості копальної лопати, але також може допомогти покращити ефект збирання маніюки, що дає нову ідею для структурної оптимізації конструкції машин для збирання врожаю.

У дослідженні [31] запропоновано спосіб розпушування ґрунту примусовою вібрацією для зменшення опору та енерговитрати. Біонічними прототипами негладких робочих органів глибокорихлювача в цьому дослідженні були мурашиний лев і панголін (*рис. 2*). Аналогічні дослідження

представлені в статті [32], де використані багатокутні геометричні структури луски панголіна. Результати показали, що поєднання високочастотної вібрації та негладких поверхонь сприяло зниженню когезії ґрунту, зменшенню кута внутрішнього тертя в ґрунті, руйнуванню шару водяної плівки на поверхні контакту із ґрунтом.

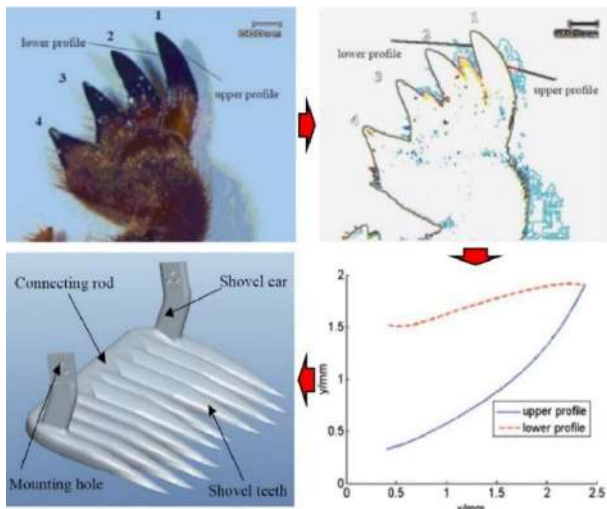


Рис. 1. Біонічне проектування робочого органу збиральної машини маніюки на основі лапи східного цвіркуна
Джерело: [2].

У дослідженні [33] біонічну комбіновану ґрунто-обробну машину для глибокого розпушування стерні було розроблено за допомогою біонічного аналізу. Базуючись на унікальній моделі кусання ротових апаратів сарани на підщепах кукурудзи,

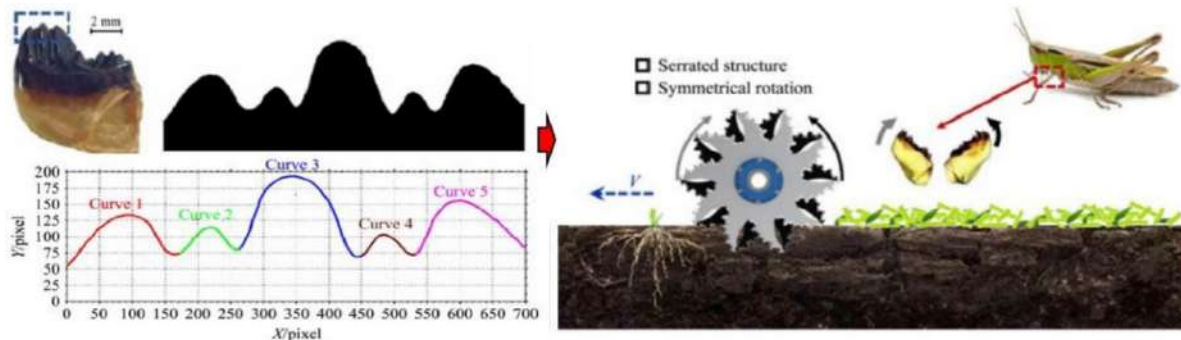


Рис. 3. Конструкція робочого органу глибокого розпушування стерні з використанням унікальної моделі ротових апаратів сарани
Джерело: [4].

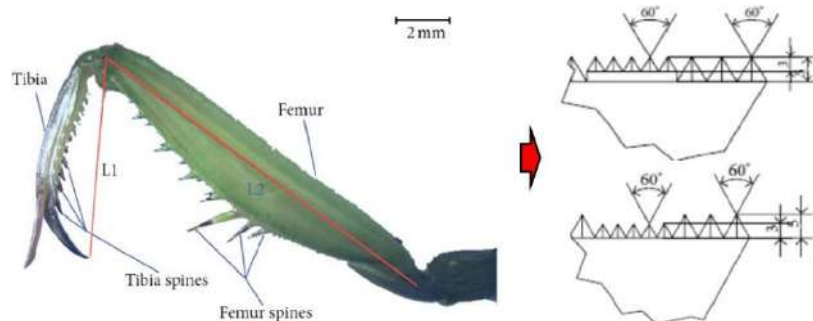


Рис. 4. Конструкція біонічного леза із профілем та розташуванням шипів передньої кінцівки богомола
Джерело: [5].

біонічний пристрій для руйнування стерні отримав нову багатосегментну зубчасту біонічну структуру (рис. 3) та симетричний обертальний рух, що могло значно збільшити швидкість руйнування стерні і зменшити опір до лущення стерні.

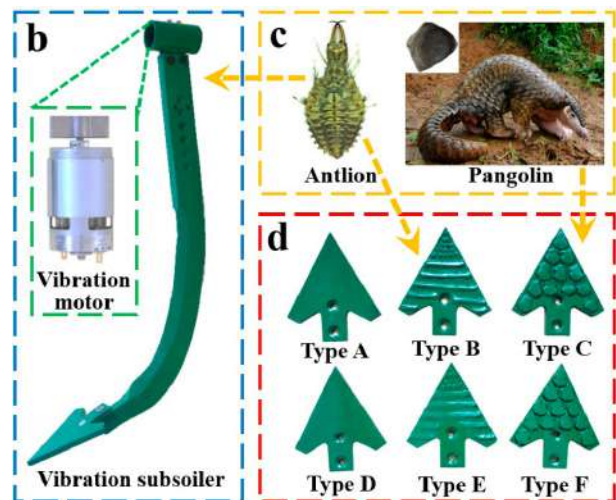


Рис. 2. Конструкція глибокорозпушувачів з вібраційним електронним двигуном:

b – вібраційний робочий орган глибокорозпушувача; c – біонічні прототипи; d – робочі органи глибокорозпушувача
Джерело: [2].

В статті [34] виходячи з профілю та розташування шипів передньої кінцівки богомола, а саме великогомілкової частини, були розроблені ріжучі леза з відповідним профілем зубів (рис. 4). За результатами чисельного моделювання і експериментів встановлено, що біонічні леза із зазубреними краями продемонстрували кращу ефективність різання.

У статті [35] наведено методи та результати моделювання в сільськогосподарській біомеханіці, що дозволило обґрунтувати адаптовані до ґрунтового середовища моделі робочих органів культиватора на основі поворотних дисків із зубами. Біологічним прототипом цієї конструкції є риуча кінцівка

жука-носорога (рис. 5). Застосування нового типу робочих органів – зубчастого плоского диска, сконструйованого за біонічною манерою, підвищить ефективність боротьби з бур'янами під час міжрядного обробітку ґрунту, а також зменшить тяговий опір.

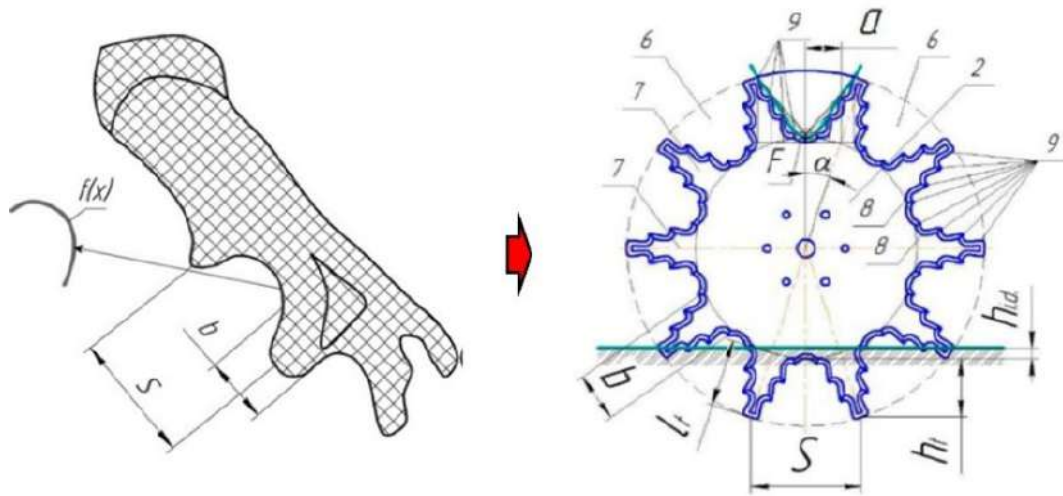


Рис. 5. Конструкція робочих органів культиватора на основі поворотних дисків із зубами на основі кінцівки жука-носорога
Джерело: [7].

У статті [36] наведено методи та результати застосування біонічного підходу в системі агро-механіки, що дозволило теоретично обґрунтувати основні параметри моделі робочих органів хвилястих дисків за двома біонічними прототипами (рис. 6) – риучою ніжкою та радіальними ребрами дисків двостулкової раковина істівного серцеподібного моллюска (*Cerastoderma edule*) і риуча нога жука-

гнойовика звичайного (*Geotrupes stercorarius*). Модель робочих органів хвилеподібних дисків дозволяє зберегти протиерозійну стійкість ґрунту у верхньому окультуреному шарі з метою збереження його структури та стерньового фону при безвідвальному обробітку ґрунту в системі ґрунтозахисного землеробства за технологіями «Verti-till» і «Strip-till».

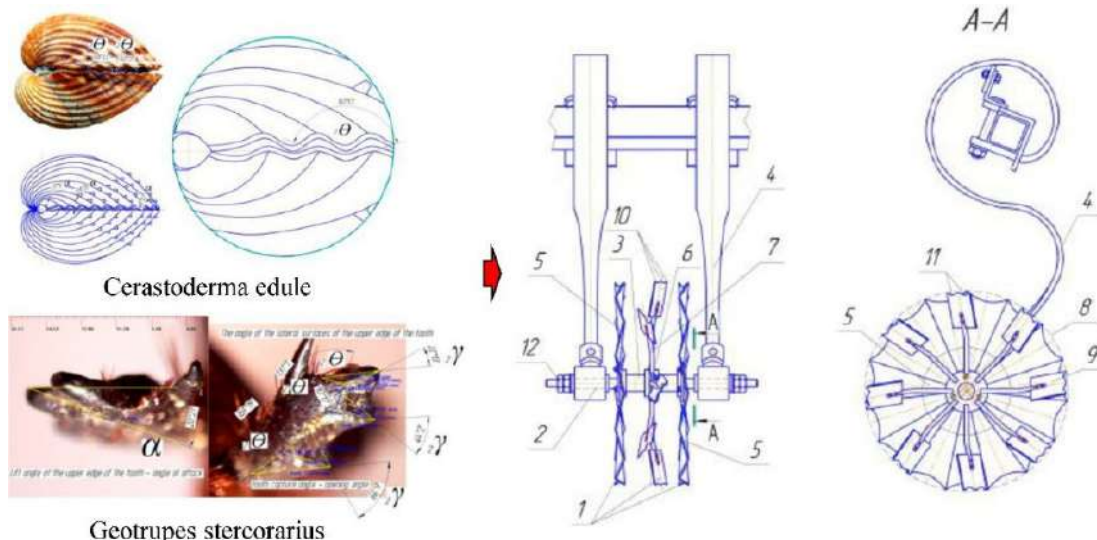


Рис. 6. Конструкція робочих органів хвилястих дисків за двома біонічними прототипами: риучою ніжкою та радіальними ребрами дисків двостулкової раковина істівного серцеподібного моллюска (*Cerastoderma edule*) і риуча нога жука-гнойовика звичайного (*Geotrupes stercorarius*)
Джерело: [8].

У статті [37] метод біонічного проектування використовувався для зменшення енергоспоживання розпушувача ґрунту. Біонічні структурні елементи, тобто трикутне долото і стійка, були натхненні

реберною структурою плакоїдної луски шкіри акули, яка має низький опір. Ці елементи були застосовані для розробки шести біонічних глибокорозпушувача для зменшення споживання енергії (рис. 7).

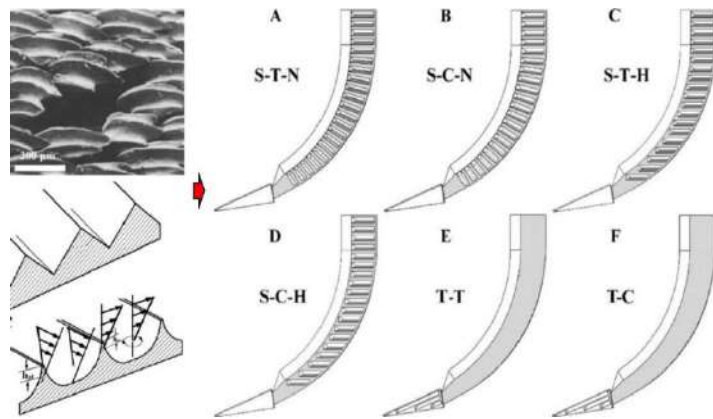


Рис. 7. Конструкція робочих органів глибокорозпушувачів, трикутне долото і стійка яких були натхненні реберною структурою плакоїдної луски шкіри акули
Джерело: [9].

У статті [38] на основі принципу біонічної інженерії оптимізацію традиційної лопати було проведено з урахуванням біонічних кривих структури

та морфології кігтя на ногах страуса (**рис. 8**). Біонічна лопата перевершила традиційну за критерієм зниження опору.

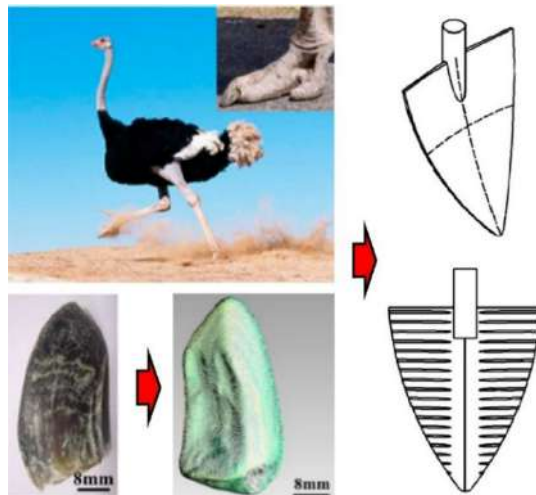


Рис. 8. Конструкція біонічної лопати на основі біонічних кривих структури та морфології кігтя на ногах страуса
Джерело: [10].

У статті [39] обґрунтуванні основні параметри моделі робочих органів культиватора-плоскоріза для обробки ґрунту на стерні з використанням двох біонічних прототипів (**рис. 9**) – віялоподібної щелепи жука-скарabeя (*Scarabaeus sacer*) та риучого ніжка

звичайного гнойовика (*Geotrupes stercorarius*). Модель робочого органу культиватора-плоскоріза дозволяє зберегти верхню стерню та забезпечити протиерозійну стійкість ґрунту в системі ґрунтозахисного землеробства за технологією «Mini-till».

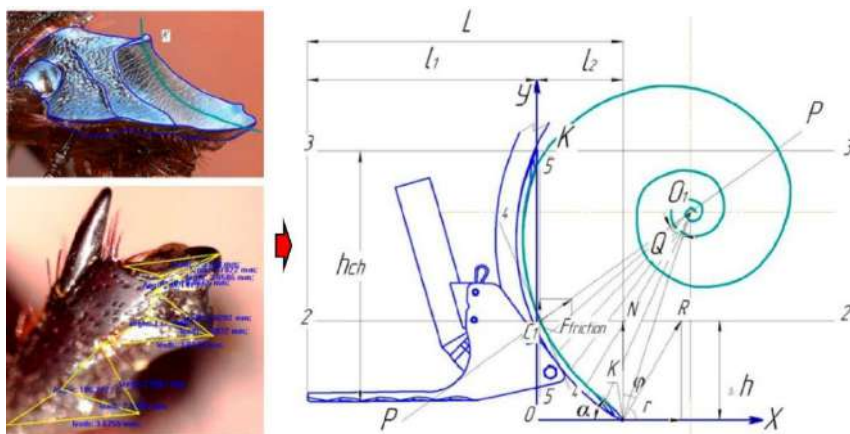


Рис. 9. Конструкція культиватора-плоскоріза для обробки ґрунту на стерні з використанням двох біонічних прототипів: віялоподібної щелепи жука-скарabeя (*Scarabaeus sacer*) та риучого ніжка звичайного гнойовика (*Geotrupes stercorarius*)
Джерело: [11].

У дослідженнях [40] розроблено конструкцію очисника стерні кукурудзи на основі біоніки передніх кінцівок крота (*рис. 10*). За допомогою теоретичного аналізу, комп'ютерного моделювання та

оптимізованого дизайну для тестування було вивчено механізм біонічних очищувачів, які мали морфологію руху передніх кінцівок і структурну морфологію переднього кігтя крота.

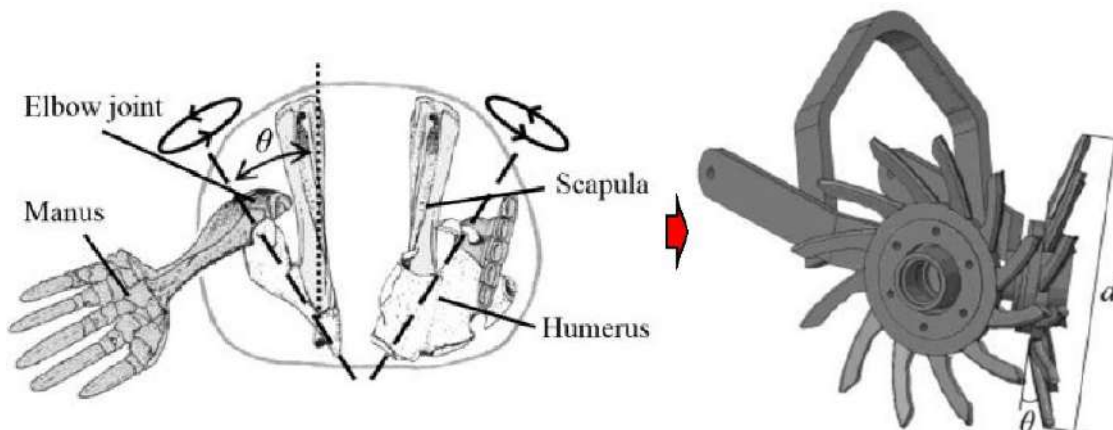


Рис. 10. Конструкція очисника стерні кукурудзи на основі біоніки передніх кінцівок крота
Джерело: [12].

В дослідженнях [41, 42] розроблена біонічна конструкція зубчастого колеса для імпринтингу ґрунту на основі геометричної подібності риючих кігтях тварин (*рис. 11*). Було виявлено, що механізм проникнення в ґрунт біонічного зубчастого колеса поведився як пила, що подібно до поведінки риття ґрунтових тварин. Геометрія зубчастої

структури має здатність до максимальної концентрації напруги в ґрунті, що підвищує схильність ґрунтового матеріалу до руйнування. Ці результати вказують на те, що біонічний підхід, натхненний конвергентною еволюцією, є новим і вигідним для розробки нових робочих знарядь для роботи з ґрунтом для оптимізації якості роботи та зменшення опору.

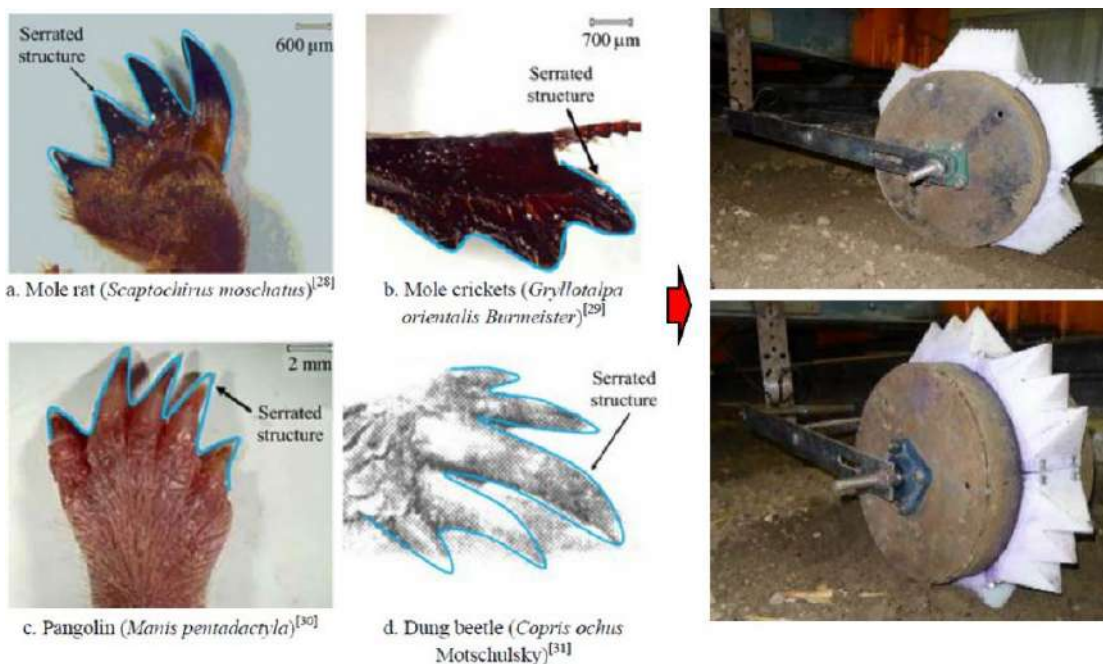


Рис. 11. Біонічна конструкція зубчастого колеса для імпринтингу ґрунту на основі геометричної подібності риючих кігтях тварин
Джерело: [13].

В роботі [43] розроблено біонічну конструкцію сошника із центральним лемішем для внесення рідких добрив через відкриту борозну, яка ґрунтується на обтічній кривій тіла осетрових (*рис. 12*). Результати випробувань показали,

що порівняно з сошником із стрижневим лемішем опір відкритої борозни та пошкодженням ґрунту біонічного сошника для глибокого внесення рідких добрив для осетрових є меншими.

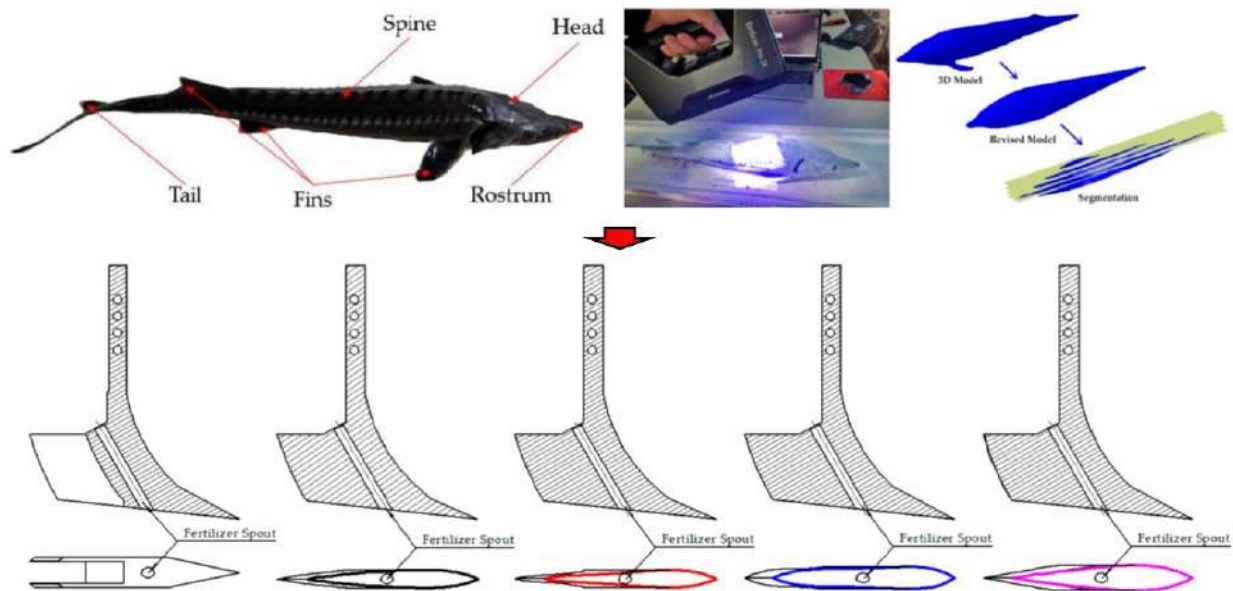


Рис. 12. Біонічна конструкція сошника із центральним лемішом для внесення рідких добрив через відкриту борозну, яка ґрунтується на обтічній кривій тіла осетрових
Джерело: [14].

В роботі [44] наведено результати дослідження конструкції лез ґрунтообробних органів (рис. 13) на основі структури тіла мокриці-броненосця (*Armadillidium vulgare*). Експериментальні результати показали, що на сухому ґрунті плоскі та біонічні леза мали однакову силу опору. У вологому ґрунті біонічне лезо призводило до найнижчої сили лобового опору, що пояснювалося швидшим рухом шару ґрунту на поверхні леза.

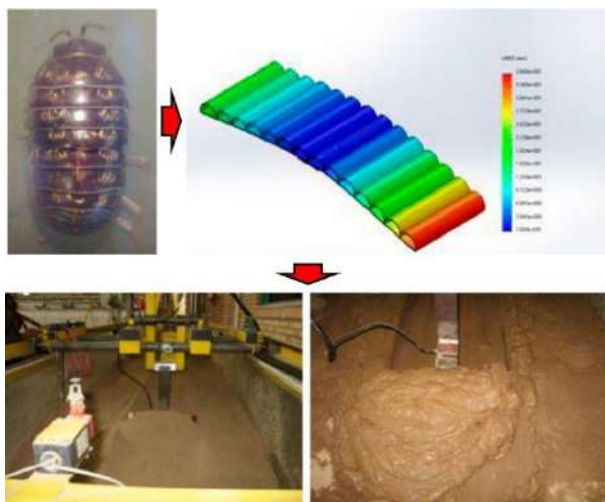


Рис. 13. Біонічна конструкція лез ґрунтообробних органів на основі структури тіла мокриці-броненосця (*Armadillidium vulgare*)
Джерело: [16].

Для оптимізації процесу проникнення в ґрунт у дослідженні [45] було розроблено та виготовлено шість зразків знарядь на основі контурів зубів борсука (рис. 14). В результаті чисельного моделювання і експериментальних досліджень встановлено, що контури борсукових зубів зменшують силу

проникнення, змінюючи напрямок сили та оптимізуючи властивості ґрунту. За результатами досліджень визначено оптимальну біонічну криву проникнення в різні типи ґрунтів.

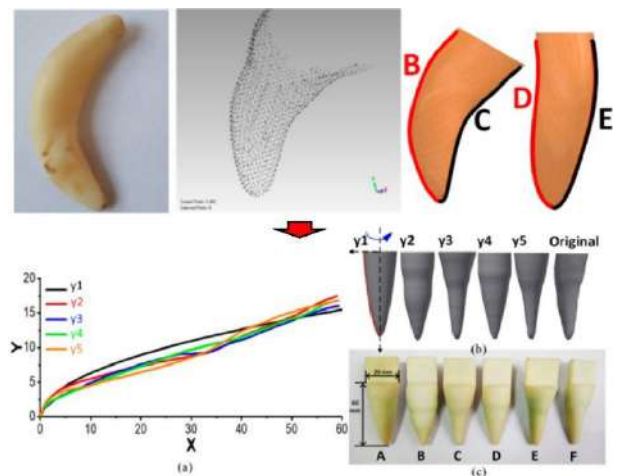


Рис. 14. Біонічна конструкція лез ґрунтообробних органів на основі структури тіла мокриці-броненосця (*Armadillidium vulgare*)
Джерело: [17].

В роботі [46] вчені натхненні комбінованим рухом поздовжнього різання ґрунту та бічного кидання ґрунту східним цвіркуном-кротом, було розроблено біонічне обертове лезо з контуром кривою краю виїмки передньої частини кігтя (рис. 15). Механічний і кінематичний аналіз біонічного обертового леза виявив його ріжучий механізм. Результати показали, що біонічне обертове лезо, засноване на краї екскавації та поверхні екскавації першого кігтя крота-цвіркуна, мало найбільшу відстань метання та найбільшу кількість розірваних зв'язків.

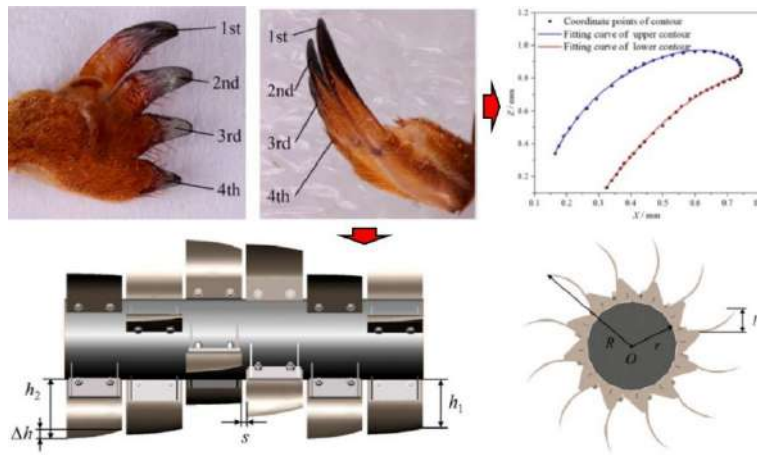


Рис. 15. Біонічне обертове лезо з контуром кривою кігтя східного цвіркуна-крота
Джерело: [18].

Основною особливістю голови кабана, яка використовується для їжі, є передня частина, яка за функціями, навантаженням і середовищем схожа на гребінь.

У статті [47] голова кабана була обрана як біологічний прототип для розробки нового підгортальника (рис. 16). Стійкість до проникнення

біонічного і традиційного підгортальників була перевірена на різних швидкостях. Результати випробувань показали, що біонічний підгортальник мав найкращий коефіцієнт зниження опору прониканню. Аналогічний принцип побудови знаряддя закладений в роботі [48].

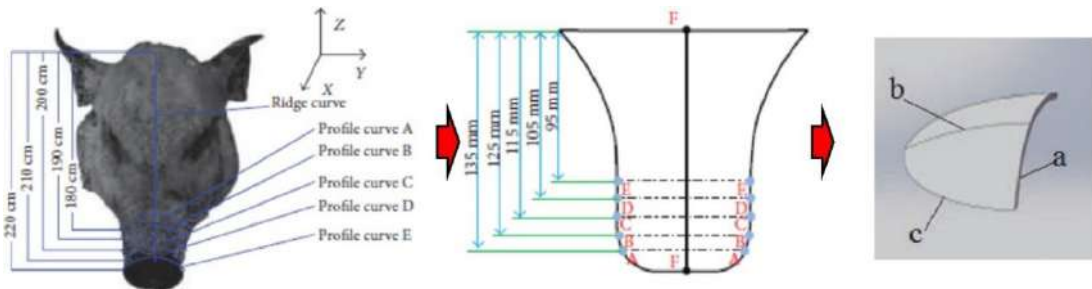


Рис. 16. Конструкція біонічного підгортальника на основі голови кабана
Джерело: [19].

В дослідженнях [49] було розроблено високо-ефективне біонічне знаряддя для розпушування ґрунту під час збирання моркви, що забезпечує менший опір ґрунту. В якості біонічного прототипу було обрано кігті борсука (рис. 17). В роботі розроблено конструкції крил знаряддя. Віртуальний симуляційний експеримент показує, що створене біонічне знаряддя може ефективно вирішувати

проблеми низького рівня пошкодження ґрунту та високого його опору та високої кількості браку моркви, а також покращує якість збирання врожаю та ефективність морквозбиральних комбайнів і відповідає вимогам агротехнічні вимоги збирання моркви. Аналогічна біоніка була використана в роботі [50] для розробки біонічного знаряддя для розпилення рідких добрив для глибокого внесення.

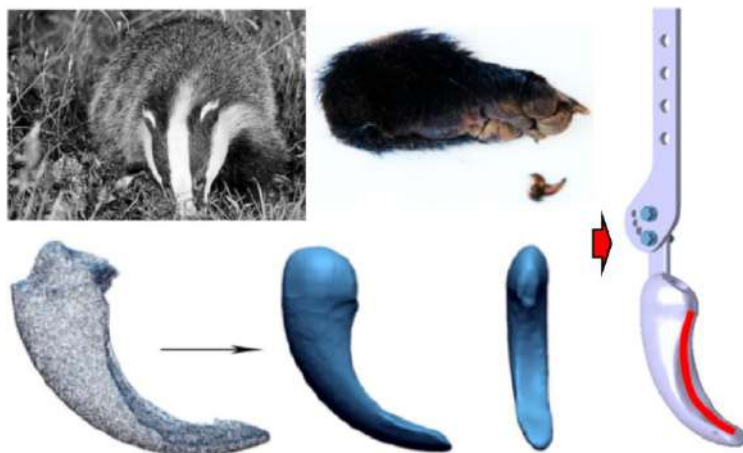


Рис. 17. Конструкція високо-ефективного біонічного знаряддя для розпушування ґрунту під час збирання моркви на основі кігтів борсука
Джерело: [21].

Стаття [51] розкриває біосистемний підхід до обґрунтування конструкцій пружних робочих органів культиватора-плоскоріза, які зберігають протиерозійну стійкість ґрунту у верхньому оброблюваному пласті з метою збереження його

структури і стерневого фону безотвальної обробки ґрунту за технологією «Mini-Till». Проаналізувавши будову та принцип роботи ската-рогача, була розроблена конструкція запропонованого культиватора-плоскоріза (рис. 18).

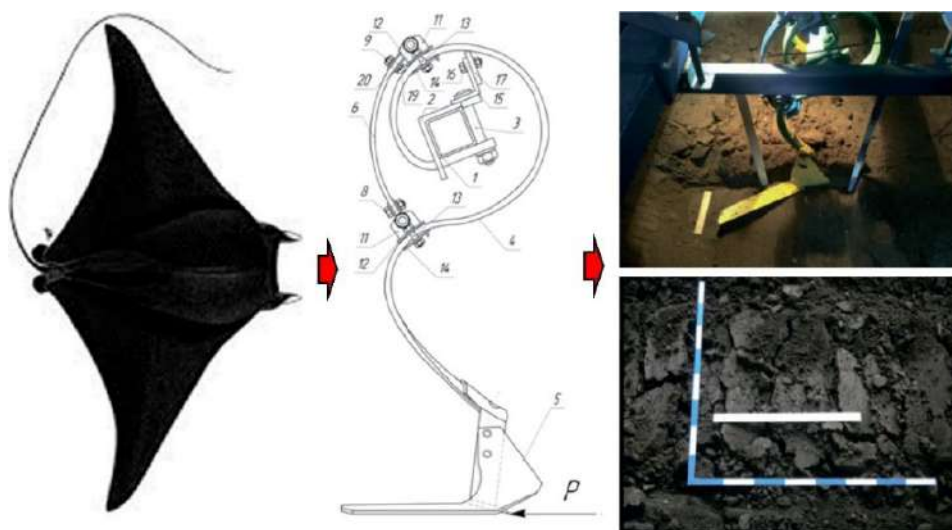


Рис. 18. Конструкція біонічного культиватора-плоскоріза на основі ската-рогача
Джерело: [23].

Як зазначено в роботі [52] конструкція та матеріал зубів фрези є одними з ключових елементів у дрібному розриванні верхнього шару ґрунту. Щоб покращити ефективність обробки ґрунту дробильними ріжучими зубами, запропоновано біонічний

прототип ріжучих зубів, натхненний кігтями борсука (рис. 19). Крім того, поверхня зубів фрези була модифікована антиадгезійним покриттям. Результати показали, що ріжучі зуби з біонічною структурою можуть ефективно зменшувати середній опір різанню.

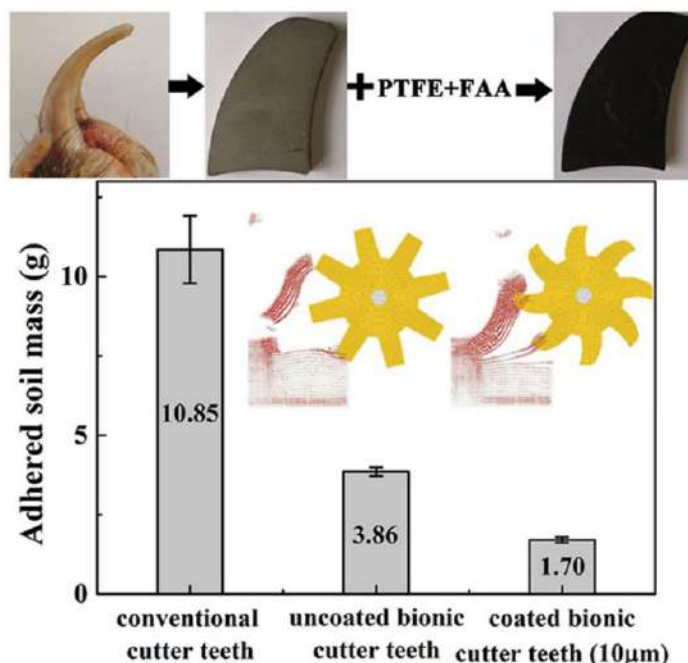


Рис. 19. Конструкція зубів фрези на основі біоніки кіготь борсука
Джерело: [24].

У статті [53] успішно змодельовала ефект того, що долото глибокорозпушувача був зламаний біонічним розпушувачем. Силу лапи крота під час викопування ґрунту спочатку проаналізували за

допомогою математичної моделі, а потім було розроблено біонічний глибокорозпушувач, який відповідає вимогам розкопок, поєднавши структуру кігтя крота зі стандартним глибокорозпушувачем (рис. 20).

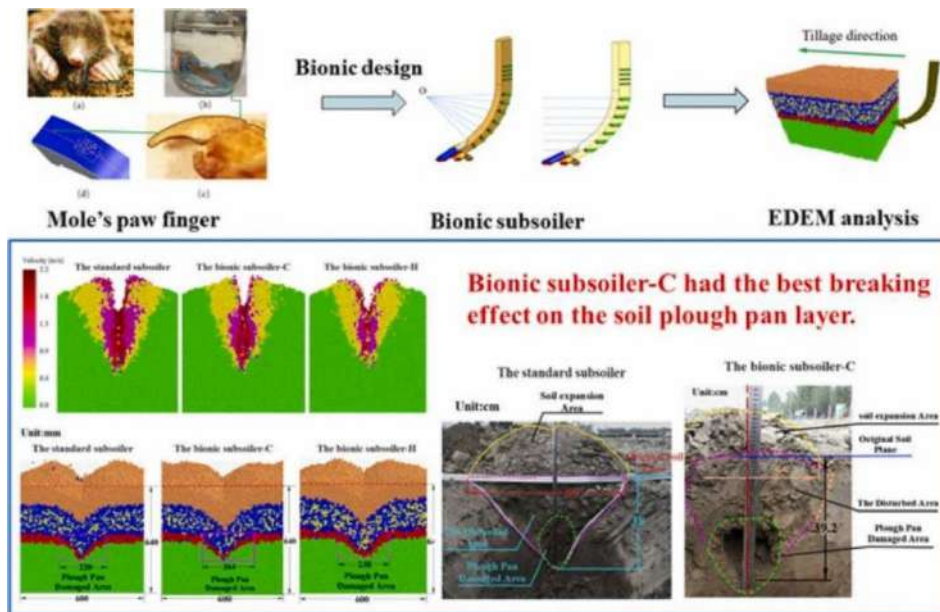


Рис. 20. Конструкція долота глибокорозпушувача на основі структури кігтя крота
Джерело: [25].

Щоб вирішити проблему високих енерговитрат у дослідженні [54] були розроблені біоміметичні ротаційні ґрунтообробні леза для зниження крутного моменту та потреби в енергії на основі геометричних характеристик п'яти передніх кігтів слеписів, включаючи контурні криві п'яти кінчиків кігтів та структурні характеристики багатоклапшової комбінації (рис. 21). Оптимальне лезо було обрано з урахуванням трьох факторів: відношення ширини кігтя до бічної відстані, кута нахилу комбінації з кількома кігтями та швидкості обертання через ґрунтові дослідити. Аналогічні результати отримані в дослідженнях [55].

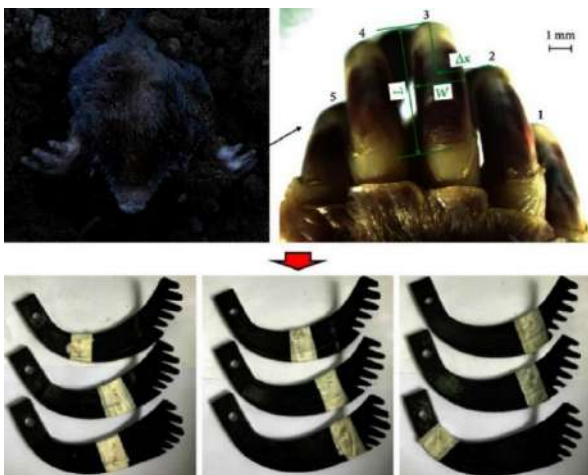


Рис. 21. Конструкція ротаційного ґрунтообробного леза на основі геометричних характеристик п'яти передніх кігтів слеписів
Джерело: [26].

Проведений аналіз демонструє те, що інжиніринг біонічних ґрунтообробних знарядь дозволяє підвищити їх ефективність за рахунок зменшення енерговитрат і покращення процесу розпушення

ґрантового середовища і різання рослинних залишків. Біонічні технічні засоби в зв'язку з інформаційними технологіями, інтелектуальними системами керуванням та сучасними технологіями мінімального обробітку ґрунту забезпечують краще зберігання та розподілення вологи в ґрунті, а також краще його удобрення, що призводить до підвищення врожайності при низьких витрат.

В монографії [16] створена методика і відповідна структурна схема розробки й оцінки зональних технологій та технічних засобів обробітку ґрунту. Дана схема включає 10 основних пунктів:

- аналіз багаторічних даних вологості ґрунту;
- визначення зміни агрофізичних і реологічних властивостей ґрунту;
- визначення факторів, що є лімітуючими, для конкретних ґрунтово-кліматичних умов;
- визначення емпіричних залежностей впливу стану орного горизонту на врожайність сільськогосподарських культур;
- розробка технологій механізованого обробітку ґрунту з набором ґрунтообробних робочих органів;
- розробка механіко-математичних моделей взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом;
- вибір за результатами теоретичних досліджень із урахуванням світового досвіду основних конструктивно-технологічних параметрів робочих органів ґрунтообробних машин;
- проведення експериментальних досліджень робочих органів-аналізаторів на основі математичного планування експериментів;
- визначення раціональних параметрів технологій та технічних засобів;
- апробація запропонованої технології обробітку ґрунту разом із новими розробленими знаряддями.

Також в роботі [16] зазначається, що для здійснення пошукових робіт у різних зонах не потрібно витрачати кошти на створення нових експериментальних робочих органів. Замість цього,

рекомендується проводити дослідження типових робочих органів-аналізаторів. Методика базується на цілеспрямованому доборі параметрів робочих органів за допомогою оптимізації багатofакторного експерименту.

Приведена методика дійсно дозволяє в загальному сенсі проектувати ґрунтообробні робочі органи за традиційними методами, які відомі ще з 1900 р. (часів Горячкін В. В. [56] і Василенка П. М. [57]). Однак вона не містить сучасних методів моделювання, які основані на CAD/CAE-системах, сучасних інженерних програм обробки результатів експериментальних досліджень, а також біонічних принципів проектування.

Тому, спираючись на власному досвіді чисельного моделювання [58–60], аналізу локомотії та

морфології тварин [61] і обробки результатів експериментальних досліджень [62] доповнено методику проектування ґрунтообробних знарядь, яку будемо називати «Інжиніринг біонічних технічних засобів обробітку ґрунту» (рис. 22).

Представлена методика проектування ґрунто-обробних знарядь містить 5 блоків: технологічні вимоги, біонічні принципи проектування, чисельне моделювання, експериментальні дослідження, виробничі випробування. Блок «Технологічні вимоги» визначає вхідні дані для проведення проектування, а саме агрофізичні і реологічні властивості ґранту, які залежать від його типу, складу і вологості, та технології обробітку ґрунту.

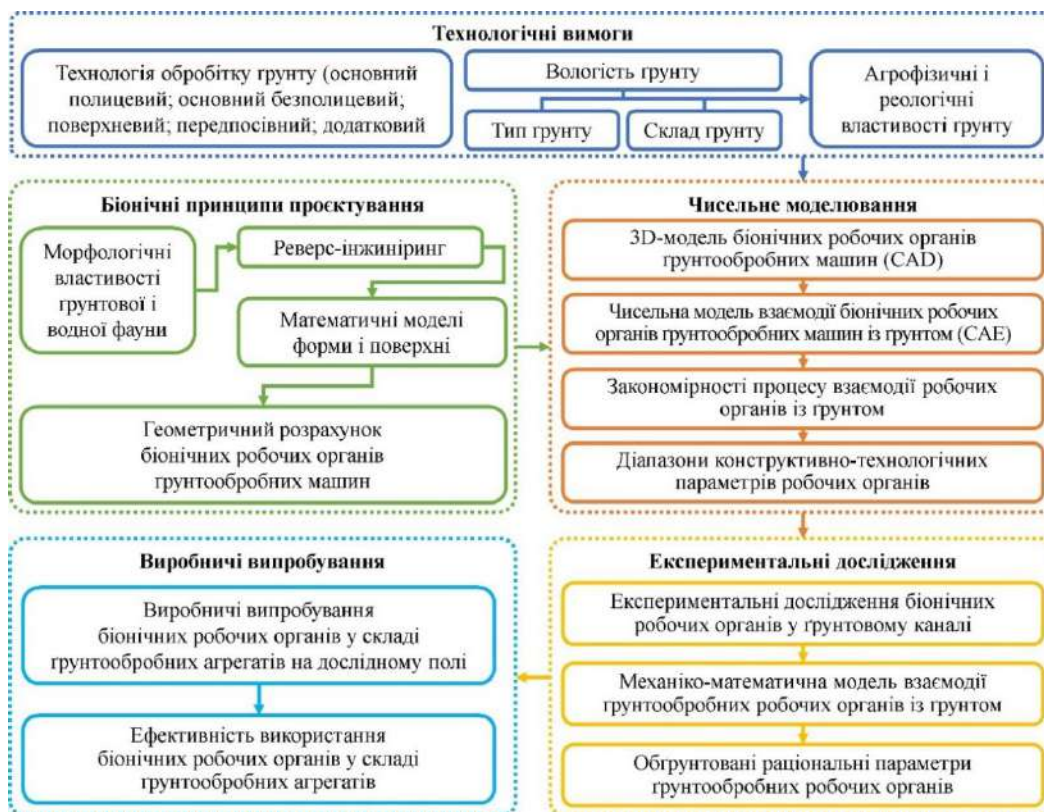


Рис. 22. Інжиніринг біонічних технічних засобів обробітку ґрунту

Джерело: складено авторами.

Блок «Чисельного моделювання» містить: 3D-модель біонічних робочих органів ґрунтообробних машин (CAD), чисельна модель їх взаємодії із ґрунтом (CAE), отриманні закономірності процесу цієї взаємодії, визначенні діапазони конструктивно-технологічних параметрів робочих органів. Блок «Експериментальні дослідження» є традиційним багатofакторним експериментом, однак створення механіко-математичної моделі взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом і обґрунтування раціональних параметрів відбувається з використанням сучасних інженерних програм, наприклад, Wolfram Cloud. Блок «Виробничі випробування» є також традиційним, однак при дослідженнях використовується сучасні вимірювальні комплекси на основі GPS-трекінгу, тензометрії тощо.

Висновки

Приведений аналіз морфологічних властивостей ґрунтової і водної фауни підкреслює актуальність застосування форми їх тіла і поверхні покрову при проектуванні робочих органів технічних засобів обробітку ґрунту. Використання таких біонічних робочих органів дозволяють знизити адгезію ґрунту і його опір на обтікання робочого органу, забезпечуючи при цьому ефективне прорізання ґрунтового середовища.

Аналіз досліджень біонічних ґрунтообробних робочих органів показав великий спектр застосування морфологічних властивостей ґрунтової і водної фауни для різних видів технічних засобів обробітку ґрунту.

Однак в приведених дослідженнях не прослідковується узагальненої методика проектування біонічних ґрунтообробних знарядь. Тому спираючись на власному досвіді чисельного моделювання, аналізу локомоції та морфології тварин і обробки результатів експериментальних досліджень доповнено методику проектування ґрунтообробних знарядь, яка має назву «Інжиніринг біонічних технічних засобів обробітку ґрунту». Представлена методика проектування ґрунтообробних знарядь містить 5 блоків: технологічні вимоги, біонічні принципи проектування, чисельне моделювання, експериментальні дослідження, виробничі випробування.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення конкретних закономірностей і взаємозв'язків морфології і локомоції тварин ґрунтової і водної фауни із проектування робочих органів технічних засобів обробітку ґрунту та їх взаємодії із ґрунтовим середовищем.

Конфлікт інтересів



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

References

- Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture – a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36 (2–3), 113–132. [https://doi.org/10.1016/s0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/s0168-1699(02)00096-0)
- Hmidet, I. (2020). Bionic design architectural innovations inspired by nature with a focus on concrete shell structures. *Bachelor Thesis. Bachelor of Science in Civil Engineering. Technical University of Munich*. 153. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25490.48329>
- Yongxiang, L. (2004). Significance and progress of bionics. *Journal of Bionic Engineering*, 1 (1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/bf03399448>
- Dickinson, M. H. (1999). Bionics: Biological insight into mechanical design. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96 (25), 14208–14209. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.25.14208>
- Kucheruk, L. Yu. (2021). *Bionika v silskomu hospodarstvi ta biomedychna inzheneriia u veterynarii: tematychnyi bibliografichnyi pokazchych literatury na dopomohu naukovodoslidnii roboti, v kilkostr 209 nazv dokumentiv ukrainskoiu, rosiiskoiu ta inozemnymy movamy*. Kyiv: NUBiP Ukrainy [in Ukrainian]
- Babitskyi, L. F., & Moskalevych, V. Yu. (1999). Bionic desing of process of tooling of soil. *Proceedings of Tavria State Agrotechnological University*, 10 (8), 357–366.
- Babitskyi, L. F. (1998). *Bionichni napriamy rozrobky ґрунтообробnykh mashyn*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]
- Babitsky, L. F., Sobolevsky, I. V., & Kuklin, V. A. (2020). Bionic modelling of the working bodies of machines for surface tillage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 488 (1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/488/1/012041>
- Babitsky, L. F., & Moskalevich, V. Yu. (2023). Bionics in the development of agricultural machines taking into account the processed material and the created devices properties in determining characteristics. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering*, 1 (142), 4–14. <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2023-1-4-14>
- Tu, C., Li, J., Wang, X., Shen, C., & Li, J. (2021). Bionic technology and deep learning in agricultural engineering: Current status and future prospects. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 17 (2), 217–231. <https://doi.org/10.3844/ajbbbsp.2021.217.231>
- Chirende, B., & Jianqiao, L. (2009). Review on application of biomimetics in the design of agricultural implements. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 4 (2), 042–048
- Schneider, F., Steiger, D., Ledermann, T., Fry, P., & Rist, S. (2010). No-tillage farming: co-creation of innovation through network building. *Land Degradation & Development*, 23 (3), 242–255. Portico. <https://doi.org/10.1002/ldr.1073>
- López, M. V., Blanco-Moure, N., Limón, M. Á., & Gracia, R. (2012). No tillage in rainfed Aragon (NE Spain): Effect on organic carbon in the soil surface horizon. *Soil and Tillage Research*, 118, 61–65. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.012>
- Chaplain, V., Défossez, P., Richard, G., Tessier, D., & Roger-Estrade, J. (2011). Contrasted effects of no-till on bulk density of soil and mechanical resistance. *Soil and Tillage Research*, 111 (2), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.08.015>
- Hukov, Ya. S. (1999). *Obrobitorok ґрунту. Tekhnolohiia i tekhnika. Mekhaniko-tekhnolohichne obruntuvannia enerhozberihaiuchykh zasobiv dlia mekhanizatsii obrobitorok ґрунту v umovakh Ukrainy*. Kyiv: Nora-Print [in Ukrainian]
- Shevchenko, I. A. (2016). *Keruvannia ahrofizychnym stanom ґруntovoho seredovyscha*. Kyiv: Vydavnychiy dim «Vinichenko» [in Ukrainian]
- Jia, X. (2006). Unsmooth cuticles of soil animals and theoretical analysis of their hydrophobicity and anti-soil-adhesion mechanism. *Journal of Colloid and Interface Science*, 295 (2), 490–494. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.11.057>
- Spagnoli, G., Klitzsch, N., Fernandez-Steeger, T., Feinendegen, M., Rey, A. R., Stanjek, H., & Azzam, R. (2011). Application of electro-osmosis to reduce the adhesion of clay during mechanical tunnel driving. *Environmental & Engineering Geoscience*, 17 (4), 417–426. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.17.4.417>
- Ren, L., Cong, Q., Tong, J., & Chen, B. (2001). Reducing adhesion of soil against loading shovel using bionic electro-osmosis method. *Journal of Terramechanics*, 38 (4), 211–219. [https://doi.org/10.1016/s0022-4898\(01\)00002-7](https://doi.org/10.1016/s0022-4898(01)00002-7)
- Ren, L.-Q., Tong, J., Li, J.-Q., & Chen, B.-C. (2001). SW–Soil and Water. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79 (3), 239–263. <https://doi.org/10.1006/jaer.2001.0722>
- Ren, L. (2009). Progress in the bionic study on anti-adhesion and resistance reduction of terrain machines. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 52 (2), 273–284. <https://doi.org/10.1007/s11431-009-0042-3>
- Ren, L. Q. (2008). Bionic research on anti-adhesion and anti-resistance of terrain machine. *Journal of Science China: Technological Sciences*, 9, 1353–1364.
- Tong, J., Sun, J., Chen, D., & Zhang, S. (2005). Geometrical features and wettability of dung beetles and potential biomimetic engineering applications in tillage implements. *Soil and Tillage Research*, 80 (1–2), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.still.2003.12.012>
- Dai, Z., Tong, J., & Ren, L. (2006). Researches and developments of biomimetics in tribology. *Chinese Science Bulletin*, 51 (22), 2681–2689. <https://doi.org/10.1007/s11434-006-2184-z>
- Ren, L., Deng, S., Wang, J., & Han, Z. (2004). Design principles of the non-smooth surface of bionic plow moldboard. *Journal of Bionic Engineering*, 1 (1), 9–19. <https://doi.org/10.1007/bf03399450>
- Koch, K., Bhushan, B., & Barthlott, W. (2009). Multifunctional surface structures of plants: An inspiration for biomimetics. *Progress in Materials Science*, 54 (2), 137–178. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2008.07.003>
- Tong, J., Moayad, B. Z., Ma, Y., Sun, J., Chen, D., Jia, H., & Ren, L. (2009). Effects of biomimetic surface designs on furrow opener performance. *Journal of Bionic Engineering*, 6 (3), 280–289. [https://doi.org/10.1016/s1672-6529\(08\)60128-6](https://doi.org/10.1016/s1672-6529(08)60128-6)
- Skorinkin, A. I. (2015). *Mathematical modeling of biological processes*. Kazan
- Sharma, S. K., & Grewal, H. S. (2023). Tribological behavior of bioinspired surfaces. *Biomimetics*, 8 (1), 62. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010062>
- Liu, S., Weng, S., Liao, Y., & Zhu, D. (2014). Structural bionic design for digging shovel of cassava harvester considering soil mechanics. *Applied Bionics and Biomechanics*, 11 (1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1155/2014/658743>
- Zhou, D., Hou, P., Xin, Y., Wu, B., Tong, J., Yu, H., Qi, J., Zhang, J., & Zhang, Q. (2021). Resistance and consumption reduction mechanism of bionic vibration and verification of field subsoiling experiment. *Applied Sciences*, 11 (21), 10480. <https://doi.org/10.3390/app112110480>

32. Huang, W., Li, M., Ge, C., Wei, L., Niu, Z., & Zhu, X. (2020). Optimization design and experimental analysis of bionic viscosity reduction of chisel type energy saving subsoiling shovel. *Journal of Physics: Conference Series*, 1635 (1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1635/1/012036>
33. Zhao, J., Lu, Y., Guo, M., Fu, J., & Wang, Y. (2021). Design and experiment of bionic stubble breaking-deep loosening combined tillage machine. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14 (3), 123–134. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20211404.6473>
34. Li, M., Yang, Y., Guo, L., Chen, D., Sun, H., & Tong, J. (2015). Design and analysis of bionic cutting blades using finite element method. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2015, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/471347>
35. Babitsky, L. F., Sobolevsky, I. V., & Kalafatov, I. I. (2021). Justification of the rotary working bodies of the cultivator for processing between the rows of plantations of lavender oilseed on the basis of agricultural biomechanics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 937 (4), 042020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/4/042020>
36. Sobolevsky, I. V., Pashetskii, V. S., & Kalafatov, I. I. (2021). Substantiation of the parameters of the working bodies of undulating disks of soil-cultivating harrows with a bionic approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 845 (1), 012140. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012140>
37. Sun, J., Wang, Y., Ma, Y., Tong, J., & Zhang, Z. (2018). DEM simulation of bionic subsoilers (tillage depth >40 cm) with drag reduction and lower soil disturbance characteristics. *Advances in Engineering Software*, 119, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2018.02.001>
38. Zhang, R., Han, D., He, Y., Wan, H., Ma, S., & Li, J. (2018). Drag reduction and wear resistance mechanisms of a bionic shovel by discrete element method simulation. *Simulation*, 95 (3), 231–239. <https://doi.org/10.1177/0037549718784658>
39. Babitsky, L. F., Sobolevsky, I. V., & Kuklin, V. A. (2021). Methodology for designing tillage working bodies of a stubble cultivator-flat-cutter based on agricultural biomechanics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 868 (1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/868/1/012007>
40. Jia, H., Wang, Q., Huang, D., Zhu, L., Li, M., & Zhao, J. (2019). Design of bionic mole forelimb intelligent row cleaners. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12 (3), 27–35. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20191203.4408>
41. Zhang, Z., Li, Y., Tong, J., & Carr, S. (2019). Convergent evolution inspired serrated structure for improving efficiency of soil imprinting and its mechanism investigation. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12 (4), 16–26. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20191204.3638>
42. Zhang, Z., Wang, X., Tong, J., & Stephen, C. (2018). Innovative design and performance evaluation of bionic imprinting toothed wheel. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2018, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2018/9806287>
43. Wang, J., Wen, N., Liu, Z., Zhou, W., Tang, H., Wang, Q., & Wang, J. (2022). Coupled bionic design of liquid fertilizer deep application type opener based on sturgeon streamline to enhance opening performance in cold soils of Northeast China. *Agriculture*, 12 (5), 615. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050615>
44. Massah, J., Hassanpour Roudbeneh, F., Hassanpour Roudbeneh, Z., & Asefpour Vakilian, K. (2020). Experimental investigation of bionic soil-engaging blades for soil adhesion reduction by simulating armadillidium vulgare body surface. *Inmateh Agricultural Engineering*, 60 (1), 99–106. <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-11>
45. Ma, Y., Wang, H., Zhuang, J., Qi, H., & Yu, J. (2020). Effects of bionic curves on penetration force under difference soils. *Applied Sciences*, 10 (2), 529. <https://doi.org/10.3390/app10020529>
46. Zhu, H., Wang, D., He, X., Shang, S., Zhao, Z., Wang, H., Tan, Y., & Shi, Y. (2022). Study on plant crushing and soil throwing performance of bionic rotary blades in cyperus esculentus harvesting. *Machines*, 10 (7), 562. <https://doi.org/10.3390/machines10070562>
47. Li, J., Yan, Y., Chirende, B., Wu, X., Wang, Z., & Zou, M. (2017). Bionic design for reducing adhesive resistance of the ridger inspired by a boar's head. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2017/8315972>
48. Zhang, Z., Jia, H., & Sun, J. (2015). Bioinspired design of a ridging shovel with anti-adhesive and drag reducing. *Advances in Mechanical Engineering*, 7 (3). <https://doi.org/10.1177/1687814014568547>
49. Zhou, W., Ni, X., Song, K., Wen, N., Wang, J., Fu, Q., Na, M., Tang, H., & Wang, Q. (2023). Bionic optimization design and discrete element experimental design of carrot combine harvester ripping shovel. *Processes*, 11 (5), 1526. <https://doi.org/10.3390/pr11051526>
50. Zhou, W., Ni, X., Wen, N., An, T., & Wang, Y. (2023). Bionic design of liquid fertilizer deep application spray needle, based on badger claw-toe, for improving the operating performance of liquid fertilizer deep application in Northeast China. *Processes*, 11 (3), 756. <https://doi.org/10.3390/pr11030756>
51. Babitsky, L. F., & Sobolevsky, I. V. (2016). Bionic design justification of resilient working bodies of the flat cut cultivator. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 6 (169), 50–59.
52. Guan, C., Fu, J., Xu, L., Jiang, X., Wang, S., & Cui, Z. (2022). Study on the reduction of soil adhesion and tillage force of bionic cutter teeth in secondary soil crushing. *Biosystems Engineering*, 213, 133–147. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.11.018>
53. Song, W., Jiang, X., Li, L., Ren, L., & Tong, J. (2022). Increasing the width of disturbance of plough pan with bionic inspired subsoilers. *Soil and Tillage Research*, 220, 105356. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105356>
54. Yang, Y., Tong, J., Huang, Y., Li, J., & Jiang, X. (2021). Biomimetic rotary tillage blade design for reduced torque and energy requirement. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2021, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2021/8573897>
55. Wang, B., Chen, M., Wei, J., Liang, G., & Liang, K. (2022). Bionic optimization design of rotary tiller based on fuzzy algorithm. *Mobile Information Systems*, 2022, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2022/1203973>
56. Erokhin, M. N., Zaitseva, N. L., & Aldoshin, N. V. (2018). *Vasily Prokhorovich Goryachkin: memories of contemporaries: Monograph*. Moscow: RGAU-MSKHA.
57. Voitiuk, D. H., Verhunov, V. A., Mudruk, O. S., & Derkach, O. P. (2005). *Naukova shkola akademika Vasylenka Petra Mefodiiovycha: Monohrafiia*. Kyiv: Ahrararna osvita [in Ukrainian]
58. Aliiev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., & Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54 (1), 95–104.
59. Shevchenko, I., & Aliiev, E. (2020). Improving the efficiency of the process of continuous flow mixing of bulk components. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (1 (108)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216409>
60. Aliiev, E., Pavlenko, S., Golub, G., & Bielka, O. (2022). Research of mechanized process of organic waste composting. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, XXXIII (1), 21–32. <https://doi.org/10.15159/jas.22.04>
61. Aliiev, E., & Gavrilchenko, O. (2018). Method for estimating the state of the support and motor apparatus of cattle. *Scientific Horizons*, 73 (12), 3–7. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2018-73-12-3-7>
62. Kozachenko, O., Aliiev, E., & Sedykh, K. (2021). Results of investigation of the spring shank disc harrow performance. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 83 (4), 123–140.

ORCID

- A. Kobets  <https://orcid.org/0000-0002-2507-7763>
- E. Aliiev  <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>
- H. Tesliuk  <https://orcid.org/0000-0003-4541-5720>
- O. Zolotovska  <https://orcid.org/0000-0001-5617-9271>



2024 Kobets 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.

Basics of energy balance of impact contact of metal shot with elastic-plastic half-space

O. Goryk | O. Brykun | Ye. Herashchenko | V. Tykhonenko

Article info

Citation: Goryk, O., Brykun, O., Herashchenko, Ye., & Tykhonenko, V. (2024). Basics of energy balance of impact contact of metal shot with elastic-plastic half-space. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 200–207. doi: 10.31210/spi2024.27.04.33

Correspondence Author

O. Brykun

E-mail:

oleksandr.brykun@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody Str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

The study of abrasive wear processes, mechanical treatment of product surfaces in the construction, agricultural, and mechanical engineering industries by a mass high-speed jet (flow) of working solid particles for cleaning the surface layer or strengthening is based on one or another theoretical model of interaction between a separate spherical body (shot) and a deformable flat body (barrier). The barrier creates plastic resistance to penetration of the attacking ball. In this case, the physical nature of the phenomena of impact contact of a metal ball (shot) with an elastic-plastic half-space is of interest. The process still remains poorly understood. In particular, the relationship of these phenomena with the energy balance of the process, as the main criterion for influencing the results of the dynamic interaction of contacting bodies. An analysis of the energy balance of the interaction of a separate attacking shot with the surface of a metal half-space is proposed. This makes it possible to create reliable models for calculating and optimizing the main parameters of the impact of an air-abrasive torch (a mass of shots) on the state of free surfaces of products. Using the interaction diagram of the ball with a flat metal surface, it is possible to analytically determine the dynamic parameters of the mechanical properties of the metal being processed, given the normal force of the ball (pellet) impact on the attacked surface and the geometric dimensions of the dimple formed by the pellet, as well as the thermodynamic state of the local volume of the attacked body due to plastic deformation. The proposed physical model-diagram of the pellet impact on the treated surface, the essence of which is the rotational-translational motion of the pellet, makes it possible, based on the energy balance of the system, to determine the movement, speed, acceleration, as well as the forces of normal and tangential pressure of the pellet on the attacked surface during the formation of a trace (dimple), as well as the power consumption of the attacking pellet. The proposed model of impact when the pellet moves along the normal to the metal half-space, which has elastic and plastic properties, makes it possible to determine the dynamic parameters of the mechanical properties of the metal of a particular product. In this case, the initial data for performing analytical calculations are: the diameter of the sphere described around the pellet, the attack speed of the treated surface and the geometric dimensions of the groove.

Keywords: shot blasting, energy balance, kinetic energy, elastic and plastic deformation, process parameters.

Основи енергетичного балансу ударного контакту металеві дробинки з пружно-пластичним півпростором

O. В. Горик | O. М. Брикун | Є. Ю. Геращенко | В. В. Тихоненко

Полтавський державний
аграрний університет
м. Полтава,
Україна

В основі дослідження процесів абразивного зношування, механічної обробки поверхонь виробів у будівельній, сільськогосподарській, машинобудівній галузях масовим швидкісним струменем (потоком) робочих твердих частинок для очищення поверхневого шару або зміцнення лежить та чи інша теоретична модель взаємодії окремого сферичного тіла (дробинки) із деформівним плоским тілом (перепороною), який створює пластичний опір проникненню атакуючої кульки. Інтерес у цьому випадку викликає фізична природа явищ ударного контакту металеві кульки (дробинки) з пружно-пластичним півпростором, що досі залишається мало вивченою, зокрема, ув'язка цих явищ з енергетичним балансом процесу, як основного критерію впливу на наслідкові результати динамічної взаємодії контактуючих тіл. Пропонується аналіз енергетичного балансу взаємодії окремої атакуючої дробинки з поверхнею металеві півпростору, що розкриває можливості створення достовірних моделей розрахунку та оптимізації основних параметрів впливу дії повітряно-абразивного факела (масою дробинки) на стан вільних поверхонь виробів. Використовуючи схему взаємодії кульки із плоскою металеві поверхнею, можна аналітичним шляхом визначити динамічні параметри механічних показників металу, що обробляється, маючи нормальне зусилля впливу кульки (дробинки) на атаковану поверхню та геометричні розміри утвореної дробинкою лунки, а також термодинамічний стан локального об'єму атакованого тіла внаслідок пластичної деформації. Запропонована фізична модель-схема впливу дробинки на оброблювану поверхню, суттю якої є обертально-поступальний рух дробинки, дає можливість, на основі енергетичного балансу системи, визначити переміщення, швидкості, прискорення, а також сили нормального і тангенціального тиску дробинки на атаковану поверхню в процесі формування сліду (лунки), а також витрати потужності атакуючої дробинки. Запропонована модель впливу при переміщенні дробинки по нормалі до металеві півпростору, що володіє пружними і пластичними властивостями, дозволяє визначити динамічні параметри механічних показників металу того чи іншого виробу. При цьому вихідними даними для виконання аналітичних розрахунків є: діаметр сфери, описаної навколо дробинки, швидкість атаки оброблюваної поверхні та геометричні розміри сліду.

Ключові слова: обробка дробом, енергетичний баланс, кінетична енергія, пружна і пластична деформація, параметри процесу.

Бібліографічний опис для цитування: Горик O. В., Брикун O. М., Геращенко Є. Ю., Тихоненко В. В. Основи енергетичного балансу ударного контакту металеві дробинки з пружно-пластичним півпростором. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (4). С. 200–207.

Вступ

Історія розвитку техніки свідчить про те, що в ряді випадків основною причиною зниження довговічності машин та механізмів є знос під час того чи іншого технологічного процесу металевих поверхонь внаслідок їх контакту з твердими рухомими абразивними частинками [1, 2]. Ця проблема, зокрема ерозійне зношування, є характерною для більшості машин і механізмів, особливо в будівельній, сільськогосподарській, машинобудівній галузях [3]. З іншого боку, процес масової швидкісної дії потоку металевих гранул-дробинок широко використовується в згаданих сферах для підготовки знежирених поверхонь металевих виробів перед нанесенням на них захисних покриттів [4, 5], а також для зміцнення поверхневого шару [6].

Незважаючи на ефективність абразивної обробки поверхні металевих виробів цей технологічний процес є одним з найменш вивчених. Метод механічної обробки не в достатній мірі забезпечений теоретичними і експериментальними дослідженнями, що стримує його широке використання. Проблемними питаннями залишаються контактні явища, механізм руйнування поверхневого шару, механіка утворення мікроскопічної стружки, фізичні причини зношування абразиву, визначення раціональних технологічних режимів та ін. Інженерно-технічні працівники підприємств не достатньо мають у своєму розпорядженні необхідну технічну інформацію щодо вибору параметрів та режимів обробки, конструкцій струминних апаратів, наявного технологічного обладнання. Звичайно, такий стан є стримуючим фактором для успішного широкого використання в різних галузях, особливо у машинобудуванні і будівництві, технологічних процесів механічної обробки металевих поверхонь виробів, пріоритетним серед яких є дробоструміння.

Відомо багато робіт вітчизняних та зарубіжних авторів, у яких викладено результати теоретичних та експериментальних досліджень дуже складного процесу абразивної обробки металевих виробів спрямованим струменем вільних металевих гранул, що розганяються через спеціально спрофільовані канали (сопла) за допомогою стисненого повітря. Ці роботи присвячені в основному вивченню механізму взаємодії окремої атакуючої дробинки з металевою поверхнею, що базуються на різних підходах та моделях: чисельних [7–10], аналітичних пружно-пластичних [11–14], в'язко-пружних [15] з подальшим узагальненням такого впливу на дію повітряно-абразивного факела, в результаті чого настає руйнування (очищення) поверхневого шару [16–18]. Що стосується аспектів процесу руйнування при масовій дії струминного потоку частинок, цікавість викликає 3D моделювання процесу [19], аналітична модель для прогнозування рельєфу обробленої поверхні [20] та оцінка критеріїв якості поверхні виробів [21]. Автори таких досліджень особливо увагу приділяли встановленню впливу технологічних режимів процесу дробоструміння на якість обробленої поверхні, на продуктивність обробки, на ступінь шаржування обробленої поверхні уламками дробу,

на стійкість абразивних металевих гранул. Проведені дослідження дозволяють встановлювати раціональний гранулометричний склад дробу, характер розподілу залишкових напружень у поверхневому шарі обробленої деталі, ступінь нагрівання оброблюваної поверхні в зоні дії дробинок, раціональні технологічні режими очищення знежирених поверхонь металевих виробів та інші параметри процесу.

Однак, незважаючи на велику різноманітність проведених досліджень, фізична природа явищ ударного контакту металевої кульки (дробинки) з пружно-пластичним півпростором потребує подальшого дослідження, зокрема ув'язки цих явищ з енергетичним балансом процесу, як основного критерію впливу на наслідкові результати динамічної взаємодії контактуючих тіл.

Мета дослідження

Мета роботи полягала у проведенні аналізу енергетичного балансу взаємодії окремої атакуючої дробинки з поверхнею металевого півпростору, як основу побудови достовірних моделей визначення розмірів утвореного дробинкою сліду на атакуючій поверхні та узагальнення і поширення результатів на розробку методів розрахунку і оптимізації основних параметрів впливу дії повітряно-абразивного факела (масою дробинок) на стан вільних поверхонь виробів.

Основні завдання роботи:

- розробити модель взаємодії окремої кульки (дробинки), що атакує поверхню металевого півпростору, який володіє пружними і пластичними властивостями;

- на основі складеного енергетичного балансу системи, визначити геометрію сліду, швидкості та сили тиску кульки (дробинки) на оброблювану поверхню в процесі формування сліду (лунки), а також витрати потужності атакуючої дробинки.

Матеріали і методи

Для проведення дослідження енергетичного балансу взаємодії окремої атакуючої кульки з поверхнею металевого півпростору використовували плоскі зразки з вуглецевої сталі, алюмінієвих сплавів, які широко використовуються у виробництві конструкцій машинобудівних виробів. Товщина прямокутних зразків приймалася різною для аналізу можливого впливу на результати неконтактних ефектів. Для імітації удару одиничного атакуючого тіла по дослідному зразку використовувалися абразивні матеріали з різними параметрами (діаметр, маса, форма), зокрема, сталеві та керамічні кульки різної крупності, що дозволило моделювати вплив різних умов на результати експерименту. Контроль нормованої маси кульки здійснювалося на електронних вагах. Засобом для надання початкової швидкості кульці можна використовували пневматичний пістолет, що попередньо тестування на предмет встановлення швидкості вильоту кульки з дула.

Реєстрація траєкторій та швидкості дробинки під час удару здійснювалося із застосуванням високошвидкісної камери, а вимірювання залишкових деформацій на поверхні металу за допомогою 3D-сканування.

Дані, отримані в ході чисельного моделювання та експериментів, піддавалися статистичному аналізу для оцінки достовірності результатів та визначення факторів, які найбільше впливають на складові енергетичного балансу взаємодії.

Результати та їх обговорення

Поверхня належить півпростору, який має пружні та пластичні властивості. Дробинка атакує поверхню

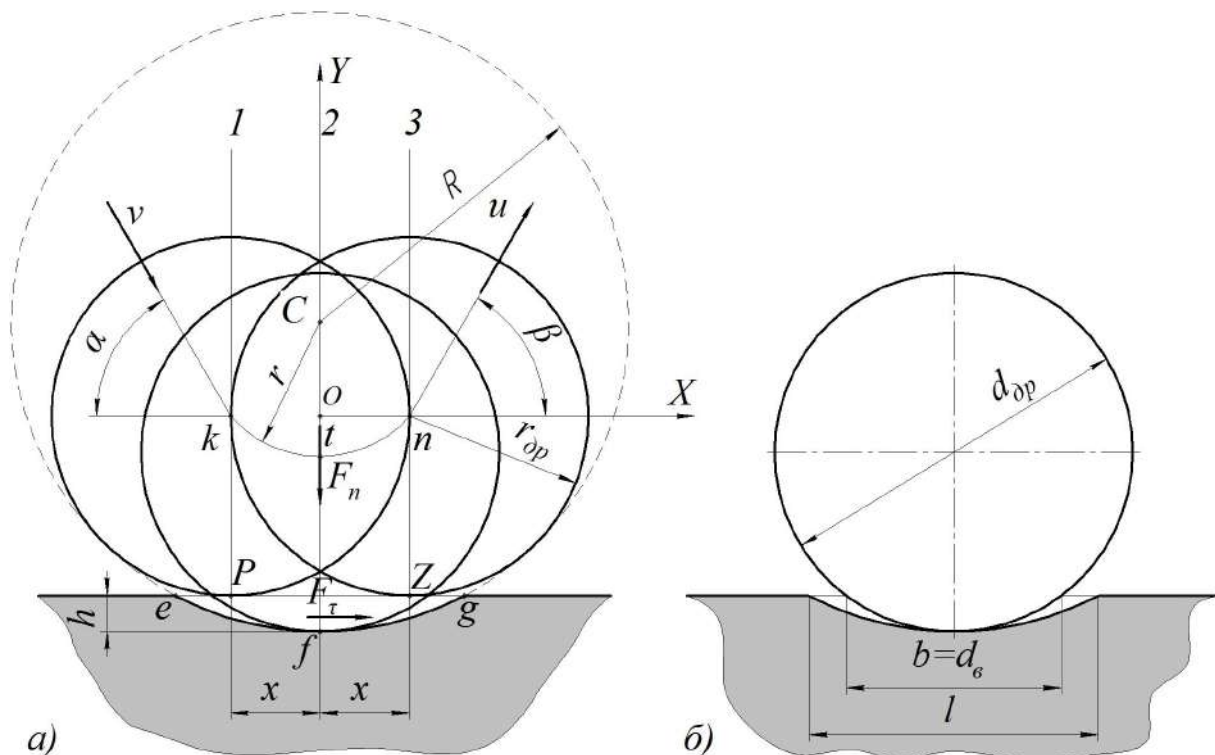


Рис. 1. Схема взаємодії жорсткої дробинки з металевим півпростором

У процесі взаємодії з поверхнею півпростору дробинка здійснює поступально-обертальний рух і проникає в неї на максимальну глибину h у точці f (положення 2), повертаючись при цьому на деякий невеликий кут навколо довільного миттєвого центру швидкостей C .

Вважатимемо що, своєю зовнішньою поверхнею дробинка діаметром $d_{op} = d$ деформує металеву поверхню за деякою дугою efg , радіус якої R з центром у точці C . Центр тяжіння дробинки переміщується по еквідистантній дузі ktn радіусом r і проходить при цьому за напрямом абсциси прямокутної системи координат XOY відстань $2x$.

Після зіткнення з поверхнею в точці P дробинка різко змінює свою прямолінійну траєкторію атаки на криволінійну траєкторію взаємодії з півпростором, унаслідок опору металу, що деформується. Криво-

зі швидкістю v під кутом α та після проникнення в поверхневий шар на деяку глибину h рикошетує зі швидкістю u під кутом β (рис. 1, а). Припускаємо, що на активній стадії удару сферична частинка не деформується, а швидкість удару істотно менша за швидкість поширення збурень у вигляді пружних хвиль стиснення і зсуву в матеріалі [22].

Дотик (початок контакту) атакуючої дробинки з поверхнею відбувається у точці P (положення 1), а кінець контакту дробинки, що рикошетує, від поверхні в умовній точці Z (положення 3).

лінійна траєкторія переміщення дробинки призводить до утворення на металевій поверхні відбитку (сліду) в формі дещо подовженої за напрямом атаки лунки. При досягненні точки n траєкторія руху дробинки знову стає прямолінійною траєкто-рією рикошету.

Враховуючи швидкоплинність процесу взаємодії, початкова швидкість проникнення дробинки в півпростір v_0 дорівнює за модулем швидкості атаки v , а кінцева швидкість утворення лунки в поверхневому шарі u_0 дорівнює за модулем швидкості рикошетування u .

Визначимо деякі геометричні параметри ударного контакту дробинки із пружно-пластичним півпростором.

Розглядаючи сектор із центром C (рис. 1), можна констатувати, що між радіусом сектора r (дуги переміщення центру мас дробинки), глибиною

сегмента h (проникнення) та половиною хорди x (тангенціальне переміщення) існує функціональна геометрична залежність:

$$x^2 = r^2 - (r - h)^2 = 2hr - h^2. \quad (1)$$

Числові значення величин x і h можна визначити за відомими аналітичними залежностями, для певних умов контакту або виходячи із енергетичного балансу, що буде продемонстровано далі. Їх можна встановити й шляхом натурних вимірів лунки, що залишає дробинка на атакованій поверхні.

При цьому необхідно враховувати, що

$$2x = l - b, \quad (2)$$

де l – довжина лунки, а b – найбільша її ширина в поперечному перерізі, що дорівнює діаметру d_e відбитка (сліду), який залишає дробинка діаметром d_{op} при заглибленні по нормалі в поверхню на величину h (рис. 1, б).

Радіус r дуги ktn , якою переміщується центр мас дробинки (рис. 1) визначаємо із (1)

$$r = (x^2 + h^2) / (2h). \quad (3)$$

Радіус R дуги efg , за якою відбувається контакт зовнішньої поверхні дробинки з поверхнею півпростору, дорівнює

$$R = r + r_{op}, \quad (4)$$

де $r_{op} = 0,5d_{op}$ – радіус сфери, описаної навколо дробинки.

Схему пружно-пластичної взаємодії дробинки діаметром d_{op} і масою m при нормальному ($\alpha = 90^\circ$) зануренню вздовж нормалі до площини, покажемо на **рисунку 2**.

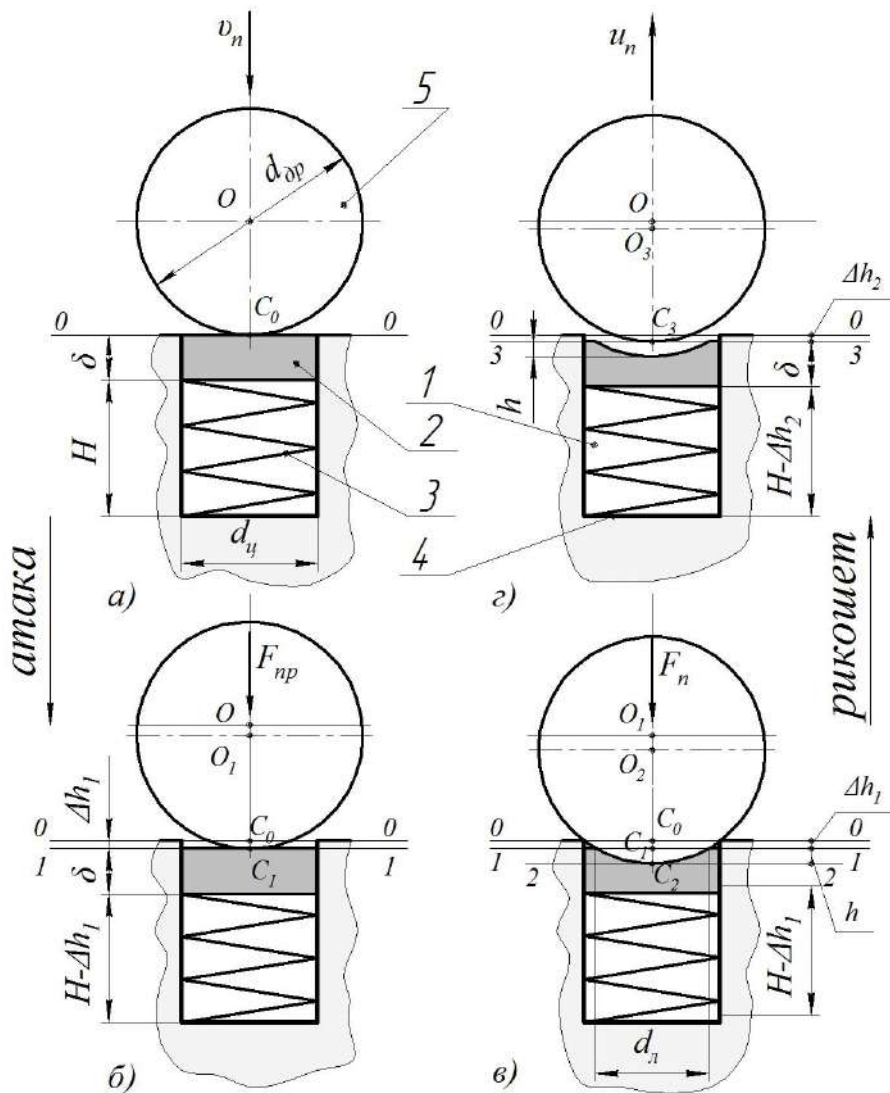


Рис. 2. Схема взаємодії дробинки з плоскою металевою поверхнею: а – дотик при атаці; б – пружне деформування; в – пластичне деформування; г – пружне відновлення при рикошеті

Представимо атакований зі швидкістю по нормалі $v_n = v \sin \alpha$, жорсткою дробинкою поверхневий шар металу у вигляді локального циліндра 1 діаметром d_u і висотою H , в якому переміщається умовний поршень 2, що має пластичні властивості. Поршень переміщається вгору-вниз щодо стінки циліндра

з тертям і спирається на пружину 3, яка розміщена між поршнем 2 і глухою основою 4 циліндра 1. При атаці дробинки 5 на поршень 2, тобто на поверхню, пружина пружно стискається. Пружина деформується на певну величину, що визначається межею пружності. Досягнувши максимального опору пружини, дробинка починає проникати в тіло поршня, який має пластичні властивості.

При постійному питомому тиску p , величина якого визначається межею текучості атакowanego матеріалу, що знаходиться в тривісному напруженому стані, дробинка поступово утворює в тілі поршня лунку у вигляді сферичного сегмента глибиною h та діаметром відбитка d_e .

Витративши кінематичну енергію на пластичне деформування поверхневого шару поршня, дробинка зупиняється, пружина починає повертати поршню частину накопиченої потенційної енергії та, випрямляючись, змушує дробинку рикошетувати.

Подана схема взаємодії відповідає пружним і пластичним властивостям поверхневого шару атакowanego матеріалу і дає можливість розрахувати роботу, яку виконує дробинка в процесі його деформування. При цьому враховуємо, що пружна деформація передує пластичній, і те, що в процесі утворення лунки кінетична енергія атакуючої дробинки витрачається також на збільшення поверхневої енергії і на нагрівання зони контакту.

Розглянемо окремі фази впливу жорсткої дробинки на вихідну складову частину пружно-пластичної поверхні, виконану у вигляді пластичного поршня розміщеного в циліндрі на пружні (рис. 2).

Фаза 1 (рис. 2, а). Початковий рівень (0-0) верхньої площини поршня збігається з атакowanego поверхнею. Дробинка 5 атакує поршень по нормалі в деякій точці C_0 зі швидкістю v_n .

Фаза 2 (рис. 2, б). Дробинка продовжує свій рух по нормалі до поверхні, протягом якого вона переміщає поршень 2 на відстань Δh_1 з точки C_0 в точку C_1 (рівень 1-1) на нерухомому циліндрі. При цьому поршень стискає пружину 3 до довжини $H - \Delta h_1$. У процесі руху дробинки пружина чинить опір, що постійно збільшується. У положенні 1-1 верхньої площини поршня сила опору пружини досягає максимального значення F_{np} . Стиснення пружини припиняється. Витративши частину своєї кінетичної енергії на стиск пружини і на тертя поршня об стінки циліндра, дробинка продовжує свій рух вниз уже при нерухомому поршні. При цьому нерухомі витки пружини мають напружений стан, приблизно еквівалентний межі текучості

матеріалу поршня.

Фаза 3 (рис. 2, в). Протягом цієї фази дробинка зминає поверхневий шар поршня при постійному питомому усередненому тиску p . Питомий тиск відповідає межі текучості пластичного металу, що деформується. При цьому сила опору руху дробинки F_n збільшується із збільшенням поточної площі відбитка f_e і його діаметра, що викликано зростанням глибини проникнення дробинки. Цю силу можна уявити як добуток

$$F_n = p f_e. \quad (5)$$

Згідно з даними [23] проникнення кульового пуансону в пластично деформівний півпростір, що в принципі має місце в нашому випадку, відбувається при постійному питомому тиску, величина якого визначається механічними властивостями металу, що чинить опір.

У процесі пластичного деформування поверхні (формування лунки) нижня контурна точка дробинки переміщається вниз з положення C_1 у положення C_2 , займаючи рівень 2-2. Пружина протягом третьої фази не змінює свою довжину ($H - \Delta h_1$), що була досягнута в другій фазі.

Витративши частину своєї кінетичної енергії на пластичне деформування поршня (поверхневого шару атакowanego металу), дробинка зупиняється. Унаслідок дії дробинки на площині поршня утворюється лунка (відбиток) діаметром $d_n = d_e$ та глибиною h .

Фаза 4 (рис. 2, г). Ця фаза завершує взаємодію дробинки з півпростором. Тепер вільна від тиску стиснута пружина, що має кінетичну енергію, починає розпрямлятися, переміщуючи поршень вгору на величину $\Delta h_1 - \Delta h_2$. Таким рухом пружина викидає дробинку вгору зі швидкістю рикошету u_n , яку можна пов'язати зі швидкістю атаки V наступною залежністю:

$$u_n = k_e v_n, \quad (6)$$

де k_e – коефіцієнт відновлення, який зазвичай встановлюють для нормальних складових швидкостей.

Верхня площина поршня займає положення, що відповідає рівню 3-3, щодо нерухомого циліндра. Точка C_3 відповідає знаходженню поверхні дробинки на прямій 3-3 у процесі рикошету.

Як бачимо, положення поршня після завершення контакту дробинки з оброблюваною поверхнею не відповідає вихідному положенню на 1-ій фазі. Верхня площина поршня зупиняється на рівні 3-3, яка дещо нижча за початковий рівень 0-0 на величину Δh_2 . Це свідчить про те, що сила тертя поршня об стінки циліндра перевищує спадаючу силу розпрямлення пружини. Можна вважати, що об'єм

металу, що пластично деформується, навколо утвореної лунки гальмує повне повернення дробинці енергії пружної деформації матеріалу півпростору. Таким чином в результаті багаторазового пульсуючого впливу потоку металевих гранул (дробинок) на поверхню відбувається накопичення потенційної енергії в поверхневому шарі металу. Цей процес накопичення потенційної енергії називається активуванням поверхні.

Основні співвідношення процесу взаємодії кулястої частинки з пружно-пластичним півпростором (можливу силу вдавлювання індентора і глибину лунки, по значеннях яких можна судити про твердість, а отже і про пружно-пластичний коефіцієнт, що характеризує властивості матеріалу атакованої поверхні визначимо виходячи з енергетичного балансу динамічного контакту тіл [24–25]. У кожен момент часу t повна енергія системи $W(t)$, яка складається з жорсткого сферичного тіла і пружно-пластичного півпростору, є сталою величиною і дорівнює сумі миттєвих значень кінетичної енергії тіла $T(t)$ і роботи сили інерції $A(t)$, витраченої на деформацію півпростору:

$$W(t) = T(t) + A(t) = 0,5mv_0^2 = \text{const}. \quad (7)$$

де m , v_0 – відповідно маса і початкова швидкість атаки дробинки.

У випадку нормальної атаки дробинки (по нормалі до атакованої площини) складові співвідношення (7) мають вид:

$$T(t) = \frac{1}{2}mv_n^2(t) = \frac{1}{2}m\left(\frac{dy(t)}{dt}\right)^2;$$

$$A(t) = \int_0^y F(y)dy = \int_0^y kydy = \frac{1}{2}ky^2;$$

де v_n – поточна швидкість дробинки по нормалі до атакованої площини;

$y = h$ – поточна ордината глибини занурення дробинки (глибина лунки);

k – пружно-пластичний коефіцієнт пропорційності атакованого матеріалу [12].

Тоді співвідношення (7) отримаємо у такому вигляді:

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \frac{1}{2}ky^2 = \frac{1}{2}mv_{0n}^2, \quad (8)$$

із якого швидкість дробинки, як індентора, в нормальному напрямку:

$$\frac{dy}{dt} = v_n(t) = \sqrt{v_{0n}^2 - \frac{1}{m}ky^2} = v_{0n} \cos\left(\sqrt{k/m} \cdot t\right). \quad (9)$$

При максимальному заглибленні тіла в півпростір, коли $t = t_h$:

$$\frac{dy(t_h)}{dt} = 0, \quad y(t_h) = y_{\max} = h. \quad (10)$$

З (10), враховуючи (9), отримаємо значення максимального проникнення (занурення) дробинки в півпростір:

$$h = y_{\max} = \left(\frac{mv_{0n}^2}{2k}\right)^{1/2} = \left(T_0 \frac{2}{k}\right)^{1/2} = v_{0n} / \sqrt{k/m}. \quad (11)$$

Максимальна сила вдавлювання дробинки в півпростір:

$$F_{\max} = ky_{\max} = (2kT_0)^{1/2} = v_{0n} \sqrt{km}. \quad (12)$$

Доцільно відмітити, що розділивши максимальну силу вдавлювання (12) на площу сферичного відбитку сліду $f_e = \pi(d_{op}h_e - h_e^2)$, залишеного дробинкою індентором, отримаємо пластичну твердість атакованого металу.

Отже, на основі енергетичного балансу атакуючого і атакованого тіл отримано основні співвідношення пружно-пластичної моделі ударної взаємодії абсолютно жорсткої сферичної частинки (дробинки) з пружно-пластичним півпростором, при атаці по нормалі.

При атаці під кутом α (рис. 1) робота сил інерції (7) будемо визначати через тангенціальну силу опору F_τ .

Для визначення сили, з якою дробинка, відповідно до схеми взаємодії (рис. 1), тисне на атакуючу поверхню, розглянемо зміну швидкості центру ваги дробинки при переміщенні по дузі ktn радіусом r , приймаючи допущення про її симетричність.

Відомо, що початкова швидкість дробинки $v_0 = v$, (швидкість атаки), і кінцева контактна швидкість u (швидкість рикошету), пов'язані між собою залежністю (6) без індексів ($u = k_e v$) при прийнятому припущенні, що кут атаки α дорівнює куту рикошету β .

Отримане поточне значення швидкості центру мас дробинки V дозволяє визначити швидкість v_p переміщення точки нормального контакту дробинки з півпростором по круговій траєкторії efg . Для цього скористаємося співвідношенням:

$$v/r = v_p/R, \quad (13)$$

де r і R – радіуси дуг ktn і efg відповідно (рис. 1, а).

У процесі утворення лунки (сліду) довжиною l і шириною $b = d_n$ (рис. 1, б), рухаючись по колу, дробинка тисне на поверхню зі змінною відцентровою силою:

$$F_n = mv^2/R. \quad (14)$$

Відцентрова сила нормального тиску F_n дробинки на поверхню викликає появу тангенціальної сили абразивного руйнування F_r , що призводить до утворення на поверхні борозенки (лунки) внаслідок пластичних деформацій та мікрорізання поверхневого шару:

$$F_r = F_n f, \quad (15)$$

де f – коефіцієнт абразивного руйнування, величина якого за нашими дослідженнями сягає 0,3...0,4 для найбільш поширених режимів дробоструміння вуглецевих сталей.

Роботу деформування $A_r(t)$ поверхневого шару виконує тангенціальна сила F_r . Тому на підставі залежностей (13-15) можна записати

$$A_r(t) = \int_0^t F_r dl = f \frac{m}{R} \int_0^t v^2 dl \quad \text{або} \quad A_r(t) = f \frac{m}{r} \int_0^t v^2 dl. \quad (16)$$

Функція швидкості v (16) визначається по відомій пружно-пластичній моделі контактної удару [12].

Використовуючи схему взаємодії дробинки діаметром d із плоскою металевою поверхню на основі енергетичного балансу можна аналітичним шляхом визначити динамічні параметри механічних показників металу, що обробляється, маючи нормальне зусилля F_n впливу дробинки на атаковану поверхню та геометричні розміри утвореної дробинкою лунки, а також термодинамічний стан локального об'єму атакованого тіла внаслідок пластичної деформації.

Висновки

Запропонована фізична модель-схема впливу дробинки на оброблювану поверхню, суттю якої є обертально-поступальний рух дробинки, дає можливість, на основі енергетичного балансу системи, визначити переміщення, швидкості, прискорення, а також сили нормального і тангенціального тиску дробинки на оброблювану поверхню в процесі формування сліду (лунки), а також витрати потужності атакуючої дробинки.

Запропонована модель впливу при переміщенні дробинки діаметром d та масою m по нормалі до металевого півпростору, що володіє пружними і пластичними властивостями, дозволяє визначити динамічні параметри механічних показників металу виробу. При цьому вихідними даними для виконання аналітичних розрахунків є: діаметр сфери, описаної навколо дробинки, швидкість атаки оброблюваної поверхні та геометричні розміри сліду.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження пов'язані з проведенням чергових лабораторних досліджень взаємодії дробинки різних

діаметрів і матеріалів, що мають різні механічні властивості для підтвердження достовірності розробленої моделі-схеми, порівняння отриманих аналітичних результатів з експериментальними даними. Це дозволить удосконалити існуючу модель та розширити її застосування у практичних інженерних задачах, технологіях механічної обробки вільних поверхонь виробів.

Конфлікт інтересів



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

References

- Novikov, F. V., & Andilakhai, O. O. (2014). *Osnovy strumynno-abrazivnoi obrobky dribnykh detalei*. Kharkiv: Vyd KhNEU im. S. Kuznetsia [in Ukrainian]
- Buchynskiy, M. Ya., Mokhnii, I. Yu., & Cherniavskiy, A. M. (2020). *Shlifivannia emalovanykh detalei*. Kyiv: Lira-K [in Ukrainian]
- Doroshenko, Ya. (2020). Investigation of the influence two-phase flows parameters on the erosion wear of the gas pipelines bends. *Municipal Economy of Cities*, 1(154), 240–248. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-1-154-240-247>
- Choi, D., Kim, T., Yang, C., Nam, J., & Park, J. (2019). Discrete element method and experiments applied to a new impeller blade design for enhanced coverage and uniformity of shot blasting. *Surface and Coatings Technology*, 367, 262–270. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.04.008>
- Li, Z., Yang, F., Liu, Y., & Gao, Y. (2019). Numerical Simulation of derusting treatment of steel parts by shot blast. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 120(1), 157–175. <https://doi.org/10.32604/cmescs.2019.05187>
- Yksan, Zh. M., Ussenova, G. A. (2018). Investigation of the blasting process of threaded connections of pump-compressor pipes. *Nauka i Tehnika Kazahstana*, 1, 111–121.
- Edward, A. B., Heyns, P. S., & Kok, S. (2019). A numerical investigation of a single-shot in a DEM-FEM approach to shot peening simulation. *Metals*, 9(11), 1183. <https://doi.org/10.3390/met9111183>
- Kubler, R. F., Berveiller, S., Bouscaud, D., Guiheux, R., Patoor, E., & Puydt, Q. (2019). Shot peening of TRIP780 steel: Experimental analysis and numerical simulation. *Journal of Materials Processing Technology*, 270, 182–194. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2019.02.031>
- Komvopoulos, K. (1990). Konechno-elementnoe reshenie kontaktnoj zadachi dlya uprugoplasticheskogo sloistogo poluprostranstva. *Sovremennoe mashinostroenie. Trudy Amerikanskogo Obshchestva Inzhenerov-Mehnikov. Seriya B. Prochnost Materialov, Tehnologicheskie Processy i Oborudovanie, Avtomatizatsiya Proektirovaniya i Proizvodstva, Mehanizmy i Roboty* 2, 165–176 [in Russian]
- Chen, J. S., Desai, D. A., Heyns, S. P., & Pietra, F. (2019). Literature review of numerical simulation and optimisation of the shot peening process. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(3). <https://doi.org/10.1177/1687814018818277>
- Wang, T., Wang, J. B., Zhang, X. J., & Liu, C. (2023). A study on energy conversion behavior of single-shot elastic-plastic impact during shot peen forming. *International Journal of Impact Engineering*, 176, 104566. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2023.104566>
- Gorik, A. V., Zinkovskii, A. P., Chernyak, R. E., & Brikun, A. N. (2016). Elastoplastic deformation of the surface layer of machinery constructions on shot blasting. *Strength of Materials*, 48(5), 650–657. <https://doi.org/10.1007/s11223-016-9808-6>
- Bitter, J. G. A. (1963). A study of erosion phenomena. *Wear*, 6(3), 169–190. [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(63\)90073-5](https://doi.org/10.1016/0043-1648(63)90073-5)
- Frija, M., Hassine, T., Fathallah, R., Bouraoui, C., & Dogui, A. (2006). Finite element modelling of shot peening process: Prediction of the compressive residual stresses, the plastic deformations and the surface integrity. *Materials Science and Engineering: A*, 426(1–2), 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2006.03.097>

15. Goryk, O., Koval'chuk, S., Brykun, O., & Chernyak, R. (2020). Viscoelastic resistance of the surface layer of steel products to shock attack of a spherical pellet. *Key Engineering Materials*, 864, 217–227. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.864.217>
16. Arifvianto, B., Mahardika, M., Salim, U. A., & Suyitno, S. (2020). Comparison of surface characteristics of medical-grade 316L stainless steel processed by sand-blasting, slag ball-blasting and shot-blasting treatments. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 52 (1), 1–13. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.1.1>
17. Žagar, S., Markoli, B., Naglič, I., & Šturm, R. (2021). The influence of age hardening and shot peening on the surface properties of 7075 aluminium alloy. *Materials*, 14 (9), 2220. <https://doi.org/10.3390/ma14092220>
18. Lupkin, B. V., & Pogrebelnyj, N. S. (2013). Uprochnyayushaya obrabotka poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem. *Otkrytye informacionnye i kompyuternye integrirovannye tehnologii* 58 (13), 40–48. [in Russian]
19. Shortiss, J., & Tanner, D. A. (2022). Residual stress prediction in shot blasted cobalt–chromium biomedical cast components. *Materials Science and Technology*, 38 (12), 853–865. <https://doi.org/10.1080/02670836.2022.2065764>
20. Zhao, J., Zhou, W., Tang, J., Jiang, T., & Liu, H. (2022). Analytical and experimental study on the surface generation mechanism in shot peening. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 22 (3). <https://doi.org/10.1007/s43452-022-00431-7>
21. Goryk, O., Koval'chuk, S., Brykun, O., & Aksonov, S. (2022). Assessment of quality criteria of shot blasting cleaning of the inner surfaces of chemically resistant containers. *Advances in Mechanical and Power Engineering*, 98–107. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18487-1_10
22. Vinogradov, V. N. (1981). Experimental study of the kinematic parameters of the impact of the ball on the flat surface of the material. *Friction and Wear*, 2 (4), 584–588.
23. Drozd, M. S., Matlin, M. M., & Sidiyakin, Yu. I. (1986). *Inzhenernye raschety uprugoplasticheskoy kontaktnoj deformacii*. Kiev: Tehnika [in Russian]
24. Shin, I. G., Maksudov, R., Milasius, R., Mominov, M. R., Shukhratov, Sh., & Rajabo, O. (2020). Energy relations in the contact interaction of fractions with the surface of machine parts to be strengthened. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 11 (12), 1008–1017. <https://doi.org/10.34218/IJARET.11.12.2020.100>
25. Maksudov, R. X., Djurayev, A., & Shukhratov, Sh. (2018). Improving the design and justification of the parameters of the saw section of the cotton-cleaning unit. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 6 (12), 7549–7555.

ORCID

O. Goryk  <https://orcid.org/0000-0002-2804-5580>
O. Brykun  <https://orcid.org/0000-0001-5213-9440>



2024 Goryk O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Журнал

«Scientific Progress & Innovations»

Том 27, № 4

2024

Підписано до друку з оригінал-макета 24.12.2024

Тираж 200 прим. Зам. № 4

Ум. друк. арк. 26,9. Формат 60x90/8

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.