

2025

SCIENTIFIC

Progress & Innovations



Vol. 28
N°4



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 23 грудня 2025 року)

**Рішення Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення № 1554
Ідентифікатор медіа – R30-03924**

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

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

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

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

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

Адреса редакції:

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

© Полтавський державний аграрний університет

UDC 001

Until 2022, the journal was published under the name "Bulletin of Poltava State Agrarian Academy". In 2023, the journal was re-registered and renamed "Scientific Progress and Innovation"

Founder, Editorial and Publisher:

Poltava State Agrarian University
Certificate of making a publishing house subject to the state register of publishers, manufacturers and distributors of publishing products:
Series DC No. 7933 of September 13, 2023

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

Year of foundation: 1998

Language edition:

Ukrainian, English

Recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of Poltava State Agrarian University
(Minutes No. 5 of December 23, 2025)

**Decision of the National Council
of Television and Radio Broadcasting of Ukraine No. 1554
Media identifier – R30-03924**

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

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

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

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

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

Editorial address:

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

© Poltava State Agrarian University

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Засновано 10 рудня 1998 р.
Періодичність випуску: 4 рази 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. 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. MARENICH, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

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

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

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

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

M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)

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

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

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

Editorial Board in the field of VETERINARY MEDICINE:

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

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

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

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

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

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

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

O. V. KRUCHYNYENKO, 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. 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>
Овезмирадова О. Б. Агроекологічні аспекти застосування регуляторів росту при вирощуванні ячменю ярого	6	Ovezmyradova O. Agroecological aspects of the application of growth regulators in the cultivation of spring barley
Писаренко Н. В., Фурдига М. М., Захарчук Н. А., Гордієнко В. В. Фізіологічні аспекти адаптивної пластичності сортів і гібридів <i>Solanum tuberosum</i> L. при різних варіаціях гідротермічного режиму Полісся України	10	Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. Physiological aspects of adaptive plasticity of <i>Solanum tuberosum</i> L. varieties and hybrids under variations of the hydrothermal regime in the Polissia region of Ukraine
Юрченко С. О., Палазюк Б. О. Вплив біостимуляторів на врожайність та адаптивні властивості пшениці м'якої озимої	23	Yurchenko S., Palaziuk B. Influence of bioproducts on the yield and adaptive properties of soft winter wheat
Шевчук В. М. Вплив строків сівби та передпосівної обробки насіння гречки біопрепаратами на фенологічні показники та розвиток листового апарату	30	Shevchuk V. The impact of sowing dates and pre-sowing seed treatment with biopreparations on phenological indicators and leaf apparatus development in buckwheat
Ляшенко В. В., Примак А. О. Вплив біостимуляторів на симбіотичну азотфіксацію, фотосинтетичну активність і врожайність гороху посівного (<i>Pisum sativum</i> L.)	39	Liashenko V., Prymak A. The impact of biostimulants on symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity, and yield of field pea (<i>Pisum sativum</i> L.)
Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П. Ефективність пестицидного контролю карантинного шкідника <i>Hyphantria cunea</i> Drury	47	Pospielova G., Kovalenko N. Effectiveness of pesticide control of a quarantine pest <i>Hyphantria cunea</i> Drury
Бакалова А. В., Грицюк Н. В. Стойкість різних сортів лохини проти квіткового трипса в умовах Полісся України	52	Bakalova A., Gritsyuk N. Resistance of different blueberry varieties to flower thrips in the conditions of Polissia, Ukraine
Рибальченко А. М., Ісаков Р. Р. Оцінка стійкості до хвороб, урожайності та якості насіння сучасних сортів сої	57	Rybalchenko A., Isakov R. Assessment of disease resistance, yield and seed quality of modern soybean varieties
Шуленченко В. А. Біологічний і хімічний контроль шкідників нуту (<i>Cicer arietinum</i> L.) в умовах Лівобережного Лісостепу України	65	Shuleshchenko V. Biological and chemical control of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) pests under conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine
Кравченко В. С., Акінчиц Д. Л., Вишнеvsька Л. В., Яценко А. О. Формування симбіотичної активності сої залежно від зрошування рослин у зоні Лісостепу України	74	Kravchenko V., Akinchyts D., Vyshnevskaya L., Yatsenko A. Formation of symbiotic activity of soybean depending on plant irrigation in the Forest-Steppe of Ukraine
Куряча К. О. Перспективи управління азотним живленням посівів кукурудзи: огляд сучасних концепцій	80	Kuriacha K. Prospects for nitrogen fertilization management of corn crops: a review of modern concepts
Кулик М. І., Калініченко О. В., Лесюк В. С., Рожко І. І., Тетерюк Р. С. Оцінка економічної та енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування і підживлення насаджень	87	Kulyk M., Kalinichenko O., Lesiuk V., Rozhko I., Teteriuk R. Assessment of the economic and energy efficiency of giant miscanthus biomass production depending on cultivation methods and crop fertilization
Поспелов І. С., Оніпко В. В. Волошка синя (<i>Centaurea cyanus</i> L.) як компонент агроценозу: аналіз аллопатичних механізмів, агроекологічних наслідків та стратегій контролю	94	Pospelov I., Onipko V. Blue cornflower (<i>Centaurea cyanus</i> L.) as a component of agrocenosis: analysis of allelopathic mechanisms, agroecological consequences and control strategies
Екологія	101	Ecology
Писаренк В. М., Піщаленко М. А., Мулер М. О., Логвиненко В. В., Тригуб В. В. Агротехнічні прийоми регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху	101	Pysarenko V., Pischalenko M., Mulier M., Lohvynenko V., Tryhub V. Agrotechnical methods for regulating the population of beneficial and harmful entomofauna in pea crops
Сільське господарство. Тваринництво	106	Agriculture. Animal breeding
Шостя А. М., Шпирна І. Г. Вікові особливості компенсаторного росту і фізіологічної адаптації свинок великої білої та ландрас порід за різних термінів їх відлучення	106	Shostia A., Shpyrna I. Age-related features of compensatory growth and physiological adaptation in large white and landrace gilts under different weaning ages
Ветеринарна медицина	116	Veterinary medicine
Ткачівський С. П., Галатюк О. Є., Романишина Т. О., Лахман А. Р. Діагностичні особливості хронічного імуносупресивного вірусного процесу у kota з підозрою на інфекційний перитоніт: клінічний випадок з ветеринарної практики	116	Tkachyivskiy S., Galatiuk O., Romanishina T., Lakhman A. Diagnostic features of a chronic immunosuppressive viral process in a cat suspected of feline infectious peritonitis: a clinical case from veterinary practice
Токар І. В., Стыбель В. В., Гутій Б. В. Морфологічні та біохімічні показники крові щурів за розвитку експериментального токсокарозу	121	Tokar I., Stybel V., Gutij B. Morphological and biochemical blood parameters in rats during experimental toxocarosis
Михайлютенко Е. В., Михайлютенко С. М. Трихуроз нутрій як компонент паразитоценозу травного тракту <i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)	127	Mykhailiutenko E., Mykhailiutenko S. Nutria trichurosis as a component of the parasitic community of the digestive tract of <i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)
Худаєр Амаал М. Антибактеріальна активність екстракту гвоздики <i>Syzygium aromaticum</i> відносно грамнегативних мультирезистентних штамів бактерій	132	Khudaier Amaal M. Antibacterial activity of ethanolic clove <i>Syzygium aromaticum</i> extract against multidrug-resistant gram-negative bacteria
Мельничук В. В., Коваленко О. В., Євстаф'єва В. О., Замазій А. А., Долгін О. С. Дезінвазійна активність сучасних дезінфектантів відносно яєць нематод <i>Ascaridia galli</i>	136	Melnychuk V., Kovalenko O., Yevstafieva V., Zamaziy A., Dolhin O. Disinvasive activity of modern disinfectants against <i>Ascaridia galli</i> nematode eggs
Тітаренко О. В., Горшеніна О. П., Киричко О. Б., Скрипник В. Г. Герпесвірусна інфекція у котів (епізootологічний моніторинг, гематологічні показники, лікування та профілактика в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави)	142	Titarenko O., Horshenina O., Kyrychko O., Skrypnyk V. Feline herpesvirus infection (epizootological monitoring, hematological parameters, treatment and prevention in the veterinary service "VetExpert" of the city Poltava)

Яценко І. В., Козачок В. В. Застосування рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування раневого каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи	148	Yatsenko I., Kozachok V. Application of an X-ray probe for measuring and determining the spatial position of a wound channel during forensic veterinary examination
Дереза Ю. Ф., Канівець Н. С. Панкреатит у свійських котів: поширення	155	Dereza Yu., Kanivets N. Pancreatitis in domestic cats: prevalence
Нікітан А. Д. Ефективність застосування способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок собак коконами дипілідій	159	Nikitani A. D. Effectiveness of using the method for determining contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons
Рубленко С. В., Чернай Д. С. Антибіотикорезистентність: причини, наслідки, шляхи подолання	163	Rublenko S., Chernai D. Antibiotic resistance: causes, consequences, ways to overcome
Первий А. О. Удосконалення способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар	168	Perviy A. O. Improvement of the method for determining the level of contamination of the distal extremities in cats with toxocara eggs.
Хамед М. А. К., Аль-Даумі Ф., Алькатаб А. Х., Забіл А. К., Ібрагім З. К. Поширення і наслідки вторинних інфекцій у великої рогатої худоби хворої на ящура в умовах провінції Кербела, Ірак	172	Hameed M. A. K., Al-Dawmy F., Alqatab A. H., Zabeel A. K., Ibrahim Z. K. Spread and consequences of secondary infections in cattle affected with foot-and-mouth disease in Karbala province, Iraq
Кравченко С. О., Рудяшко В. С. Клініко-гематологічний статус собак за поєднаної патології печінки та нирок	178	Kravchenko S., Rudyashko V. Clinical and hematological status of dogs with combined liver and kidney pathology
Криворученко Д. О. Ефективність відомих способів копроовоскопії за мікстінвазій травного тракту собак	183	Kryvoruchenko D. O. Effectiveness of known methods of coproovoscopy for myxintoxications of the digestive tract of dogs
Передера О. О., Передера Р. В., Лавріненко І. В., Коломак І. О., Петренко М. О. Аналіз скринінгових серологічних досліджень лейкозу великої рогатої худоби в окремих районах Полтавської області	189	Peredera O., Peredera R., Lavrinenko I., Kolomak I., Petrenko M. O. Analysis of screening serological studies of bovine leucosis in separate districts of Poltava region
Хусейн М. А. Використання алоксану для індукції діабету та зміни в організмі кролів за його застосування	196	Hussein M. A. The use of alloxan to induce diabetes in rabbits and some of the changes it causes in the body
Аль-Арубай Н. Гістохімічний аналіз яєчників, яйцепроводів та фолікулогенезу у диких кролів	201	Al-Arubay N. Histochemical analysis of wild rabbits' ovaries, oviducts, and folliculogenesis
Алкабі М. А. С., Фадхіл А. Х., Аль-Шеммарі І. Г., Аль-Хафаджі І. Дж. Виявлення та ідентифікація <i>Pasteurella</i> spp. у собак з використанням бронхоальвеолярного лаважу та молекулярного методу дослідження	208	Alkabi M. A. S., Fadhil A. H., Al-Shemmari I. G., Al-Khafaji I. J. Detection and isolation of some <i>Pasteurella</i> spp. in dogs by using bronchial alveolar lavage and molecular techniques
Технічні науки		215
Падалка В. В., Горбенко О. В., Іванов О. М., Чумак М. В. Мехатронна кольориметрична система вимірювань експлуатаційної деградації моторної оливи як засіб підвищення надійності автотранспортних засобів	215	Padalka V., Gorbenko O., Ivanov O., Chumak M. V. Mechatronic colorimetric system for measuring operational degradation of engine oil as a means to enhance the reliability of motor vehicles

Agroecological aspects of the application of growth regulators in the cultivation of spring barley

O. Ovezmyradova✉

Article info

Correspondence Author

O. Ovezmyradova

E-mail:

roslnzncu@gmail.comKherson State Agrarian and
Economic University,
Stritenska, Str., 26, Kherson,
73006, Ukraine**Citation:** Ovezmyradova, O. (2025). Agroecological aspects of the application of growth regulators in the cultivation of spring barley. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 6–9. doi: 10.31210/spi2025.28.04.01

Against the backdrop of global climate change, the formation of high productivity of grain crops requires effective implementation of measures that ensure high physiological stability, minimize the effects of environmental stress factors, and promote optimal plant growth and development throughout the growing season. Among the numerous tools used in crop cultivation technologies to increase yield and improve product quality, plant growth regulators occupy a prominent place. Currently, both scientific research and practice have confirmed the high effectiveness of these drugs in grain crops. Recently, particular attention has been paid to drugs that do not have a negative impact on agrophytocoenoses. The aim of the research was to study the effect of the biological preparations Biosil, v. s. r., Biolan, v. s. r., Rengoplant, v. s. r. and Stympto, v. s. r. on the yield and quality of spring barley. To assess the effectiveness of the studied products, pre-sowing seed treatment and foliar spraying of plants of the Aeneas and Commander varieties were applied during the growing season (phases: end of tillering – beginning of tube formation, appearance of the flag leaf). According to the results of the conducted research, it was found that pre-sowing treatment of spring barley seeds of the Komandor variety with growth regulators increases its field germination by 3.9–5.4 %, and of the Aeneas variety by 4.5–6.8 %. Depending on the variety and the use of growth regulators, the total tillering coefficient of barley plants was 2.9–3.3, and the productive coefficient was 1.3–1.7. The highest productivity indicators of spring barley are provided by treatment with the drug Rengoplant, which, depending on the variety, contributes to the formation of 13.7–13.9 % more grain mass per ear, 14.3–15.6 % more mass of 1000 seeds, and 14.4–16.8 % more grain yield compared to the control variant. The use of growth regulators in spring barley crops of the Aeneas variety resulted in increases in protein content by 0.08–0.34 %, starch by 0.36–0.86 %, fats by 0.18–0.23 %, ash by 0.01–0.05 %, in the Komandor variety, the respective increases were 0.08–0.24 %, 0.1–1.9 %, 0.04–0.22 %, and 0.04–0.14 %.

Keywords: plant growth regulators, environmental safety, application efficiency, spring barley, variety, productivity elements, grain quality indicators.

Агроекологічні аспекти застосування регуляторів росту при вирощуванні ячменю ярого

О. Б. Овезмирадова

Херсонський державний
аграрно-економічний
університет, м. Херсон,
Україна

На тлі глобальних змін клімату, формування високої продуктивності зернових культур вимагає ефективної реалізації заходів, що забезпечують високу фізіологічну стійкість, мінімізують дію екологічних стресових факторів та сприяють належному росту і розвитку рослин упродовж вегетації. Серед численної кількості засобів, що застосовують у технологіях вирощування сільськогосподарських культур з метою підвищення врожайності та покращення якості продукції чільне місце належить регуляторам росту рослин. Наразі, як у наукових дослідженнях, так і у практичній роботі доведено високу ефективність цих препаратів у посівах зернових культур. Останнім часом на особливу увагу заслуговують засоби, що не мають негативного впливу на агрофітоценози. Метою досліджень було вивчення впливу біопрепаратів Біосил, в. с. р., Біолан, в. с. р., Ренгоплант, в. с. р. та Стимпто, в. с. р. на врожайність і якість ярого ячменю. Для оцінки ефективності досліджуваних засобів проводили передпосівну обробку насіння та позакореневе обприскування рослин сортів Еней і Командор у період вегетації (фази: кінець кушення – початок виходу в трубку, поява прапорцевого листка). За результатами проведених досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння ячменю ярого сорту Командор регуляторами росту забезпечує збільшення його польової схожості на 3,9–5,4 %, сорту Еней – на 4,5–6,8 %. Залежно від сорту та застосування регуляторів росту коефіцієнт загального кушення рослин ячменю складав 2,9–3,3, продуктивного – 1,3–1,7. Найкращі показники продуктивності ячменю ярого забезпечує обробка препаратом Ренгоплант, що залежно від сорту сприяє формуванню на 13,7–13,9 % більшої маси зерна з колоса, на 14,3–15,6 % – маси 1000 насінин та на 14,4–16,8 % більшої урожайності зерна порівняно з контрольним варіантом. Застосування рістрегулюючих препаратів у посівах ячменю ярого сорту Еней забезпечує збільшення вмісту білка на 0,08–0,34 %, крохмалю – на 0,36–0,86 %, жирів – 0,18–0,23 %, золи – 0,01–0,05 %, сорту Командор – на 0,08–0,24 %, 0,1–1,9 %, 0,04–0,22 %, 0,04–0,14 % відповідно.

Ключові слова: регулятори росту рослин, екологічна безпека, ефективність застосування, ячмінь ярий, сорт, елементи продуктивності, показники якості зерна.**Бібліографічний опис для цитування:** Овезмирадова О. Б. Агроекологічні аспекти застосування регуляторів росту при вирощуванні ячменю ярого. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 6–9.

Вступ

В умовах обмеженого використання сільсько-господарських угідь внаслідок повномасштабного вторгнення російських військ в Україну, забезпечення продовольчої безпеки та збереження стабільності на основних світових ринках продовольства належать до пріоритетних цілей державної політики в аграрному секторі [1]. Це спонукає аграріїв до активного пошуку шляхів збільшення обсягів зерновиробництва, зокрема через управління процесом вирощування сільськогосподарських культур.

На тлі глобальних змін клімату, формування високої продуктивності зернових культур вимагає ефективної реалізації заходів, що забезпечують високу фізіологічну стійкість, мінімізують дію екологічних стресових факторів та сприяють належному росту і розвитку рослин упродовж вегетації [3, 11, 12, 21–23].

Серед численної кількості засобів, що застосовують у технологіях вирощування сільсько-господарських культур з метою підвищення врожайності та покращення якості продукції чільне місце належить регуляторам росту рослин, дія яких пов'язана зі зміною балансу фітогормонів у клітинах рослин, що сприяє їх поділу і росту внаслідок трансформації фізико-хімічних властивостей мембран [4].

Наразі як у наукових дослідженнях, так і на практиці доведено високу ефективність цих препаратів у посівах зернових культур [21, 5–7, 14–20, 24]. Позитивна дія рістрегуляторів проявляється ще на початкових етапах вегетації рослин, зокрема, передпосівна обробка насінневого матеріалу сприяє підвищенню енергії проростання та лабораторної схожості насіння до 93–98 %, польової схожості – з 83,3–86,0 % до 90–98 % [3, 5]. Застосування регуляторів росту забезпечує на 6,1–16,1 % формування більш щільного стеблостою у півчасного ячменю та на 3,4–14,6 % – у голозерного [7]. Водночас дослідники відмічають позитивний вплив на ріст первинних та вторинних коренів ячменю, формування бічних пагонів та збільшення біомаси рослин [5]. Застосування рістрегулюючих препаратів сприяє активізації ростових процесів, підвищенню імунних властивостей рослин, антистресовій дії, більш ефективному засвоєнню поживних речовин, що своєю чергою впливає на підвищення врожайності та покращення якості насіння зернових культур [6, 20].

Наразі державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в сільському господарстві, налічує велику кількість регуляторів росту рослин, проте останнім часом, зважаючи на загострення екологічної ситуації в країні, особливу увагу привертають препарати, що за санітарно-гігієнічною класифікацією належать до четвертого класу небезпеки і характеризуються як малотоксичні для живих організмів. Завдяки відсутності негативного впливу на агрокосистему, їх застосування дозволене в органічному землеробстві.

Мета дослідження

Метою наших досліджень була оцінка ефективності застосування екологічно безпечних регуляторів росту на показники врожайності та якості ячменю ярого.

Матеріали і методи

Дослідження проводили протягом 2023–2024 рр. в агроекологічних умовах зони Полісся. Грунт – дерново-підзолистий супіщаний, вміст гумусу – 1,48, рН – 4,6. Регулятори росту рослин застосовували відповідно до загальноприйнятої методики [8].

Дослідження ефективності рістрегулюючих препаратів проводили шляхом обробки насіння та обприскування рослин ячменю ярого сортів Еней та Командор у період вегетації (фази: кінець кушення – початок виходу в трубку, поява прапорцевого листка) за такою схемою:

- 1) Контроль (без обробки (насіння)/обробка водою (рослин));
- 2) Біосил, в. с. р. – (25 мл/т / 20 мл/га);
- 3) Біолан, в. с. р. – (25 мл/т / 20 мл/га);
- 4) Ренгоплант, в. с. р. – (250 мл/т / 50 мл/га);
- 5) Стимпо, в. с. р. – (25 мл/т / 20 мл/га).

Зазначені препарати включені до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні, а також до Переліку допоміжних продуктів, дозволених для використання в органічному виробництві [9, 10]. Облікова площа ділянок складала 10 м². Повторність досліду 3-кратна. Показники якості насіння визначали відповідно до методики [13].

Результати та їх обговорення

Схожість насіння є одним із визначальних показників, який впливає на формування густоти стояння рослин, щільності стеблостою, і як наслідок, рівень урожайності культури. В польових умовах схожість залежить від показників якості насіння, комплексу агротехнічних та екологічних факторів [11, 22]. За результатами проведених досліджень, встановлено, що застосування регуляторів росту при передпосівній обробці насіння ячменю ярого сприяло збільшенню його польової схожості (*табл. 1*).

Посів ячменю ярого проводили у ранні строки в достатньо зволожений ґрунт, що дозволило забезпечити польову схожість насіння на контрольному варіанті в межах 86,4–88,3 % залежно від сорту. Водночас обробка насінневого матеріалу біорегуляторами росту сприяла збільшенню показників польової схожості насіння сорту Еней на 4,5–6,8 %, сорту Командор – на 3,9–5,4 % порівняно з контрольним варіантом.

Найбільшу кількість сходів ячменю сортів Еней та Командор – 415 шт./м² та 419 шт./м² відповідно забезпечив варіант з препаратом Ренгоплант. Польова схожість насіння досліджуваних сортів при застосуванні препарату Стимпо була на 0,4–0,9 % нижчою

порівняно з препаратом Ренгоплант, проте порівняно з контрольним варіантом цей препарат забезпечував на 4,4–5,0 % більшу схожість насіння. Обробка насіння препаратом Біосил сприяла збільшенню кількості схожого насіння на 4,3–4,8 % порівняно з контролем. Найменшу кількість сходів ячменю

ярого порівняно з іншими досліджуваними препаратами відмічено у варіанті з обробкою насіння препаратом Біолан, проте, польова схожість насіння при застосуванні цього препарату збільшувалась на 3,9–4,5 % порівняно з контролем.

Таблиця 1

Вплив регуляторів росту на схожість насіння ячменю ярого

Варіант	Сорт Еней			Сорт Командор		
	польова схожість насіння, %	загальна куцистість	продуктивна куцистість	польова схожість насіння, %	загальна куцистість	продуктивна куцистість
Контроль	86,4	2,9	1,3	88,3	3,2	1,4
Біосил	91,2	2,8	1,3	92,6	3,1	1,5
Біолан	90,3	3,1	1,4	91,8	3,3	1,6
Ренгоплант	92,3	3,1	1,6	93,1	3,2	1,7
Стимпо	91,4	3,2	1,4	92,7	3,3	1,6

Залежно від сорту при кількості 3–5-ти пагонів на одній рослині коефіцієнт загального куцення складав 2,9–3,3, продуктивного – 1,3–1,7. Найбільшу загальну куцистість ячменю сорту Еней відмічено у варіанті із застосуванням препарату Стимпо.

Рослини сорту Командор відрізнялись дещо більшою кількістю пагонів при обробці препаратами Стимпо та Біолан. Кращі показники продуктивної

куцистості відмічено у рослин ячменю ярого при застосуванні препарату Ренгоплант.

Досить високу ефективність досліджуваних регуляторів росту рослин на продуктивність ячменю ярого в агроекологічних умовах зони Полісся відмічено при поєднанні обробки насіння з обприскуванням рослин під час вегетації (*табл. 2*).

Таблиця 2

Вплив регуляторів росту на показники продуктивності ячменю ярого

Варіант	Сорт Еней				Сорт Командор			
	зерен у колосі, шт	маса зерна з колоса, г	маса 1000 насінин, г	урожайність, т/га	зерен у колосі, шт	маса зерна з колоса, г	маса 1000 насінин, г	урожайність, т/га
Контроль	17,2	1,02	43,3	3,69	20,4	1,08	46,2	3,98
Біосил	18,6	1,12	47,8	4,10	20,8	1,18	51,7	4,42
Біолан	18,8	1,11	47,5	4,08	20,3	1,18	51,1	4,36
Ренгоплант	18,4	1,16	49,5	4,22	21,4	1,23	53,4	4,65
Стимпо	18,8	1,14	48,4	4,19	21,1	1,21	52,2	4,54
НІР _{0,5}				0,2				0,18

Найкращими показниками продуктивності ячменю ярого відрізнялись посіви за умови обробки препаратом Ренгоплант, який залежно від сорту забезпечував на 13,7–13,9 % більшу масу зерна з колоса, на 14,3–15,6 % – масу 1000 насінин та на 14,4–16,8 % більшу урожайність зерна порівняно з контрольним варіантом.

Більш ефективним також виявилось застосування препарату Стимпо порівняно з рістрегуляторами Біосил та Біолан.

Застосування регуляторів росту позитивно впливало на якість врожаю (*табл. 3*).

Таблиця 3

Вплив регуляторів росту на показники якості зерна ячменю ярого, % на с. р.

Варіант	Сорт Еней				Сорт Командор			
	білок	крохмаль	жири	зола	білок	крохмаль	жири	зола
Контроль	11,34	63,48	2,48	2,58	11,4	62,3	2,54	2,58
Біосил	11,47	64,34	2,70	2,60	11,52	64,2	2,62	2,68
Біолан	11,42	63,86	2,66	2,59	11,48	63,8	2,58	2,62
Ренгоплант	11,68	63,84	2,71	2,63	11,64	62,4	2,76	2,70
Стимпо	11,65	63,73	2,69	2,61	11,56	63,1	2,70	2,72

Застосування рістрегулюючих препаратів у посівах ячменю ярого сорту Еней забезпечує збільшення вмісту білка на 0,08–0,34 %, крохмалю – на 0,36–0,86 %, жирів – 0,18–0,23 %, золи – 0,01–0,05 %, сорту Командор – на 0,08–0,24 %, 0,1–1,9 %, 0,04–0,22 %, 0,04–0,14 % відповідно.

Висновки

Передпосівна обробка насіння ячменю ярого сорту Командор регуляторами росту забезпечує збільшення його польової схожості на 3,9–5,4 %, сорту Еней – на 4,5–6,8 %.

Залежно від сорту та застосування регуляторів росту коефіцієнт загального кущення рослин ячменю складав 2,9–3,3, продуктивного – 1,3–1,7.

Найкращі показники продуктивності ячменю ярого забезпечує обробка препаратом Ренгоплант, що залежно від сорту сприяє формуванню на 13,7–13,9 % більшої маси зерна з колоса, на 14,3–15,6 % – маси 1000 насінин та на 14,4–16,8 % більшої урожайності зерна порівняно з контролним варіантом.

Застосування ристрегулюючих препаратів у посівах ячменю ярого сорту Еней забезпечує збільшення вмісту білка на 0,08–0,34 %, крохмалю – на 0,36–0,86 %, жирів – 0,18–0,23 %, золи – 0,01–0,05 %, сорту Командор – на 0,08–0,24 %, 0,1–1,9 %, 0,04–0,22 %, 0,04–0,14 % відповідно.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Pro skhvalennia Stratehii rozvytku silskoho gospodarstva ta silskykh terytorii v Ukraini na period do 2030 roku ta zatverdzhennia operatsiinoho planu zakhodiv z yii realizatsii u 2025-2027 rokakh. Rozporiadzhennia № 1163-r. vid 15 lystopada 2024 r. Verkhovna Rada Ukrainy. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/1163-2024-%D1%80?lang=uk#Text> [in Ukrainian]
2. Hoshchar, V. I. (2011). Vplyv rehulatora rostu Albit na vrozhaunisti pyvovarni yakosti zerna yachmeniu yaroho. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony*, 11, 121–123. [in Ukrainian]
3. Mosiychuk, I., Beznosko, I., Turovnik, Yu., & Mudrak, V. (2022). The influence of biological preparations on the sowing quality of spring barley plants (*Hordeum vulgare* L.). *Balanced Nature Using*, 3, 133–143. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2022.266566>
4. Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34 (4), 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
5. Kolesnikov, M. O., & Ponomarenko, S. P. (2016). Vplyv biostymulatoriv Stympto ta Rehoplant na produktyvnist yachmeniu yaroho. *Ahrobiologiya*, 1 (124), 81–86. [in Ukrainian]
6. Kovalenko, O., & Ishchenko, S. (2017). Vplyv biorehulatoriv rostu na prorostannia nasinnia pshenytsi ozymoi. *Ahrarna Nauka ta Osvita Podillia*, 91–94. [in Ukrainian]
7. Ishchenko, V. A. (2021). Effect of applying growth regulators on yield and formation of productivity elements of spring barley plants in the conditions of the Steppe Zone of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 81–85. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.10>
8. Trybel, S. O. (Red.). (2001). *Metodyka vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. Kyiv: Svit [in Ukrainian]
9. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh dlia vykorystannia v Ukraini. (n.d.). *Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy*. Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyi-revest-pestytsydiv-i-agrokhimikativ-dozvolenykh-do-vykorystannya-v-ukrayini/> [in Ukrainian]
10. Havran, I., Bierov, Ye., Prokipets, S., Yezerkowska, L., Plaksiuk, L., Yaroshenko, L., Volkova, S., Halashevskiy, S., & Chemerys, M. (2024). *Perelik dopomizhnykh produktiv ta metodiv, dozvolenykh dlia vykorystannia v orhanichnomu vyrobnytstvi*. Kyiv: TOV «Orhanik standart» [in Ukrainian]
11. Ovezmyradova, O. B., & Shcherbatiuk, O. S. (2023). Produktyvnist sortiv yachmeniu yaroho v umovakh Polissia. *«Intensyfikatsiia ekoloho-biologichnoho roslynnytstva»: zbirnyk tez dopovidei nauково-praktychnoi konferentsii nauково-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh*. (s. 23–25). Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet [in Ukrainian]
12. Vyskub, R., & Sknyra, N. (2024). The influence of biological preparations on the formation of quantitative indicators of spring barley variety «Bravyi» under different nutritional backgrounds. *Agrobiologiya*, 1 (187), 167–174. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-167-174>
13. Melnyk, S. (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktii roslynnytstva*. Kyiv: Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv [in Ukrainian]
14. Petrychenko, V. F., & Romaniuk, V. I. (2019). Vplyv faktoriv intensyfikatsii na yakist zerna yachmeniu yaroho v umovakh lisostepu pravoberezhnoho. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 105, 127–134. [in Ukrainian]
15. Tkachuk, O. O. (2014). Ekologichna bezpeka ta perspektyvy zastosuvannia rehulatoriv rostu roslin. *Visnyk Vinnytskoho Politekhnicznego Instytutu*, 3, 41–44. [in Ukrainian]
16. Vasylenko, M. H., Stadnyk, A. P., Dushko, P. M., Draha, M. V., Kichihina, O. O., Zatsarina, Yu. O., & Perets, S. V. (2018). Crop yield and seed quality of agricultural crops under using plants growth regulators. *Agroecological Journal*, 1, 96–101. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161350>
17. Pospielova, G., Kovalenko, N., Pospielov, S., Lytvynenko, S., & Syvash, K. (2024). The effectiveness of using bio-preparations on winter wheat. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (4), 37–42. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.07>
18. Marenych, M. M., & Yurchenko, S. O. (2016). Sowing properties of seed of agricultural cultures depending on application of growth stimulant. *Scientific Progress & Innovations*, 1-2, 18–21. <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.1-2.03>
19. Hlevaskiy, V. I., Timchyi, K. I., & Lapchynskiy, V. V. (2025). Analysis of the impact of biostimulants on increasing the yield of agricultural crops under drought conditions. *Taurian Scientific Herald*, 1 (143), 73–80. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.9>
20. Popova, L. V. (2015). Vyvchennia vplyvu rehulatoriv rostu na urozhaunist ozymoi pshenytsi, pry riznykh sposobakh yikh zastosuvannia, v umovakh Komiternivskoho raionu Odeskoi oblasti. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomia*, 76, 59–64. [in Ukrainian]
21. Ovezmyradova, O., Karas, I., Kupchunskiy, A., & Goliychuk, K. (2019). Productivity of corn and silage hybrids of maize in the conditions of Polissya. *Scientific Horizons*, 85 (12), 48–52. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-85-12-48-52>
22. Ovezmyradova, O. (2022). Produktyvnist prosovydynykh kultur zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia v umovakh Polissia. *100-richchia Poliskoho natsionalnoho universytetu: zdobutky, realii, perspektyvy* : zbirnyk prats uchasnykiv Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii (1 lystopada 2022 r.). (s. 450–454) Zhytomyr : Poliskyi natsionalnyi universytet [in Ukrainian]
23. Cheremisina, S., & Rossokha, V. (2021). Efficiency of grain production in Ukraine: analysis of the current state and prospects for improvement. *Ekonomika APK*, 320 (6), 54–67. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202106054>
24. Hamaiunova, V. V., Kuvshynova, A. O., & Baklanova, T. V. (2024). Znachennia biopreparativ u pidvyshchenni rentabelnosti vyroshchuvannia yachmeniu ozymoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Ahrarni Innovatsii*, 23, 38–47. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2024.23.6>

ORCID

O. Ovezmyradova  <https://orcid.org/0000-0001-5430-5676>



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

Physiological aspects of adaptive plasticity of *Solanum tuberosum* L. varieties and hybrids under variations of the hydrothermal regime in the Polissia region of Ukraine

N. Pysarenko¹ | M. Furdyha² | N. Zakharchuk² | V. Hordiienko²

Article info

Correspondence Author
N. Zakharchuk
E-mail:
vs_potato@meta.ua¹Polissia Research
Department, Institute for
Potato Research, NAAS,
Tsentralna Str., 6, Fedorivka
village, Korosten district,
Zhytomyr region, 11699,
Ukraine²Institute for Potato Research
NAAS, Yaroslava Mudroho
Str., 22, Nemishaeve, Bucha
district, Kyiv region, 07853,
Ukraine**Citation:** Pysarenko, N., Furdyha, M., Zakharchuk, N., & Hordiienko, V. (2025). Physiological aspects of adaptive plasticity of *Solanum tuberosum* L. varieties and hybrids under variations of the hydrothermal regime in the Polissia region of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 10–22. doi: 10.31210/spi2025.28.04.02

The research aimed to reveal the specific features of adaptive plasticity expression in varieties and hybrids of different maturity groups by analysing the dynamics of physiological indicators of the water regime during critical phases of plant growth. The research was conducted under field conditions at the Polissia Research Department of the Institute for Potato Research, NAAS (Zhytomyr Polissia) in 2024–2025 and involved 45 potato genotypes. Water retention capacity (WRC) and water recovery capacity (WReC) coefficients were assessed under laboratory conditions by sampling leaf material at the following growth stages: budding, flowering, active tuber formation, and yield accumulation. These measurements were taken in parallel with the determination of the hydrothermal coefficient (HTC). A consistent decrease in WRC by 16–20 % and WReC by 15–30 % was observed throughout the growth phases, reflecting the progressive water stress experienced by the plants. Early-ripening varieties showed the highest sensitivity to stress, whereas hybrid material of all maturity groups exhibited relatively greater stability of these parameters. Middle-early hybrids demonstrated a more stable water regime compared with varieties of the same maturity group, particularly in terms of water balance recovery. Mid-ripening genotypes exhibited the highest level of water homeostasis, even in the later stages of ontogenesis (WRC = 59 %, WReC = 86 %). Correlation analysis confirmed the presence of positive relationships between HTC and water regime parameters, differentiated by maturity groups: early genotypes showed a higher sensitivity of water recovery processes to moisture availability ($r \approx 0.90$), middle-early genotypes were characterized by moderate and stable correlations, while mid-ripening genotypes displayed the lowest correlation coefficients, reflecting their relative independence from fluctuations in hydrothermal conditions. Hierarchical clustering divided the potato genotype collection into two main groups based on water-exchange strategies: Cluster I ($n = 26$) with elevated water retention and recovery coefficients (WRC = 69.7 ± 1.9 %, WReC = 98.2 ± 2.4 %) and Cluster II ($n = 19$) with moderate values (WRC = 64.2 ± 3.1 %, WReC = 91.3 ± 2.8 %). Genotypes and divergent forms with WReC exceeding 100 % were identified. Among the promising sources for drought resistance breeding, the following hybrids were highlighted: (P.14.3/5, P.16.50-16, P.17.44-1, P.19.15-16, P.17.24-26, P.15.56-10, P.17.29/21, P.17.38/16, P.15.5/27, P.17.20-13, P.13.52-11, P.13.42/3, P.17.34/8, P.17.30-3, P.17.39/22) and varieties (Tyras, Mezhyrichka 11, Opillia, Zhytnytsia, Myroslava, Lietana). The obtained results confirm the effectiveness of using water retention and recovery coefficients as markers for assessing the adaptive potential of genotypes and provide a scientific foundation for improving breeding programs towards enhancing potato resistance to abiotic stress.

Keywords: potato, breeding material, plant water homeostasis, adaptive potential, water stress (abiotic), physiological response, genetic differentiation for water deficit tolerance.

Фізіологічні аспекти адаптивної пластичності сортів і гібридів *Solanum tuberosum* L. при різних варіаціях гідротермічного режиму Полісся України

Н. В. Писаренко¹ | М. М. Фурдига² | Н. А. Захарчук² | В. В. Гордієнко²¹Поліське дослідне
відділення Інституту
картоплярства НААН,
с. Федорівка,
Житомирська обл., Україна²Інститут картоплярства
НААН,
смт. Немішаєве,
Київська обл., Україна

Метою дослідження було виявлення особливості прояву адаптивної пластичності сортів і гібридів різних груп стиглості шляхом аналізу динаміки фізіологічних показників водного режиму у критичні фази розвитку рослин. Дослідження виконано в польових умовах Поліського дослідного відділення ІК НААН (Житомирське Полісся) в 2024–2025 рр. на 45-ти генотипах картоплі. Оцінювали коефіцієнти водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) у лабораторних умовах, відбираючи зразки листків у фазах: бутонізації, квітання, активного бульбоутворення та накопичення продуктивності, паралельно з визначенням гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Встановлено закономірне зниження Кву на 16–20 % та Квв на 15–30 % упродовж фаз розвитку, що відображає прогресуючий водний стрес у рослин. Ранні сорти виявили найбільшу чутливість до стресу, тоді як гібридний матеріал усіх груп стиглості мав відносно вищу стабільність показників. Середньоранні гібриди мали стійкіший водний режим порівняно із сортами цієї групи, зокрема за відновленням водного балансу. Середньостиглі генотипи відзначалися найвищим рівнем водного гомеостазу навіть у пізніх фазах онтогенезу (Кву = 59 %, Квв = 86 %). Кореляційний аналіз підтвердив наявність позитивних залежностей між ГТК та показниками водного режиму з диференціацією за групами стиглості: у ранніх генотипів проявлялася вища чутливість процесів водовідновлення до рівня зволоження ($r \approx 0.90$), середньоранні характеризувалися помірними стабільними зв'язками, середньостиглі сорти демонстрували найнижчі коефіцієнти кореляції, що відображає їх відносну автономність від коливань гідротермічних умов. Ієрархічна кластеризація розділила колекцію генотипів картоплі на дві основні групи за стратегіями водного обміну: Кластер I ($n=26$) з підвищеними значеннями коефіцієнтів водоутримання та водовідновлення (Кву = $69,7 \pm 1,9$ %, Квв = $98,2 \pm 2,4$ %) та Кластер II ($n=19$) з помірними (Кву = $64,2 \pm 3,1$ %, Квв = $91,3 \pm 2,8$ %). Виявлено генотипи та дивергентні форми з показниками Квв понад 100 %. Серед перспективних джерел для селекції на посухостійкість виділено гібриди (П.14.3/5, П.16.50-16, П.17.44-1, П.19.15-16, П.17.24-26, П.15.56-10, П.17.29/21, П.17.38/16, П.15.5/27, П.17.20-13, П.13.52-11, П.13.42/3, П.17.34/8, П.17.30-3, П.17.39/22) та сорти (Тирас, Межирічка 11, Опілля, Житниця, Мирослава, Лєтана). Отримані результати підтверджують ефективність використання коефіцієнтів водоутримання та водовідновлення як маркерів оцінки адаптивного потенціалу генотипів і створюють наукове підґрунтя для удосконалення селекційних програм у напрямі підвищення стійкості картоплі до абіотичного стресу.

Ключові слова: картопля, селекційний матеріал, водний гомеостаз рослин, адаптивний потенціал, водний стрес (абіотичний), фізіологічна реакція, генетична диференціація за стійкістю до водного дефіциту.**Бібліографічний опис для цитування:** Писаренко Н. В., Фурдига М. М., Захарчук Н. А., Гордієнко В. В. Фізіологічні аспекти адаптивної пластичності сортів і гібридів *Solanum tuberosum* L. при різних варіаціях гідротермічного режиму Полісся України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 10–22.

Вступ

Стрімке посилення кліматичних змін у Східній Європі спричиняє частіші та подовжені періоди літніх посух у регіонах, які раніше мали достатнє зволоження. Згідно з метеоспостереженнями останніх десятиліть, у зоні Полісся України відзначається зростання середньорічних температур, різкі коливання температурних режимів, скорочення кількості опадів у літній період та поява короткочасних зливових опадів, що суттєво змінює гідротермічний баланс агроландшафтів [1–3]. Такі тенденції створюють серйозні ризики для стабільності врожаїв культур, традиційно вирощуваних у Поліссі, зокрема картоплі (*Solanum tuberosum* L.), яка залишається однією з основних продовольчих культур України [4].

Дефіцит вологи є одним із провідних обмежувальних чинників продуктивності картоплі у світі [5–7]. Ця культура має відносно поверхневу кореневу систему ($\approx 85\%$ коренів розташовані у верхніх до 30 см шарі ґрунту) та високу транспіраційну активність, що робить її особливо чутливою до водного стресу на етапах формування та накопичення маси бульб [8–10]. В умовах дефіциту води відбуваються зниження фотосинтетичної активності, прискорене старіння листків і порушення водного гомеостазу, що призводить до втрати врожаю та зниження якості бульб [11]. Значне скорочення листової поверхні та надземної біомаси обмежує надходження асимілянтів для формування бульб [12]. Рівень зниження врожайності визначається інтенсивністю дефіциту води: Martínez-Romero et al. (2019) [13] відзначають, що зменшення поливу на 20 % від оптимального призводить до падіння врожаю приблизно на 5 %, тоді як Greenwood et al. (2010) [14] повідомляють, що при дефіциті понад 35 % темпи росту істотно знижуються і втрати врожаю стають критичними.

Зважаючи на ці виклики, пошук ефективних методів оцінки адаптивності селекційного матеріалу до абіотичного стресу є ключовим завданням сучасного картоплярства [15]. У міжнародних дослідженнях широко використовують фізіологічні індикатори водного стану рослин, зокрема Relative Water Content (RWC) та показники осмотичного регулювання, як критерії толерантності до водного дефіциту. Наприклад, Verbeke et al. (2022) [16] показали, що осмотична адаптація у пшениці варіювалася залежно від фенофази і умов водного стресу, вимірюваних через осмотичний потенціал і водний вміст. Elsayed et al. (2021) [17] застосували гіперспектральні індекси для точного визначення Leaf RWC і його зв'язку з урожайністю, підкреслюючи практичну цінність цього фізіологічного показника. Дослідження Soltys-Kalina et al. (2016) [18] зосереджувалося безпосередньо на картоплі, вивчаючи листову RWC та врожай сортів 'Wauseon', 'Katahdin' та інших під водним стресом; сорт Wauseon показав мінімальне зниження як RWC, так і врожайності, що свідчить про його високу толерантність до посухи. Огляд Farooq et al. (2009) [19] узагальнює основні механізми впливу посухи на рослини, включно з порушенням фотосинтезу та водного балансу, забезпечуючи методологічний фундамент для досліджень адаптації.

В Україні інтерес до фізіологічних маркерів стійкості картоплі зростає на тлі кліматичних змін, проте системні дослідження селекційного матеріалу в умовах Полісся залишаються обмеженими. Селекція на стійкість до стресу ґрунтується на вивченні закономірностей формування адаптивних реакцій та визначенні морфо-анатомічних, фізіолого-біохімічних і молекулярних характеристик, які забезпечують резистентність культури до посухи [20–23]. У практиці наукових досліджень широко застосовують індексний підхід для аналізу реакцій сортів на водний дефіцит, який оцінює втрату врожаю порівняно з оптимальними умовами і використовується для відбору посухостійких форм [24–26]. Особливо важливим критерієм є водоутримувальна здатність тканин листка та їхня спроможність швидко відновлювати водний баланс після посушливого періоду. Такий підхід не дає прямого виміру врожайності, проте відображає потенціал рослини відновлювати фізіологічні, біохімічні та молекулярні функції, що сприяє формуванню високої продуктивності порівняно з неспухостійкими генотипами [27, 28]. Для умов Полісся було показано ефективність оцінки коефіцієнтів водоутримання та водовідновлення картоплі [29–31], що дозволяє глибше зрозуміти механізми адаптації і виявити селекційно цінні джерела стійкості.

Отже, використання фізіологічних показників водного режиму, таких як RWC та відновлювальна здатність, є ефективним підходом для відбору адаптивних генотипів у селекційній практиці. Водночас відзначається дефіцит даних щодо реакції сортів і гібридів різних груп стиглості на змінний гідротермічний режим у жорстких кліматичних умовах Полісся України. Актуальність подальших досліджень обумовлена потребою інтеграції водно-фізіологічних критеріїв із кліматичними даними для підвищення ефективності селекційного добору.

Мета дослідження

Виявити особливості прояву адаптивної пластичності сортів і гібридів картоплі (*Solanum tuberosum* L.) різних груп стиглості в умовах змін гідротермічного режиму Полісся України шляхом аналізу динаміки та взаємозв'язків фізіологічних показників водного режиму впродовж критичних фаз розвитку рослин.

Для досягнення мети було визначено такі завдання:

1. Охарактеризувати динаміку коефіцієнтів водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) у сортів і гібридів різних груп стиглості впродовж критичних фаз онтогенезу.
2. З'ясувати відмінності між сортовим та гібридним матеріалом за рівнем стабільності та стійкості до водного стресу.
3. Виявити кореляційні зв'язки між гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) та показниками водного режиму залежно від групи стиглості й типу селекційного матеріалу.
4. Виділити сорти й гібриди з високими та стабільними значеннями Кву і Квв як перспективні джерела для селекції картоплі на посухостійкість.

5. Описати диференціацію генотипів за допомогою кластеризації на основі показників водного режиму для оцінки генетичної мінливості адаптивних ознак.

Матеріали і методи

Дослідження з оцінки адаптивної пластичності за фізіологічною реакцією рослин картоплі (*Solanum tuberosum* L.) виконано в польовій сівозміні лабораторії селекції та насінництва картоплі Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН в 2024–2025 рр. Дослідне поле розташоване в зоні Житомирського Полісся України (50,7011° N, 29,3400° E, висота ≈ 148 м), яка характеризується помірно-континентальним кліматом з виразними міжрічними коливаннями гідротермічного режиму.

Ґрунти – дерново-підзолисті піщані, типові для Полісся, з низьким вмістом гумусу (< 0,8 %), кислою реакцією ґрунтового розчину (pH < 5,0), низьким ступенем насичення основами (< 50 %) та малою ємністю вологи (польова вологоємність до ~21 %). За гранулометричним складом переважає піщана фракція (≈ 93–96 %), а частка пілуватоглинистої фракції становить ≈ 4–7 %.

Предмет дослідження. Оцінювали сорти та перспективні гібриди різних груп стиглості селекції Поліського дослідного відділення і Інституту картоплярства НААН. Групи стиглості сортів та гібридів визначали за комплексом ознак: тривалістю вегетаційного періоду, динамікою перебігу основних фенологічних фаз, темпами наростання врожаю на контрольних термінах (60–65 та 75–80 день від садіння), а також за морфо-фізіологічним станом рослин протягом сезону досліджень.

Ранньостиглі (вегетаційний період до 100 днів):

Сорти – Слаута, Тирас, Радомисль, Взірець.

Гібриди – 3.16.50-16 (Межирічка 11 / Bellarosa), П.17.38/4 (Вектар / Радомисль), П.16.16-9 (П.12.2-3 / П.12.19-15), П.17.20-3 (Палац / Взірець), П.17.24-26 (П.1348-22 / П.13.17-1), П.17.44-1 (Зелений гай / Спокуса), П.19.15-16 (Радомисль / Світана), П.19.15-13 (Радомисль / Світана), П.14.3/5 (Вимір / Н.05.3-5).

Середньоранні (101–115 днів):

Сорти – Партнер, Межирічка 11, Опілля, Світана, Базалія.

Гібриди – П.16.40/2 (П.03.1-6 / Karlena), П.15.5/27 (П.09.27/9 / Вигода), П.15.56-10 (П.09.77/5 0 / Подолька), П.17.29/21 (Вектар / Взірець), П.17.13/7 (Н.11.12-8 / Партнер), П.17.38/16 (Вектар / Радомисль), П.17.28-2 (Лілея / Взірець), П.18.87/2 (F1 Б.9-10-11), П.17.19-26 (П.13.54-2 / Взірець), П.17.1-4 (П.10.11-5 / Aladin), П.19.15-18 (Радомисль / Світана), П.17.20-13 (Палац / Взірець), 3.14.64-2 (Вересівка / Струмок), П.13.52-11 (Гурман / П.07.85/13).

Середньостиглі (116–130 днів):

Сорти – Летана, Житниця, Мирослава, Джавеліна, Дивина.

Гібриди – 3.16.59-10 (Ірбицький / Подолія), П.17.34/8 (Дубрава / Взірець), П.17.39/22 (Маг / Радомисль), П.18.78/1 (Летана / Фальварк), Г.10.6/23 (Г.89.715с88 / Тирас), П.17.30-3 (Зорачка / Взірець),

П.18.51/3 (Г.08.197/105 / Red Konik), П.13.42/3 (Подолія / Летана).

Дослід закладали на дворядкових ділянках із міжряддям 0,70 м та відстанню між рослинами в рядку 0,25 м. Довжина рядка становила 7,5 м (30 рослин / рядок), ширина ділянки – 1,40 м; облікова площа – 10,50 м². Густота стояння – 57,1 тис. рослин/га. Для садіння використовували насінневі бульби фракції 45–55 г. Термін садіння 2024–2025 років припадав на другу декаду травня. Мінеральне живлення забезпечували внесенням добрив у період садіння в локальний спосіб у дозі N–P₂O₅–K₂O = 8–20–40 кг/га д. р., що відповідало стартовому живленню культури. Додатково застосовували підживлення сульфатом амонію (1,0 ц/га) у фазі активного росту рослин. Захист рослин здійснювали відповідно до загальноприйнятих для культури регламентів інтегрованої системи захисту, без застосування зрошення.

Відбір зразків і фенологія. Для кожного генотипу в кожному повторенні відбирали по 10 листків середнього ярусу з фізіологічно активних пагонів. Відбір виконували у ранкові години (07:00–8:00) за відсутності опадів, у чотири строки вегетації: бутонізація (I облік), цвітіння (II), активне бульбоутворення (III), накопичення продуктивності (IV), з інтервалом 14–15 днів.

Визначення водного режиму (Кву, Квв) проводили за методикою, описаною в патенті Григорюка та ін. (2002) [32]. Свіжа маса (М₀): листки одразу після відбору зважували на аналітичних терезах (точність ± 0,001 г). Часткове зневоднення (Кву): зразки розміщували на стелажах у вентильованому приміщенні за умови 20–22 °С і відносній вологості 45–60 % протягом 24 годин; після цього зважували (М₁). Відновлення водного балансу (Квв): листки занурювали у дистильовану воду при 20–22 °С на 24 годин у напівтемряві; перед зважуванням (М₂) поверхневу воду вилучали фільтрувальним папером.

Показники:

$$\text{коефіцієнт водоутримання} - K_{ey}(\%) = \frac{M_1}{M_0} \times 100$$

$$\text{коефіцієнт водовідновлення} - K_{ee}(\%) = \frac{M_2}{M_0} \times 100$$

Щоденні метеодані щодо температури повітря отримували із сервісу «Радар погода», кількість опадів визначали шляхом власних вимірювань на дослідній ділянці. Інтенсивність посухи в період відбору зразків визначали за гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) за формулою (3) Селянінова [33]:

$$ГТК = \frac{\sum r}{0.1 \times \sum t \circ C} \quad (3)$$

де $\sum t$ — сума середньодобових температур > 10 °С за період, $\sum r$ — сума опадів за той же період (мм). Градацію ГТК (гідротермічного коефіцієнта) використовували відповідно до класифікації, опублікованої у «Словнику агронома» (SuperAgronom.com):

< 0,4 – дуже сильна посуха; 0,4–0,5 – сильна посуха; 0,6–0,7 – середня посуха; 0,8–0,9 – слабка посуха; 1,0–1,5 – достатньо вологий; > 1,5 – надмірно вологий.

Значення ГТК для певної вегетаційної фази розвитку рослин у період обліку 2024–2025 років представлено на *рис. 1*.

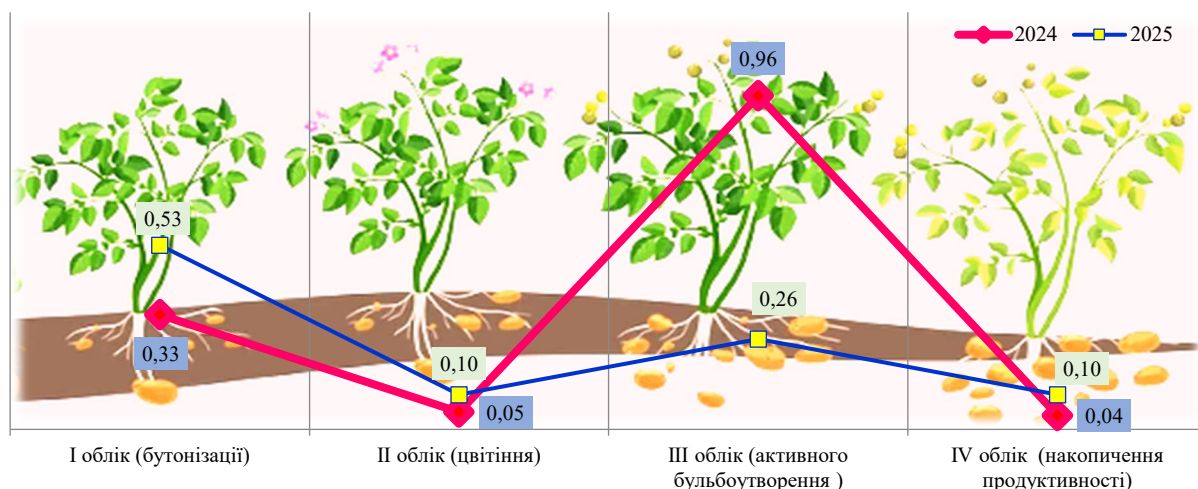


Рис. 1. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у ключові фази розвитку картоплі (I–IV обліки) 2024–2025 років

Примітки: перший облік припав на першу декаду липня, другий – на третю декаду липня, третій – на першу декаду серпня, четвертий – на другу декаду серпня.

Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) у роки досліджень свідчать про переважання посушливих умов. 2024 року в перший, другий та четвертий облікові періоди відмічали дуже сильну посуху, тоді як у третій облік умови зволоження були близькими до достатніх. 2025 року протягом усіх періодів відбору зразків рослин фіксувалися посушливі умови різної інтенсивності: від сильної посухи (0,53) до дуже сильних проявів (0,10–0,26).

Обробку експериментальних даних проводили із застосуванням стандартних статистичних методів у середовищі Microsoft Excel (модуль Data Analysis Toolpak) для розрахунку середніх арифметичних значень та коефіцієнтів кореляції. Для побудови теплових карт кореляцій та дендрограм ієрархічної кластеризації (метод Уорда) використовували мову програмування Python. Теплові карти формували за допомогою бібліотеки seaborn (функція heatmap) із подальшою графічною візуалізацією у matplotlib.

Дендрограми ієрархічної кластеризації будували з використанням модуля scipy.cluster.hierarchy (метод Уорда), а їх візуалізацію виконували в matplotlib.

Результати та їх обговорення

Аналіз фізіологічних показників водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) у різних груп стиглості картоплі.

Протягом вегетаційного періоду 2024–2025 років, який характеризувався посушливими умовами від гострої до сильної посухи, спостерігали чітку закономірність зниження водного режиму рослин картоплі. Коефіцієнт водоутримання (Кву) демонстрував стабільну тенденцію до зниження від I до IV обліку в усіх досліджуваних групах у межах 16–20 %, що відображає прогресуючий розвиток водного стресу в міру переходу від бутонізації до фази накопичення маси бульб. Коефіцієнт водовідновлення (Квв) характеризувався ще більш вираженим спадом, особливо у критичний період накопичення продуктивності (IV облік), коли показники зменшувалися на 15–30 % (залежно від групи стиглості) порівняно з фазою бутонізації (*табл. 1*).

Таблиця 1

Показники водного режиму сортів і гібридів картоплі за групами стиглості та фенологічними фазами розвитку (середнє за 2024–2025 рр.), (%)

Матеріал	Стиглість	Фаза бутонізації (I облік)		Фаза цвітіння (II облік)		Фаза активного бульбоутворення (III облік)		Фаза накопичення продуктивності (IV облік)	
		Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв
Сорти	Ранні	72	103	68	101	63	91	53	73
Гібриди		74	103	72	102	67	97	58	86
Сорти	Середньоранні	73	99	69	101	61	89	56	78
Гібриди		74	100	71	102	68	96	58	82
Сорти	Середньо	77	101	76	104	69	95	57	86
Гібриди		77	105	76	104	70	98	59	86

Рання група стиглості.

Сорти – відзначалися найбільшою чутливістю до водного дефіциту серед усіх груп. Кву знижувався в середньому на 19 %, а Квв – майже на 28 %, що свідчить про слабку здатність підтримувати водний баланс у критичні періоди. Гібриди демонстрували вищу стійкість до посухи порівняно з сортами. Зниження Кву становило близько 16 %, а Квв – лише 17 %, що підтверджує наявність у них ефективніших адаптивних механізмів.

Середньорання група стиглості.

Сорти – показували проміжні результати. Зниження Кву становило 17 %, що менше, ніж у ранніх сортів, однак Квв характеризувався різкішим падінням між II і IV обліками – до 23 %. Гібриди продемонстрували суттєво стабільніший водний режим порівняно з сортами. Особливо помітною була перевага у здатності до відновлення водного балансу – зниження до 20 %, тоді як у сортів воно сягало 23 %.

Середньостигла група стиглості.

Сорти проявили вищі початкові значення Кву (77 %). Проте упродовж вегетації спостерігали суттєве зниження цього показника (до 20 %). Гібриди вирізнялися найвищою стійкістю серед усіх досліджуваних матеріалів. В IV обліку вони зберігали відносно високі показники як Кву (59 %), так і Квв (86 %), що підтверджує їхню здатність підтримувати функціонування водного режиму навіть в умовах сильного стресу.

Адаптивні особливості за фенологічними фазами.

Бутонізація (I облік) – усі групи характеризувалися високими початковими значеннями з мінімальними відмінностями між сортами та гібридами.

Цвітіння (II облік) – відмічено прояв диференціації за стійкістю, особливо в ранній групі, де гібриди мали виражену перевагу. Активне бульбоутворення (III облік) – критичний період, у якому розрив між сортами та гібридами був найбільш помітним; гібриди всіх груп демонстрували кращі показники водовідновлення. Інтенсивне накопичення продуктивності (IV облік) – фаза, у якій відмінності в адаптивному потенціалі проявилися найсильніше; гібриди стабільно зберігали вищу здатність до водовідновлення порівняно з сортами.

Селекційна цінність та перспективи.

Отримані результати переконливо свідчать про переваги перспективних гібридів над наявними сортами у всіх групах стиглості. Їхня здатність підтримувати водний баланс у критичні фази формування продуктивності має визначальне значення в умовах кліматичних змін та зростання періодів з посухами. Гібриди вирізняються не лише кращими абсолютними показниками, але й більш стабільною динамікою деградації водного режиму, що свідчить про наявність ефективніших механізмів адаптації до водного стресу. Це дає підстави прогнозувати їхню високу продуктивність у зоні Полісся України та доцільність широкого впровадження у виробництво як заміну наявним сортам.

Кореляційний аналіз взаємозв'язку ГТК із показниками водного режиму.

Для уточнення реакції різних груп стиглості на гідротермічні умови було проведено кореляційний аналіз між показником ГТК у період обліків 2024–2025 років та коефіцієнтами водоутримання (Кву) і водовідновлення (Квв). Результати відображені на тепловій карті (рис. 2).

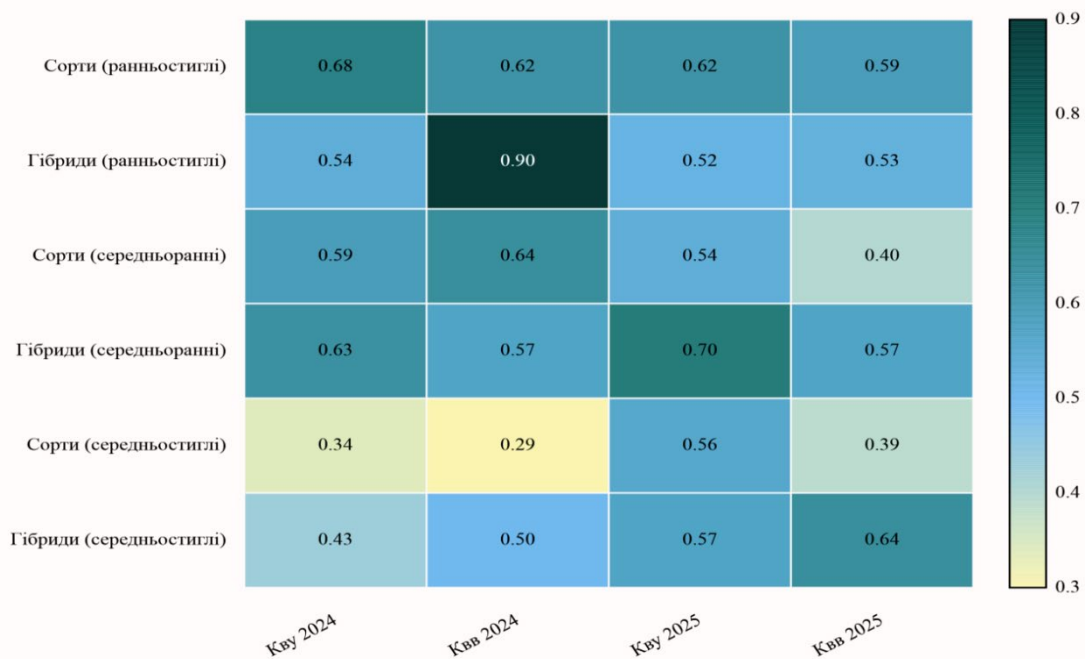


Рис. 2. Матриця кореляцій (heatmap) між ГТК та коефіцієнтами водного режиму картоплі

Отримані за тепловою картою результати свідчать, що сила зв'язку між ГТК та показниками водоутримання (Кву) і водовідновлення (Квв) суттєво варіює залежно від групи стиглості й матеріалу (сорт/гібрид). Усі зв'язки позитивні, від'ємних не зафіксовано. Ранні сорти характеризуються помірною позитивною кореляцією ($r \approx 0,59-0,68$) з обома показниками, що відображає їх відносну залежність від рівня зволоження та помірну чутливість до гідротермічних коливань. Ранні гібриди демонструють найвищу залежність за Квв 2024 року ($r = 0,90$), що вказує на високу чутливість процесів водовідновлення у критичні періоди. Водночас 2025 року кореляції зменшуються до помірних ($r \approx 0,52-0,54$), що відображає річну варіабельність і потенційно більш гнучкий механізм реагування. Середньоранні сорти демонструють стабільні помірні позитивні кореляції ($r \approx 0,40-0,64$), що підтверджує проміжний тип реакції між ранньою та середньостиглою групами. Середньоранні гібриди відзначаються підвищеними та відносно стабільними значеннями ($r \approx 0,57-0,70$), особливо 2025 року, тобто фізіологічні процеси цих генотипів тісніше узгоджені з гідротермічними умовами (перевага у прогнозованості, але й більша потенційна чутливість). Середньостиглі сорти показують найнижчі коефіцієнти ($r \approx 0,29-0,56$), що свідчить про слабший і менш стабільний зв'язок із ГТК. Це можна інтерпретувати як відносну автономність водного режиму від коливань зволоження (потенційна стійкість), однак це не виключає впливу інших факторів (температурний стрес, фенологічна асинхронія). Середньостиглі

гібриди проявляють збалансований профіль ($r \approx 0,43-0,64$): помірна залежність без надмірної прив'язаності до ГТК, що узгоджується з ознаками адаптивності.

Загалом гібриди демонструють або вищу, або більш збалансовану кореляцію з ГТК порівняно із сортами. Для селекції це означає, що гібриди з низько-помірними r доцільні для цілей стабільності в посушливі роки (відносна автономність водного режиму), генотипи з вищими r забезпечують кращу пластичність у роки з більш сприятливим зволоженням. Кореляційні оцінки інтерпретуються як індикатори чутливості/стабільності, а не причинно-наслідкові зв'язки, і мають розглядатися разом із динамікою Кву/Квв у фенологічних фазах.

Аналіз водного режиму генотипів ранньої групи стиглості.

Результати оцінки водного режиму ранніх сортів і гібридів картоплі за період 2024–2025 рр. показали чітку закономірність поступового зниження коефіцієнтів водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) у міру проходження облікових фаз, що свідчить про поступове виснаження водного балансу рослин упродовж вегетації. Важливо зазначити, що в ранньостиглих генотипів четвертий облік (95-й день) практично збігається із завершенням їхнього вегетаційного періоду (до 100 днів), тому зафіксовані зміни водного режиму відображають не лише реакцію на водний дефіцит, а й природну динаміку фізіологічних процесів, пов'язаних із фінальними стадіями розвитку (*табл. 2*).

Таблиця 2

Динаміка коефіцієнтів водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) сортів і гібридів ранньої групи стиглості за період обліків (середнє за 2024–2025 рр.), %

Код	Матеріал	I облік		II облік		III облік		IV облік	
		Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв
S3	Взірець	67	108	65	103	51	91	39	61
G4	П.17.20-3	69	95	67	101	68	93	51	80
S4	Радомисль	75	102	72	103	68	86	53	70
S1	Слаута	73	105	64	102	61	93	54	80
G2	П.17.38/4	71	106	72	103	67	93	54	86
G9	П.14.3/5	80	107	77	108	60	95	57	89
G8	П.19.15-13	70	104	70	106	66	99	58	82
G7	П.19.15-16	77	104	76	96	72	104	58	90
G3	П.16.16-9	71	100	70	106	66	95	59	81
G1	З.16.50-16	79	113	74	103	71	99	59	90
G5	П.17.24-26	74	99	70	96	65	98	62	91
G6	П.17.44-1	76	99	71	97	70	98	63	82
S2	Тирас	74	95	71	95	70	92	65	81
Середнє		73	103	70	101	66	95	56	82
НІР _{0,05} (середнє)		5,6	5,1	4,3	5,1	4,6	4,6	6,6	5,7

Коефіцієнт водоутримання (Кву). У більшості генотипів відмічено стійку тенденцію до зниження показників від першого до четвертого обліку. Найвищі початкові значення зафіксовано в гібридів П.19.15-16, П.14.3/5, З.16.50-16 та сорту Радомисль. У подальші фази ці генотипи мали більш інтенсивне зниженням Кву, що свідчить про їхню чутливість до прогресуючого водного дефіциту. Гібриди П.17.44-1, П.17.24-26 та сорт Тирас мали відносно стабільну динаміку, зберігаючи відносно високий рівень Кву

на пізніших етапах вегетації. Сорт Вірець продемонстрував найнижчі показники, особливо у четвертому обліку. Коефіцієнт водовідновлення (Квв). Динаміка Квв виявилася більш варіабельною. На ранніх етапах вищі значення спостерігали у гібрида З.16.50-16, проте у наступних фазах відбувалося їх зниження на 23 %, хоча рівень залишався одним із найвищих серед досліджуваних генотипів у четвертому обліку. Високою стабільністю Квв характеризувалися гібриди П.17.44-1, П.17.24-26 та

П.19.15-16. Серед сортового матеріалу найбільш стійкі значення утримував сорт Тирас, тоді як сорт Вірець проявив найнижчі показники у фінальній період вегетаційного розвитку. Отримані результати підтверджують, що показники водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) є чутливими фізіологічними маркерами посухостійкості та відображають генотип-специфічну адаптивну реакцію рослин. У наших дослідженнях виявлено позитивні кореляції між гідротермічним коефіцієнтом і показниками водного режиму, що узгоджується з результатами фізіолого-біохімічних робіт, де стабільність водного статусу розглядається як основна передумова адаптації рослин до водного дефіциту [34].

Дослідження Romero et al. (2017) [35] продемонстрували тісну кореляцію між спектральними показниками та фізіологічними змінними водного статусу картоплі, зокрема із загальним вмістом води та відносною швидкістю росту бульб. Це підтверджує надійність використання водних індексів для оцінки посухостійкості різних генотипів. У їхніх дослідженнях було встановлено, що відносний вміст води у листках є надійним маркером, який суттєво варіює між генотипами, що повністю узгоджується з відмінностями, які ми виявили між сортами та гібридами різних груп стиглості.

Комплексні дослідження Shi et al. (2015) [36] свідчать, що посухостійкі сорти характеризуються сильнішою кореневою системою та вищою здатністю до поглинання води на пізніх стадіях розвитку, а також підтримують вищий відносний вміст води у листках порівняно з чутливими генотипами. Важливо, що у посухостійких сортів рівні супероксидних радикалів та перекису водню були нижчими, а активність антиоксидантних ферментів вищою. Це дозволяє припустити, що виявлені відмінності в показниках Кву та Квв між групами стиглості можуть бути пов'язані з різною активністю антиоксидантних систем захисту та ефективністю кореневого поглинання води.

Softys-Kalina et al. (2016) [18] підтвердили, що відносна водоутримувальна здатність листків (RWC) у картоплі є надійним маркером посухостійкості та суттєво варіює між генотипами.

Obidiegwu et al. (2015) [5] підкреслили, що комплексна фенотипічна реакція картоплі на посуху обумовлена інтерактивною дією генотипового потенціалу, стадії розвитку та умов навколишнього середовища, що пояснює виявлену нами мінливість кореляцій між ГТК та показниками водного режиму в різні роки досліджень (особливо у ранніх гібридів: від $r = 0,90$ у 2024 р. до $r \approx 0,52-0,54$ у 2025 р.).

Gervais et al. (2021) [6] встановили, що толерантні генотипи демонструють суттєве збільшення миттєвої ефективності використання води порівняно з чутливими генотипами під час посухи завдяки диференційному пригніченню продигової провідності та транспірації. Це узгоджується з нашими даними про диференційовану реакцію гібридів та сортів на гідротермічні умови, де гібриди демонстрували або вищу, або більш збалансовану кореляцію з ГТК порівняно із сортами.

Особливості середньостиглих генотипів, які ми виявили, частково узгоджуються з концепцією

Monneveux et al. (2013) [37] про те, що реакція форм з тривалішим вегетаційним періодом на дефіцит вологи може бути більш стабільною завдяки більш тривалому періоду формування кореневої системи. Наші результати, які демонструють слабшу залежність фізіологічних показників середньостиглих генотипів від коливань ГТК ($r \approx 0,29-0,56$), можуть відображати саме цю відносну автономність водного режиму. Водночас дослідження підкреслюють, що картопля є дуже чутливою до водного стресу порівняно з іншими культурами через неглибоку та розріджену кореневу систему, а фізіологічна реакція на посуху залежить від сорту, фізіологічного віку бульб, а також від тривалості та інтенсивності стресу.

Lal et al. (2022) [38] у комплексному огляді механістичних концепцій реакції картоплі на теплову та посушливу напругу підкреслили важливість інтеграції фізіологічних, біохімічних та молекулярних підходів для розуміння адаптивних механізмів. Автори зазначають, що тепловий та посушливий стрес негативно впливають на ріст рослин, процеси розвитку та врожайність, особливо на критичних стадіях бульбоутворення. Це пояснює виявлену нами річну варіабельність кореляцій та підкреслює необхідність оцінки генотипів в умовах, максимально наближених до реальних польових.

Alvarez-Morezuelas et al. (2022) [39] продемонстрували, що фізіологічна реакція картоплі на посуху залежить від походження насінневого матеріалу та тривалості стресу, що може пояснювати міжрічні відмінності, які ми виявили. Aliche et al. (2021) [40] з'ясували, що ранньостиглі сорти можуть демонструвати стабільну врожайність у різних локаціях з різним рівнем водозабезпечення, що підтверджує потенціал ранньостиглого матеріалу для селекції на посухостійкість і узгоджується з помірною позитивною кореляцією ($r \approx 0,59-0,68$), виявленою у ранніх сортів нашого дослідження.

Широкомасштабна оцінка генофонду картоплі, проведена Cabello et al. (2012, 2013) [24, 41], показала наявність значної генотипічної варіабельності за посухостійкістю. Дослідники виявили високу частку акцесій, які поєднують посухостійкість з високою врожайністю в умовах зрошення, особливо серед андських ландрасів, зокрема у видів *S. curtilobum* та культурних груп *S. tuberosum* *L. stenotomum*, *Andigenum* і *Chaucha*.

Schafleitner et al. (2007) [42] у фізіологічних та молекулярних дослідженнях підтвердили, що андські ландраси, зокрема *Sullu* (*S. tuberosum* subsp. *Andigena*), характеризуються вищою посухостійкістю порівняно з комерційними сортами *S. tuberosum* subsp. *tuberosum* завдяки диференційній експресії генів, пов'язаних з водним стресом. Це відкриває перспективи для селекційних програм, спрямованих на використання генетичного різноманіття для покращення адаптивності картоплі до посушливих умов.

Отже, кореляційний аналіз взаємозв'язку ГТК із показниками водного режиму виявив суттєві генотип-специфічні відмінності між групами стиглості та типами селекційного матеріалу. Загалом гібриди демонструють або вищу ($r \approx 0,70-0,90$), або більш

збалансовану кореляцію з ГТК порівняно із сортами, що узгоджується з даними світової літератури про диференційну ефективність використання води різними генотипами [38]. Виявлені кореляційні оцінки слід інтерпретувати як індикатори чутливості/стабільності водного режиму, а не причинно-наслідкові зв'язки, оскільки дослідження підкреслюють залежність експресії фізіологічних ознак від конкретного сценарію посухи [5, 39].

Для селекційної практики отримані результати мають важливе прикладне значення: генотипи з низько-помірними коефіцієнтами кореляції ($r \approx 0,29-0,56$), зокрема середньостиглі сорти, доцільні для забезпечення стабільності врожайності в посушливі роки завдяки відносній автономності водного режиму від коливань зволоження. Натомість генотипи з вищими коефіцієнтами кореляції ($r \approx 0,70-0,90$), зокрема ранні гібриди 2024 року, забезпечують кращу пластичність та можливість повної реалізації продуктивного потенціалу у роки з більш сприятливим гідротермічним режимом. Комплексну оцінку кореляційних зв'язків потрібно розглядати разом із динамікою Кву/Квв у конкретних фенологічних фазах для

прийняття обґрунтованих селекційних рішень щодо добору батьківських форм та напрямів подальшої селекції на посухостійкість.

Аналіз водного режиму генотипів середньоранньої групи стиглості.

Дослідження водного режиму середньоранньої групи генотипів культур за період 2024–2025 років свідчить про специфічні закономірності, що відрізняють цю групу від ранньостиглих форм за характером динаміки та стабільністю досліджуваних генотипів. Порівняльна характеристика з ранньою групою виявила, що середньоранні генотипи демонстрували загалом співставні показники водного режиму, проте з принципово відмінною динамікою. За коефіцієнтом водоутримання середньоранні форми характеризуються меншою амплітудою зниження показників, зберігаючи дещо вищий рівень при завершальному обліку. За коефіцієнтом водовідновлення спостерігали подібність до ранньої групи динаміки, однак із нижчими початковими значеннями, що компенсувало більш стабільні показники на завершальних етапах вегетації (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка коефіцієнтів водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) сортів і гібридів середньоранньої групи стиглості за період обліків (середнє за 2024–2025 рр.), %

Код	Матеріал	I облік		II облік		III облік		IV облік	
		Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв
S9	Світана	77	101	68	96	60	87	49	81
G20	П.19.15/18	72	93	65	86	65	88	50	74
S6	Партнер	67	90	69	107	52	79	53	73
G12	П.15.56-10	71	98	66	103	66	97	53	82
G19	П.17.1-4	75	104	76	106	72	96	54	77
G16	П.17.28-2	74	99	70	100	70	94	55	80
G17	П.18.87/2	74	113	78	108	69	102	56	82
S5	Межирічка 11	68	93	67	94	62	97	57	80
G13	П.17.29/21	78	100	71	102	69	98	57	87
G14	П.17.13/7	65	96	64	101	65	94	57	76
G18	П.17.19-26	76	97	78	101	67	93	58	80
S7	Базалія	82	109	75	109	67	94	58	75
G15	П.17.38/16	71	92	71	104	69	97	59	85
G21	П.17.20-13	81	108	77	103	72	93	59	84
S8	Опілля	72	101	66	100	63	89	63	81
G10	3.16.40/2	73	102	76	107	70	109	63	86
G11	П.15.5/27	75	91	70	92	74	87	64	85
G22	3.14.64-2	69	96	64	97	64	90	65	79
G23	П.13.52-11	80	112	73	107	63	98	66	89
Середнє		73	100	70	101	66	94	57	81
НІР _{0,05} (середнє)		3,8	3,2	3,7	3,3	3,6	2,4	4,5	3,1

Динаміка коефіцієнта водоутримання (Кву) характеризується чітко вираженим градієнтом зниження від початкової до завершальної фази розвитку. Максимальними початковими показниками відзначалися сорти Базалія та гібриди П.17.20-13, П.13.52-11, П.17.29/21, які сформували групу лідерів за водоутримуючою здатністю. Найбільш критичне зниження спостерігали у сорту Світана з амплітудою втрат до 28 % між крайніми точками обліків. Особливої уваги заслуговує група генотипів зі стабільною динамікою водоутримання, до якої належать гібриди П.17.13/7, П.17.38/16, 3.16.40/2, П.15.5/27, 3.14.64-2 та сорти Межирічка 11 і Опілля. Ці генотипи продемонстрували збалансоване зниження показників, зберігши

високі значення навіть на завершальному обліку. Сорт Партнер виявив нетипову динаміку з мінімальними значеннями у третьому обліку та подальшою стабілізацією. Коефіцієнт водовідновлення (Квв). Динаміка Квв була більш варіабельною. Лідерські позиції на початкових етапах мали гібриди П.17.87/2, П.13.52-11, П.17.20-13 та сорт Базалія, які зберігали досить високі показники навіть на завершальному обліку (75–89 %). Стабільністю показників Квв характеризувалися гібриди П.15.56-10, П.17.29/21, П.17.38/16, П.15.5/27 та сорт Опілля, у яких амплітуда коливань була мінімальною ($\leq 20\%$). Контрастну групу склали генотипи з різким зниженням водовідновлення, включаючи сорт Базалія та низку

гібридів (П.19.15/18, П.17.1-4, П.18.87/2, П.17.20-13, П.13.52-11), що свідчить про їх обмежену здатність до підтримки водного гомеостазу у стресових умовах під час вегетації.

Дослідження водного режиму генотипів середньостиглої групи стиглості.

У середньостиглій групі генотипів середні значення коефіцієнта водоутримання (Кву) у фазу бутонізації перевищували показники ранньостиглих та середньоранніх груп на 4 %. Ця тенденція збереглася і в наступних фазах розвитку, де перевага становила 6–3 %, що свідчить про вищий рівень акумуляції вологи в листковому апараті середньостиглих генотипів у період інтенсивного вегетативного росту.

Таблиця 4

Динаміка коефіцієнтів водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв) сортів і гібридів середньостиглої групи стиглості за період обліків (середнє за 2024–2025 рр.), %

Код	Матеріал	I облік		II облік		III облік		IV облік	
		Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв	Кву	Квв
S14	Дивина	73	101	72	109	64	92	54	78
S13	Джавеліна	79	107	80	96	66	92	54	87
G27	П.18.78/1	75	103	72	98	70	97	55	77
G26	П.17.39/22	77	108	81	110	70	109	55	95
G24	3.16.59-10	77	105	75	103	68	95	56	89
S11	Житниця	75	100	80	99	73	98	57	91
G30	П.18.51/3	78	109	76	107	67	90	58	79
S12	Летана	78	98	79	107	73	98	59	87
G28	Г.10.6/23	76	102	80	101	71	95	60	76
S10	Мирослава	78	96	71	106	68	96	60	89
G29	П.17.30-3	73	109	71	108	74	103	60	89
G25	П.17.34/8	81	108	81	101	74	103	63	81
G31	П.13.42/3	79	100	76	102	67	95	66	100
Середнє		77	103	76	103	69	97	58	86
НІР _{0,05} (середнє)		3,7	3,2	4,1	4,4	3,3	4,2	3,6	3,3

Коефіцієнт водоутримання (Кву). У фазу бутонізації найвищі значення Кву мали гібриди П.17.34/8 і П.13.42/3 та сорт Джавеліна. У подальших фазах відносно стабільність динаміки зберігали гібриди П.13.42/3, П.17.34/8, П.17.30-3 та сорти Летана і Мирослава, у яких показники у фазу накопичення продуктивності перевищували середнє значення по групі. Натомість сорти Дивина та Джавеліна демонстрували виражене зниження значень Кву, з відхиленням на 4 % від середнього показника групи на завершальному етапі обліку. Найбільша стійкість за водоутриманням у IV обліку була притаманна гібридам П.17.34/8 і П.13.42/3, які утримували найвищі показники серед усіх середньостиглих генотипів. Коефіцієнт водовідновлення (Квв). Динаміка Квв у середньостиглій групі була відносно стабільною, зберігаючи високі значення протягом фази бутонізації та цвітіння. Найвищими початковими показниками, з перевагою над середнім значенням по групі на 5–6 %, відзначали гібриди П.17.39/22, П.17.34/8, П.17.30-3, П.18.51/3, а також сорт Джавеліна. Водночас, високі показники у фазу накопичення продуктивності зафіксовано в сортів Житниця та Мирослава і гібридів 3.16.59-10, П.17.30-3, П.13.42/3. Стабільністю показників Квв протягом усього вегетаційного періоду характеризувалися гібриди П.17.39/22, П.13.42/3 та сорт Житниця.

Навіть у фазу накопичення продуктивності ці генотипи зберігали перевагу на 1–2 % порівняно з іншими групами. Аналіз коефіцієнта водовідновлення (Квв) також виявив високу адаптивність середньостиглих форм. Їхні стартові значення у фазу бутонізації перевищували показники ранніх та середньоранніх груп на 3 %. У наступних фазах розвитку різниця між групами була мінімальною, проте середньостиглі генотипи продемонстрували відносно вищий рівень Квв у фазу інтенсивного накопичення продуктивності, на 5 % та 4 % відповідно. Це вказує на їхню кращу здатність підтримувати водний баланс у ключовий період формування врожаю (табл. 4).

Аналіз дендрограми генотипів картоплі за коефіцієнтами водовіддачі (Кву) та водоутримання (Квв).

Для визначення подібності генотипів картоплі за рівнем водоутримання та водовідновлювального потенціалу листя в умовах абіотичного стресу було проведено ієрархічну кластеризацію методом Уорда з використанням евклідової відстані. Аналіз базувався на середніх значеннях коефіцієнтів водоутримання (Кву) та водовідновлення (Квв), отриманих протягом двох років досліджень (2024–2025 рр.) за чотирима обліками упродовж вегетаційного періоду.

Загальна структура кластеризації. Результати кластерного аналізу (рис. 3) дозволили розподілити 45 досліджених генотипів на два чітко диференційовані кластери при Ward-відстані ≈ 16 :

Характеристика Кластеру II (оранжевий, n = 26) – група з вищими показниками водоутримання і водовідновлення. Це свідчить, що генотипи цього кластера відзначаються більш вираженою здатністю до акумуляції вологи в листкових тканинах та ефективнішими механізмами її відновлення після водного дефіциту;

Кластер II (зелений, n = 19) – група з помірними та зниженими показниками водного обміну.

Що може свідчити про знижену водоутримувальну здатність і менш виражену відновну реакцію після водного стресу порівняно з генотипами кластера I

Отже, кластеризація виявила дві відмінні стратегії регуляції водного балансу у досліджених сортів і гібридів.

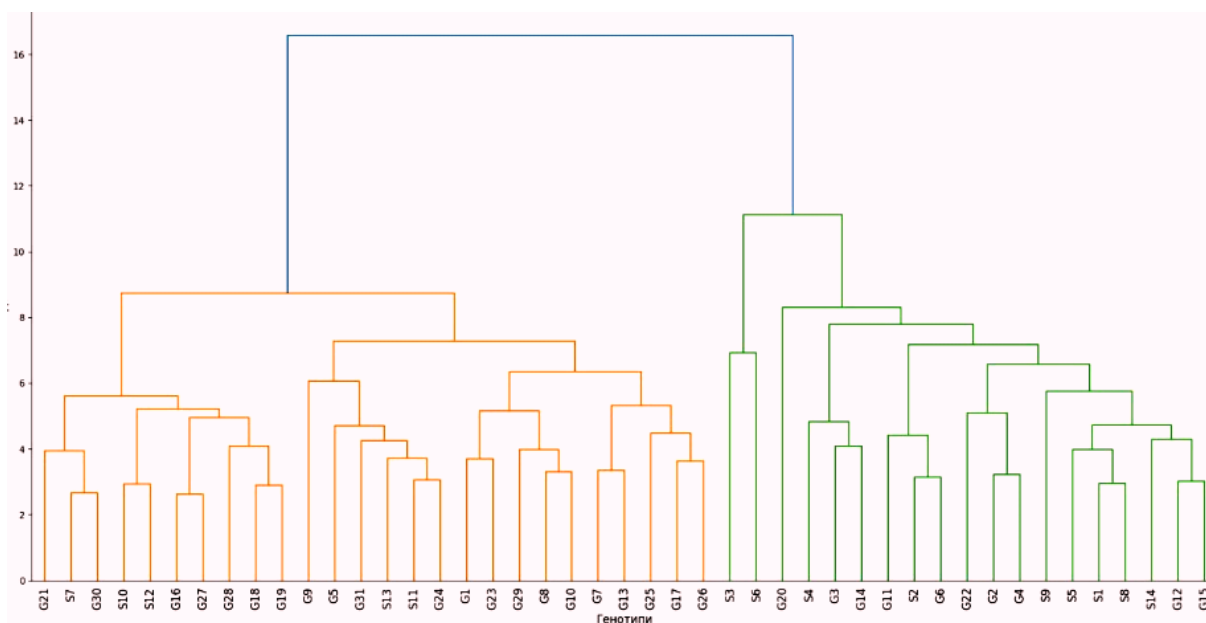


Рис. 3. Ієрархічна кластерна дендрограма сортів і гібридів картоплі за середніми значеннями коефіцієнтів водоутримання (Кву) і водовідновлення (Квв) за обліками 2024–2025 рр. (метод Уорда, евклідова відстань)
Примітки: Характеристика Кластеру I (оранжевий): середній Кву = $69,7 \pm 1,9$ % (CV = 2,7 %), середній

Підкластер 1 (стабільного водного балансу) увійшли генотипи: G21 (П.17.20-13), S7 (Базалія), G30 (П.18.51/3), S10 (Мирослава), S12 (Летана), G16 (П.17.28-2), G27 (П.18.78/1), G28 (Г.10.6/23), G18 (П.17.19-26), G19 (П.17.1-4). Середній Кву = $69,7 \pm 1,7$ % (CV=2,4 %); середній Квв = $95,1 \pm 1,8$ % (CV=1,9 %). Генотипи з мінімальною варіабельністю, які можна вважати еталонними для селекції на стабільність водного режиму;

Підкластер 2 (оптимізованого водовідновлення): G9 (П.14.3/5), G5 (П.17.24-26), G31 (П.13.42/3), S13 (Джавеліна), S11 (Житниця), G24 (З.16.59-10). Середній Кву = $69,4 \pm 1,5$ % (CV=2,2 %); середній Квв = $97,3 \pm 1,7$ % (CV=1,8 %). Вирізняється найвищим рівнем водовідновлення та низькою варіабельністю ознак, що є показником ефективної адаптивної реакції;

Підкластер 3 (максимального водовідновлення): G1 (З.16.50-16), G23 (П.13.52-11), G29 (П.17.30-3), G8 (П.19.15-13), G10 (З.16.40/2) Середній Кву = $69,3 \pm 2,0$ % (CV=2,8 %); середній Квв = $100,6 \pm 1,7$ % (CV=1,7 %). Єдиний підкластер з показниками Квв понад 100 %, що свідчить про наявність

компенсаторних механізмів і високий адаптивний потенціал;

Підкластер 4 (підвищеної варіабельності): G7 (П.19.15-16), G13 (П.17.29/21), G25 (П.17.34/8), G17 (П.18.87/2), G26 (П.17.39/22). Середній Кву = $70,6 \pm 2,3$ % (CV=3,3 %); середній Квв = $99,8 \pm 3,5$ % (CV=3,5%). Має найвищі абсолютні значення, але зростаючу варіабельність, що може вказувати на складну генетичну детермінацію ознак;

Характеристика Кластеру II (зелений): середній Кву = $64,2 \pm 3,1$ % (CV=4,8 %), середній Квв = $91,3 \pm 2,8$ % (CV=3,1 %). Ця група генотипів може розглядатися як більш чутлива до абіотичного стресу, але водночас цікава для пошуку специфічних адаптивних механізмів.

Підкластер 5 (мінімального водоутримання): S3 (Взірець), S6 (Партнер). Середній Кву = $57,7 \pm 3,3$ % (CV=5,7 %); середній Квв = $88,9 \pm 2,5$ % (CV=2,8 %). Найнижчі показники серед усіх груп, що свідчить про підвищену вразливість до водного дефіциту;

Підкластер 6 (перехідної групи): S4 (Радомисьль), G3 (П.16.16-9), G14 (П.17.13/7). Середній Кву = $65,2 \pm 2,2$ % (CV=3,3%); середній Квв = $92,4 \pm 2,8$ % (CV=3,0 %). Генотипи з проміжними значеннями, які можуть використовуватись як донори “балансованих” адаптивних ознак;

Підкластер 7 (високого Кву, помірного Квв): G11 (П.15.5/27), S2 (Тирас), G6 (П.17.44-1). Середній Кву = $70,0 \pm 0,4$ % (CV=0,5%); середній Квв = $91,0 \pm 2,6$ % (CV=2,9%). Генотипи зі стійким утриманням води, але відносно слабшим відновленням, що вказує на специфічну стратегію уникання стресу;

Підкластер 8 (збалансованої групи): G22 (З.14.64-2), G2 (П.17.38/4), G4 (П.17.20-3). Середній Кву = $64,8 \pm 1,0$ % (CV=1,6%); середній Квв = $93,0 \pm 3,5$ % (CV=3,7%). Генотипи зі збалансованим поєднанням ознак і прийнятним рівнем варіабельності;

Підкластер 9 (стабільні сорти за інтегральними водними показниками): S5 (Межирічка 11), S1 (Слаута), S8 (Опілля). Середній Кву = $63,9 \pm 1,7$ % (CV=2,7%); середній Квв = $92,8 \pm 1,9$ % (CV=2,1 %).

Підкласстер складається виключно з районваних сортів вітчизняної селекції, що демонструють помірні, але фенотипічно стабільні показники водного обміну. Характерні значення відображають селекційні пріоритети попередніх програм, орієнтованих на компромісний баланс між адаптивними ознаками та господарсько-цінними характеристиками.

Підкласстер 10 (високої регенеративності): S14 (Дивина), G12 (П.15.56-10), G15 (П.17.38/16). Середній Кву = 65,5±1,9 % (CV=2,9%); середній Квв = 94,7±0,3 % (CV=0,3%). Генотипи з найнижчою варіабельністю Квв (CV=0,3%), що свідчить про генетично стабільну високу відновлювальну здатність.

Дивергентні генотипи: G20 (П.19.15/18): Кву = 62,6 %; Квв = 85,0 % і S9 (Світана): Кву = 63,3 %; Квв = 90,9 %. Ці генотипи характеризуються відносно високою здатністю до водоутримання, що статистично достовірно перевищує показники підкласстера мінімального водоутримання (S3, S6; Кву = 57,7±3,3 %; ANOVA: F=4,92; p<0,05). Водночас вони демонструють найнижчі серед усіх представників Кластера II значення коефіцієнта водовідновлення (Квв = 85,0–90,9 %), що підтверджено результатами дисперсійного аналізу (F=6,21; p<0,05). Отже, генотипи G20 і S9 поєднують ефективну систему збереження води з одночасним обмеженням відновлювальної здатності за умов дефіциту вологи.

Висновки

1. 2024–2025 років за умов гострого водного дефіциту в період обліків у всіх групах стиглості зафіксовано закономірне зниження коефіцієнтів водоутримання (Кву) на 16–20 % та водовідновлення (Квв) на 15–30 % від бутонізації до фази накопичення бульб.

2. Реакція генотипів на водний стрес була диференційованою: у ранній групі сорти втрачали Кву на 19 % і Квв на 28 %, тоді як гібриди цієї групи проявили менше зниження (Кву ≈ 16 %, Квв ≈ 17 %), що вказує на кращу адаптивність гібридного матеріалу.

3. Середньоранні гібриди демонстрували більш стабільний водний режим порівняно із сортами: зниження Квв становило ~ 20 % проти ~ 23 % у сортів.

4. Середньостиглі гібриди вирізнялися найвищою загальною стійкістю – навіть у фазу інтенсивного накопичення продуктивності вони зберігали відносно високі показники (Кву ≈ 59 %, Квв ≈ 86 %), що свідчить про здатність підтримувати водний гомеостаз в умовах сильного стресу.

5. Кореляційний аналіз із гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) показав позитивні залежності з варіацією по групах: у ранніх гібридів 2024 р. процеси водовідновлення тісно корелювали з ГТК ($r \approx 0,90$), середньоранні проявили помірні стабільні зв'язки, а середньостиглі сорти – найнижчі коефіцієнти, що відображає їхню відносну автономність від коливань зволоження.

6. У ранньостиглих генотипів гібридний матеріал переважав сортовий за абсолютними та стабільними

значеннями Кву і Квв; серед найперспективніших ранніх форм зазначені П.14.3/5, 3.16.50-16, П.17.44-1, П.19.15-16, П.17.24-26 і сорт Тирас.

7. Середньоранні гібриди П.15.56-10, П.17.29/21, П.17.38/16, П.15.5/27 та гібриди П.17.20-13, П.13.52-11 (поєднання високих початкових і кінцевих значень) відзначені як перспективні; серед сортів виділено Межирічка 11 і Опілля.

8. Середньостиглі форми загалом перевершували інші групи за показниками водного режиму; серед перспективних джерел адаптивних ознак виділено гібриди П.13.42/3, П.17.34/8, П.17.30-3, П.17.39/22, а також сорти Житниця, Мирослава та Летана.

9. Ієрархічна кластеризація 45 генотипів за Кву і Квв виявила дві основні групи (Кластер I: Кву = 69,7±1,9 %, Квв = 98,2±2,4 %; Кластер II: Кву = 64,2±3,1 %, Квв = 91,3±2,8 %) із внутрішньою структурою (10 підкласстерів, CV 0,3–5,7 %). Наявність генотипів із Квв > 100 % (G1 – 3.16.50-16; G23 – П.13.52-11; G29 – П.17.30-3; G8 – П.19.15-13; G10 – 3.16.40/2) та дивергентних форм (G20 – П.19.15/18, S9 – Світана) підкреслює різноманіття стратегій водного гомеостазу і їхню селекційну цінність.

10. Отримані результати підтверджують ефективність використання коефіцієнтів водоутримання та водовідновлення як надійних маркерів для класифікації генотипів картоплі за рівнем адаптації до водного стресу та можуть слугувати основою для подальших генетико-селекційних досліджень.

Конфлікт інтересів

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

References

- Nedostrelova, L., & Muzyka, T. (2024). Rating of changes in the temperature and humidity regimes of Zhytomyr under conditions of climate warming. *Ecological Sciences*, 2 (1 (52)), 105–113. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.20>
- Shevchenko, O., & Balabukh, V. (2024). The impact of climate change on the natural and agricultural zoning of Ukraine. *Ecological Sciences*, 5 (56), 222–231. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.5-56.34>
- Savchuk, O. I., Prymachuk, T. Ju., Shtan'ko, T. A., Mesha, K. V., Drebot, O. V., Kudryk, A. P., & Tsuman, N. V. (2025). Agroecological condition of soil cover of Zhytomyr region in the conditions of changes in climatic factors. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 103 (4), 65–74. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202504-07>
- Yatsenko, V. V., & Yatsenko, N. V. (2025). Varietal characteristics of potato yield formation in different maturity groups in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 21 (2), 100–109. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.21.2.2025.333457>
- Obidiegwu, J. E. (2015). Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. *Frontiers in Plant Science*, 6, 542. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00542>
- Gervais, T., Creelman, A., Li, X.-Q., Bizimungu, B., De Koeyer, D., & Dahal, K. (2021). Potato response to drought stress: Physiological and growth basis. *Frontiers in Plant Science*, 12, 698060. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.698060>
- Li, S., Kupriyanovich, Y., Wagg, C., Zheng, F., & Hann, S. (2023). Water deficit duration affects potato plant growth, yield and tuber quality. *Agriculture*, 13 (10), 2007. <https://doi.org/10.3390/agriculture13102007>
- Li, Q., Li, H., Zhang, L., Zhang, S., & Chen, Y. (2018). Mulching improves yield and water-use efficiency of potato cropping in China: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 221, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.017>

9. Wagg, C., Hann, S., Kupriyanovich, Y., & Li, S. (2021). Timing of short period water stress determines potato plant growth, yield and tuber quality. *Agricultural Water Management*, 247, 106731. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106731>
10. Li, Y., Tang, J., Wang, J., Zhao, G., Yu, Q., Wang, Y., Hu, Q., Zhang, J., Pan, Z., Pan, X., & Xiao, D. (2022). Diverging water-saving potential across China's potato planting regions. *European Journal of Agronomy*, 134, 126450. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126450>
11. Jacques, M. M., Gumiere, S. J., Gallichand, J., Celicourt, P., & Gumiere, T. (2020). Impacts of water stress severity and duration on potato photosynthetic activity and yields. *Frontiers in Agronomy*, 2, 590312. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.590312>
12. Zhang, L. L., Shi, Y., Qi, X., Wang, Q. X., & Cui, L. (2015). Effects of drought stress on the ultrastructure and physiological indexes of leaf cells in three potato varieties. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 33, 75–80.
13. Martínez-Romero, A., Domínguez, A., & Landeras, G. (2019). Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions. *Agricultural Water Management*, 216, 164–176. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.030>
14. Greenwood, D. J., Zhang, K., Hilton, H. W., & Thompson, A. J. (2009). Opportunities for improving irrigation efficiency with quantitative models, soil water sensors and wireless technology. *The Journal of Agricultural Science*, 148 (1), 1–16. <https://doi.org/10.1017/S0021859609990487>
15. Nasir, M. W., & Toth, Z. (2022). Effect of drought stress on potato production: A review. *Agronomy*, 12 (3), 635. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030635>
16. Verbeke, S., Padilla-Díaz, C. M., Haesaert, G., & Steppe, K. (2022). Osmotic adjustment in wheat (*Triticum aestivum* L.) during pre- and post-anthesis drought. *Frontiers in Plant Science*, 13, 775652. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.775652>
17. Elsayed, S., El-Hendawy, S., Dewir, Y. H., Schmidhalter, U., Ibrahim, H. H., Ibrahim, M. M., Elsherbiny, O., & Farouk, M. (2021). Estimating the leaf water status and grain yield of wheat under different irrigation regimes using optimized two- and three-band hyperspectral indices and multivariate regression models. *Water*, 13 (19), 2666. <https://doi.org/10.3390/w13192666>
18. Soltys-Kalina, D., Plich, J., Strzelczyk-Żyta, D., Śliwka, J., & Marczewski, W. (2016). The effect of drought stress on the leaf relative water content and tuber yield of a half-sib family of 'Katahdin'-derived potato cultivars. *Breeding Science*, 66 (2), 328–331. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.66.328>
19. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. In *Sustainable Agriculture*. (pp. 153–188). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12
20. Saravia, D., Farfán-Vignolo, E. R., Gutiérrez, R., De Mendiburu, F., Schafleitner, R., Bonierbale, M., & Khan, M. A. (2016). Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. *American Journal of Potato Research*, 93 (3), 288–295. <https://doi.org/10.1007/s12230-016-9505-9>
21. Hill, D., Nelson, D., Hammond, J., & Bell, L. (2021). Morphophysiology of potato (*Solanum tuberosum*) in response to drought stress: Paving the way forward. *Frontiers in Plant Science*, 11, 597554. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.597554>
22. Zhang, P., Yang, X., Manevski, K., Li, S., Wei, Z., Andersen, M. N., & Liu, F. (2022). Physiological and growth responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) to air temperature and relative humidity under soil water deficits. *Plants*, 11 (9), 1126. <https://doi.org/10.3390/plants11091126>
23. Fang, G., Yang, S., Ruan, B., Ye, G., He, M., Su, W., Zhou, Y., Wang, J., & Yang, S. (2024). Research progress on physiological, biochemical, and molecular mechanisms of potato in response to drought and high temperature. *Horticulturae*, 10 (8), 827. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080827>
24. Cabello, R., Monneveux, P., De Mendiburu, F., & Bonierbale, M. (2013). Comparison of yield based drought tolerance indices in improved varieties, genetic stocks and landraces of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 193 (2), 147–156. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0887-1>
25. Martínez, I., Muñoz, M., Acuña, I., & Uribe, M. (2021). Evaluating the drought tolerance of seven potato varieties on volcanic ash soils in a medium-term trial. *Frontiers in Plant Science*, 12, 693060. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.693060>
26. Pysarenko, N. V., Sydorchuk, V. I., Zakharchuk, N. V., & Oliinyk, T. M. (2023). Evaluation of potato varieties for drought resistance in the conditions of the Central Polissya of Ukraine. *Ahrarni Innovatsii*, 17, 186–196. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2023.17.27>
27. Rosytska, N. V. (2015). Adaptivna reaktsiia roslyn riznykh zhyttievyykh form za umovy posukhyh / Extended abstract of candidate's thesis. Instytut ahroekolohii i pryrodokorystuvannia, Kyiv [in Ukrainian]
28. Oliinyk, T. M., Sidakova, O. V., Zakharchuk, N. A., & Symonenko, N. V. (2017). Studying the potential of the initial potato material with the aim of breeding for drought resistance. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13 (4), 361–366. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117733>
29. Sydorchuk, V. I., & Pysarenko, N. V. (2021). Vychennia sortiv ta perspektyvnykh hibrydiv kartopli na posukhostiikist. «Honcharivski chyttannia»: Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoi 92-richchiu z dnia narodzhennia doktora silskohospodarskykh nauk, profesora Honcharova Mykoly Dem'ianovycha (25-travnia 2021 r.). (pp. 62–65). Sumy: Sumskiy natsionalnyi ahraryni universytet [in Ukrainian]
30. Pysarenko, N. V., Sydorchuk, V. I., & Zakharchuk, N. A. (2021). Study of resistance of potato varieties to drought in the conditions of the Central Polissya of Ukraine. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 2, 91–97. <https://doi.org/10.54651/agri.2021.02.12>
31. 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>
32. Hryhoriuk, I. P., Tkachov, V. I., Nyzhnyk, T. P., Mytsko, V. M., & Voitseshyna, N. I. (2002). Patent na vynakhid No 45055 A. Sposib otsinky stiikosti sortiv kartopli do posukhy. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/354825/> [in Ukrainian]
33. Polevoy, A., Barsukova, O., Husieva, K., Zhygailo, O., Volvach, O., Kyrnasivska, N., Tolmachova, A., Zhygailo, T., Danilova, N., & Kostyukievych, T. (2024). The climate change impact on the development of droughts in Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 25 (6), 194–205. <https://doi.org/10.12911/22998993/187276>
34. Blum, A. (2011). Plant breeding for water-limited environments. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4>
35. Romero, A. P., Alarcón, A., Valbuena, R. I., & Galeano, C. H. (2017). Physiological assessment of water stress in potato using spectral information. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1608. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01608>
36. Shi, S., Fan, M., Iwama, K., Li, F., Zhang, Z., & Jia, L. (2015). Physiological basis of drought tolerance in potato grown under long-term water deficiency. *International Journal of Plant Production*, 9 (2), 305–320.
37. Monneveux, P., Ramírez, D. A., & Pino, M.-T. (2013). Drought tolerance in potato (*S. tuberosum* L.). *Plant Science*, 205–206, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.01.011>
38. Lal, M. K., Tiwari, R. K., Kumar, A., Dey, A., Kumar, R., Kumar, D., Jaiswal, A., Changan, S. S., Raigond, P., Dutt, S., Luthra, S. K., Mandal, S., Singh, M. P., Paul, V., & Singh, B. (2022). Mechanistic Concept of physiological, biochemical, and molecular responses of the potato crop to heat and drought stress. *Plants*, 11 (21), 2857. <https://doi.org/10.3390/plants11212857>
39. Alvarez-Morezuelas, A., Barandalla, L., Ritter, E., Lacuesta, M., & Ruiz de Galarreta, J. I. (2022). Physiological response and yield components under greenhouse drought stress conditions in potato. *Journal of Plant Physiology*, 278, 153790. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2022.153790>
40. Aliche, E. B., Gengler, T., Hoendervangers, I., Oortwijn, M., Bachem, C. W. B., Borm, T., Visser, R. G. F., & van der Linden, C. G. (2021). Transcriptomic responses of potato to drought stress. *Potato Research*, 65 (2), 289–305. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09527-8>

41. Cabello, R., De Mendiburu, F., Bonierbale, M., Monneveux, P., Roca, W., & Chujoy, E. (2012). Large-scale evaluation of potato improved varieties, genetic stocks and landraces for drought tolerance. *American Journal of Potato Research*, 89 (5), 400–410. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9260-5>
42. Schafleitner, R., Gutierrez Rosales, R. O., Gaudin, A., Alvarado Aliaga, C. A., Martinez, G. N., Tincopa Marca, L. R., Bolivar, L. A., Delgado, F. M., Simon, R., & Bonierbale, M. (2007). Capturing candidate drought tolerance traits in two native Andean potato clones by transcription profiling of field grown plants under water stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45 (9), 673–690. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2007.06.003>

ORCID

N. Pysarenko 

<https://orcid.org/0000-0001-6299-2170>

M. Furdyha 

<https://orcid.org/0000-0002-9398-0487>

N. Zakharchuk 

<https://orcid.org/0000-0002-8194-2491>

V. Hordienko 

<https://orcid.org/0000-0003-0407-1474>



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

Influence of bioproducts on the yield and adaptive properties of soft winter wheat

S. Yurchenko | B. Palaziuk✉

Article info

Correspondence Author

B. Palaziuk

E-mail:

bohdan.palaziuk@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Yurchenko, S., & Palaziuk, B. (2025). Influence of bioproducts on the yield and adaptive properties of soft winter wheat. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 23–29. doi: 10.31210/spi2025.28.04.03

The article presents the results of scientific research on the study of the peculiarities of the formation of soft winter wheat grain under the influence of biostimulants and different growing conditions. Experimental tests were conducted according to the standard field experiment methodologies of in agriculture and crop production during 2022–2024 at the research farm of Poltava State Agrarian University. The objects of the study were biostimulator 1 (biostimix 'Recovery of vegetation' (biostart)) and biostimulator 2 (Smart Grow 'Restoration'). The main active components of the drugs were fulvic acids, fullerene and organic acids. Ammonium nitrate was used as nitrogen fertilizer ($\text{NH}_4 : \text{NO}_3 - 1 : 1$, 34.4 %). The objective of the research was to substantiate the expediency of using growth regulators based on fulvic acids, fullerene and organic acids in combination with nitrogen fertilizers in winter wheat cultivation. It has been established that the use of biostimulants increased the efficiency of nitrogen fertilizers, which was confirmed by the improvement of the elements of the ear performance. Thus, the use of biostimulator 1 on the background of N_{68} provided an increase in the variant only with ammonium nitrate (N_{68}): the amount of grains from the ear – by 9.3 %, the mass of grain from the ear – by 21.7 %, the mass of 1000 grains – by 3.2 %. The use of biostimulator 2 under the background of N_{68} contributed to the growth, respectively: the number of grains per ear – by 13.8 %, masses of grain per ear – by 17.4 %, weight of 1000 grains – by 1.2 %. The grain yield of soft winter wheat also increased due to the use of biostimulants: biostimulator 1 increased by 6.84 % and biostimulator 2 by 4.56 %. At the same time, the total efficiency of nitrogen nutrition increased by 10.4 % due to the action of biostimulator 1 and by 12.1 % with biostimulator 2. The correlation analysis revealed a close dependence between yield and the number of grains per ear ($r = 0.95$) as well as grain weight per ear ($r = 0.91$), and a moderate relationship with the weight of 1,000 grains ($r = 0.57$).

Keywords: mild winter wheat, biostimulants, grain yields, ear performance elements.

Вплив біостимуляторів на врожайність та адаптивні властивості пшениці м'якої озимої

С. О. Юрченко | Б. О. Палазюк

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено результати наукових досліджень, присвячених вивченню особливостей формування врожайності зерна пшениці м'якої озимої під впливом біостимуляторів і різних умов вирощування. Експериментальні випробування проводили за стандартною методикою польових дослідів у галузі землеробства та рослинництва впродовж 2022–2024 років на базі дослідного господарства Полтавського державного аграрного університету. Об'єктами вивчення виступали: біостимулятор 1 (Біостімікс «Відновлення вегетації» (Біостарт)) та біостимулятор 2 (Smart Grow «Відновлення»). Основними діючими компонентами препаратів були фульвокислоти, фулерен та органічні кислоти. Як азотне підживлення застосовували аміачну селітру ($\text{NH}_4 : \text{NO}_3 - 1 : 1$, 34,4 %). Завданням досліджень стало обґрунтування доцільності використання регуляторів росту на основі фульвокислот, фулерену та органічних кислот у поєднанні з азотними добривами під час вирощування озимої пшениці м'якої. Встановлено, що застосування біостимуляторів підвищувало ефективність використання азотних добрив, що підтверджено покращенням показників елементів продуктивності колоса. Використання біостимулятора 1 на фоні N_{68} забезпечило збільшення відносно варіанта лише з аміачною селітрою (N_{68}): кількості зерен з колоса – на 9,3 %, маси зерна з колоса – на 21,7 %, маси 1000 зерен – на 3,2 %. Застосування біостимулятора 2 на фоні N_{68} сприяло зростанню відповідно: кількості зерен з колоса – на 13,8 %, маси зерна з колоса – на 17,4 %, маси 1000 зерен – на 1,2 %. Урожайність зерна пшениці м'якої озимої також зростала завдяки використанню біостимуляторів: біостимулятор 1 підвищив показник на 6,84 %, а біостимулятор 2 – на 4,56 %. При цьому загальна ефективність азотного живлення зросла завдяки дії біостимулятора 1 на 10,4 %, а біостимулятора 2 – на 12,1 %. Кореляційний аналіз показав наявність тісної залежності врожайності від кількості зерен у колосі ($r = 0,95$) та маси зерна з колоса ($r = 0,91$), а також середнього рівня зв'язку з масою 1000 зерен ($r = 0,57$).

Ключові слова: пшениця м'яка озима, біостимулятори, урожайність зерна, елементи продуктивності колоса.

Бібліографічний опис для цитування: Юрченко С. О., Палазюк Б. О. Вплив біостимуляторів на врожайність та адаптивні властивості пшениці м'якої озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 23–29.

Вступ

Світова середня урожайність культур знижується в умовах кліматичної кризи, коли сільськогосподарські культури зазнають впливу абіотичних стресів, зокрема високі температури повітря та тривалі посухи спричиняють недобір урожаю [1, 2]. Водночас населення людства стрімко зростає з такою тенденцією, що до 2050 року населення планети буде складати 9,6 мільярда людей [3]. На фоні зниження врожайності виникає цілком ймовірна загроза продовольчій безпеці у світі [4].

Основною продовольчою культурою є пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.), яка має стратегічне значення у забезпеченні населення продуктами харчування. Зменшення світових валових зборів зерна пшениці призведе до зростання цін на хліб та інші вироби, зниження доступності їжі, посилення соціальної напруги, особливо у країнах з низьким рівнем доходів, а також негативно вплине на ринки кормів, тваринництва та пов'язані галузі економіки [5, 6].

Особливої актуальності набуває пошук шляхів зниження негативного впливу стресів на урожайність пшениці для збереження врожайності. Натепер основними засобами підвищення урожайності є застосування мінеральних добрив та пестицидів для захисту посівів від впливу біотичних факторів (небажана рослинність, хвороби, шкідники) [7, 8]. Попит на мінеральні добрива та хімічні засоби захисту рослин щороку зростає, а відповідний ринок розширюється, що негативно впливає на екологічну безпеку та якість продуктів харчування [9]. Отже, актуальним є пошук ефективних засобів і технологій, що сприяють збереженню та підвищенню врожайності пшениці з одночасним зменшенням негативного впливу на довкілля [10, 11]. Одним із перспективних шляхів є селекція та запровадження високоврожайних сортів, стійких до дії абіотичних чинників, а також застосування біологічних засобів, зокрема біостимуляторів.

Застосування біологічних стимуляторів при вирощуванні пшениці м'якої озимої є ефективним засобом для покращення врожайності, якості та стійкості до біотичного та абіотичного стресу [8, 12, 13].

Обсяг ринку біопрепаратів у світі, зокрема й в Україні, демонструє тенденцію до щорічного зростання на 7,4 % [14]. З'являються нові виробники та нові бренди біопрепаратів. Тому для створення сталих агротехнологій в умовах України, яка є одним з основних експортерів пшениці у світі [15], є важливим дослідження ефективності та вдосконалення застосування біологічних стимуляторів росту, що дозволить підвищити стійкість рослин до абіотичних стресів, зменшити залежність від хімічних засобів виробництва, поліпшити якість продукції та зберегти родючість ґрунтів у довгостроковій перспективі.

Біостимулятори – це органічні або неорганічні продукти, що містять біоактивні речовини та/або мікроорганізми, які при нанесенні на рослину або ризосферу стимулюють ріст і продуктивність рослини, покращуючи ефективність поглинання та засвоєння поживних речовин, стійкість до абіотичних

стресів та/або якість продукту незалежно від вмісту поживних речовин [16, 17].

Дослідники Maignan V. та ін. зазначають, що застосування різних біостимуляторів на основі амінокислот у поєднанні з азотними добривами призводить до кратного збільшення врожайності до 51,7 % завдяки збільшенню озерненості колоса. Вони наголошують, що складно встановити, за яким механізмом біостимулятори вплинули на підвищення врожайності, але дійшли висновку, що це відбувається за рахунок сильного впливу на розподіл азоту. Завдяки значному впливу біопрепаратів після стадії колосіння на поглинання та ефективність ремобілізації азоту, покращилась ефективність формування зерен та збільшилась їх кількість у колосі [18].

Підвищення ефективності використання пшеницею азотних добрив при застосуванні біостимуляторів підтверджують Li J, Ma H. та ін., вони дійшли висновку, що застосування препаратів на основі полісахаридного агенту морських водоростей та хітозану з неіоногенним активним агентом дозволяє заощаджувати 20 % азотних добрив без втрати продуктивності культури шляхом підвищення засвоєння азоту [19].

Дубицький О. та інші також визначають позитивну дію біостимулятора, що базується на вільних амінокислотах, при застосуванні у комплексі разом із використанням побічної продукції – соломи гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ сумісно з гумусним або мікробіологічним добривом. Це дозволило отримати суттєве підвищення продуктивності посівів на рівні 52,3–59,4 % порівняно з варіантом без внесення [10].

Підвищення урожайності пшениці на 50–60 % можна досягти при застосуванні біологічних препаратів на основі водоростей (FERT-A) та гідролізату соєвого білка (FERT-H) нормою 2,5 л/га [20].

За даними Алмашова В. та Скок С. у випадку одноосібного застосування біорегулятора росту у фазу кушення в умовах Херсонської області спостерігається підвищення урожайності зерна пшениці на рівні 2,9 ц/га, приріст склав 16 % порівняно з варіантом без застосування препарату [21].

Шейко Д. у своїх дослідженнях зазначає, що при дворазовому застосуванні по вегетації біфунгіциду та біостимулятору на основі бактерій *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus polymyxa*, грибів *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, актинобактерії *Streptomyces* у трьох сортів спостерігається збільшення озерненості колоса на рівні 3–5 шт. з колоса порівняно з обробкою водою (контроль) [22].

У дослідженнях Власюк О. зазначено позитивну дію препарату на основі *B. subtilis*, *Azotobacter chroococcum*, *Paenibacillus polymyxa*, калій- і фосформобілізуючі бактерій, при застосуванні препарату по листу фіксується збільшення продуктивності на 5,9–9,2% [23].

Також варто зазначити, що результати дослідження R. Qin, C. Noulas та ін., щодо застосування біологічних препаратів на пшениці м'якій озимій не підтверджують підвищення урожайності, а в окремих випадках свідчать про можливий негативний вплив, що призводить до зниження продуктивності посівів [24].

Отже, наведені вище факти з більшості досліджень свідчать про ефективність застосування біологічних препаратів і обґрунтовують доцільність їх ширшого впровадження у виробничу практику. Водночас фізіологічні механізми їх дії залишаються недостатньо вивченими. Велика кількість доступних на ринку препаратів із різним складом та принципом дії вимагає поглибленого наукового обґрунтування ефективності, вивчення впливу на ріст і розвиток рослин, а також адаптації технологій їх застосування до конкретних ґрунтово-кліматичних умов України. Тому дослідження у цьому напрямі є особливо актуальними для розвитку екологічно стійких технологій вирощування та підвищення сталості агро-виробництва.

Мета дослідження

Метою досліджень було наукове обґрунтування доцільності та ефективності застосування біологічних регуляторів росту на основі фульвокислот, фулерену та органічних кислот на фоні азотних добрив за умови вирощування пшениці м'якої озимої.

Завдання дослідження – дослідити особливості формування урожайності зерна пшениці м'якої озимої залежно від застосування біологічних регуляторів росту.

Матеріали і методи

Польові дослідження були проведені в період 2022–2024 років у дослідному господарстві Полтавського державного аграрного університету. Фізико-географічна зона – Центрально-Східний Лісостеп. Клімат: помірно-континентальний, класифікується як зона недостатнього зволоження. Ґрунт: чорнозем опідзолений.

Агрохімічна характеристика ґрунту:

- вміст гумусу – 3,9 %;
- азоту, що легко гідролізується (за Тюріним та Коновою) – 119,1–127,1 мг;
- P₂O₅ в ортовокислій витяжці (за Чириковим) – 100,0–131,0 мг;
- обмінного калію (за Масловою) – 171,0–200,0 мг на кілограм ґрунту.

Щільність ґрунту – 1,05–1,17 г/см³.

Повторність дослідів чотирикратна. Площа ділянки: 13 м². Площа облікової ділянки: 10 м². Ділянки розміщували рандомізовано. Сівбу ділянок здійснювали селекційною сівалкою КЛЕН – 1,5, норма висіву 3,2 млн шт./га, глибина заортання – 3 см. Посів виконували в I декаді жовтня.

Сорт для дослідження: Манжелія, насіння очищене та відкаліброване за крупністю та питомою вагою, оброблене протруйником (25 г/л Флудіоксоніл 10 г/л металаксилу – М). Збирання проводили прямим комбайнуванням комбайном Samro – 130, у фазу повної стиглості за наявності вологості 13,9 %.

Дослідження впливу біостимуляторів на фоні азотних добрив проводили за допомогою Біостимулятора 1 (Біостімікс Відновлення вегетації (Біостарт) та Біостимулятор 2 (Smart Grow Відновлення). Діючою речовиною препаратів є фульвокислоти, фулерен та органічних кислот. Як азотне добриво використовували аміачну селітру (NH₄ : NO₃ – 1 : 1, 34,4 %).

Схема дослідів включала такі варіанти:

1. Контроль (без добрив, обробка водою);
2. Біостимулятор 1 (1 л/га);
3. Біостимулятор 2 (1 л/га);
4. Аміачна селітра (N₆₈);
5. Аміачна селітра (N₆₈) з подальшою обробкою біостимулятором 1 (дозою 1 л/га);
6. Аміачна селітра (N₆₈) з подальшою обробкою біостимулятором 2 (дозою 1 л/га).

Підживлення аміачною селітрою проводили з розрахунку 200 кг/га у фізичній вазі (68 кг/га діючої речовини азоту) по мерзлоталому ґрунту на визначених ділянках. Робочий розчин біостимуляторів готували з розрахунку 1 л препарату на 200 л води. Препарат вносили у фазу ВВСН 21 (весняне кушення) за допомогою ранцевого акумуляторного обприскувача з контрольованою нормою 0,25 л на ділянку, попередньо провівши калібрування норми виливу.

Оцінку продуктивності посівів оцінювали за допомогою аналізу снопових зразків. З кожної повторності з 1 м² суцільно відкопували рослини, підраховували та випадковим способом добирали 25 рослин та визначали кількість стебел, висоту рослини, довжину колоса, кількість зерен у колосі, масу зерен з колоса, масу 1000 зерен.

Для систематизації та демонстрації даних використовували MS Excel, статистичний аналіз проводили за допомогою програми Statistica 12.0.

Результати та їх обговорення

У період досліджень спостерігали вплив абіотичного стресу на посіви пшениці озимої. Зокрема, розподіл опадів у період весняної вегетації культури був не рівномірний (*рис. 1*).

У період весняно-літньої вегетації озимої пшениці 2023 року переважали сприятливі умови з помірною кількістю продуктивних опадів, особливо у квітні та липні. Водночас 2024 рік характеризується значно вищою кількістю сухих днів, низькою кількістю днів з продуктивними опадами (5–20 мм) та загальним дефіцитом вологи у критичні фази розвитку культури.

Фактор недостатньої кількості вологи підсилювався на фоні днів з високими температурами (*рис. 2*). Найбільшу кількість днів з температурами вище +25°C спостерігали у червні, 13 днів 2023 року та 21 день 2024 року із середньою температурою по максимальних значеннях +27,1°C, під час фаз цвітіння та наливу зерна (ВВСН 61–79), дані фази є критичними для формування урожайності.

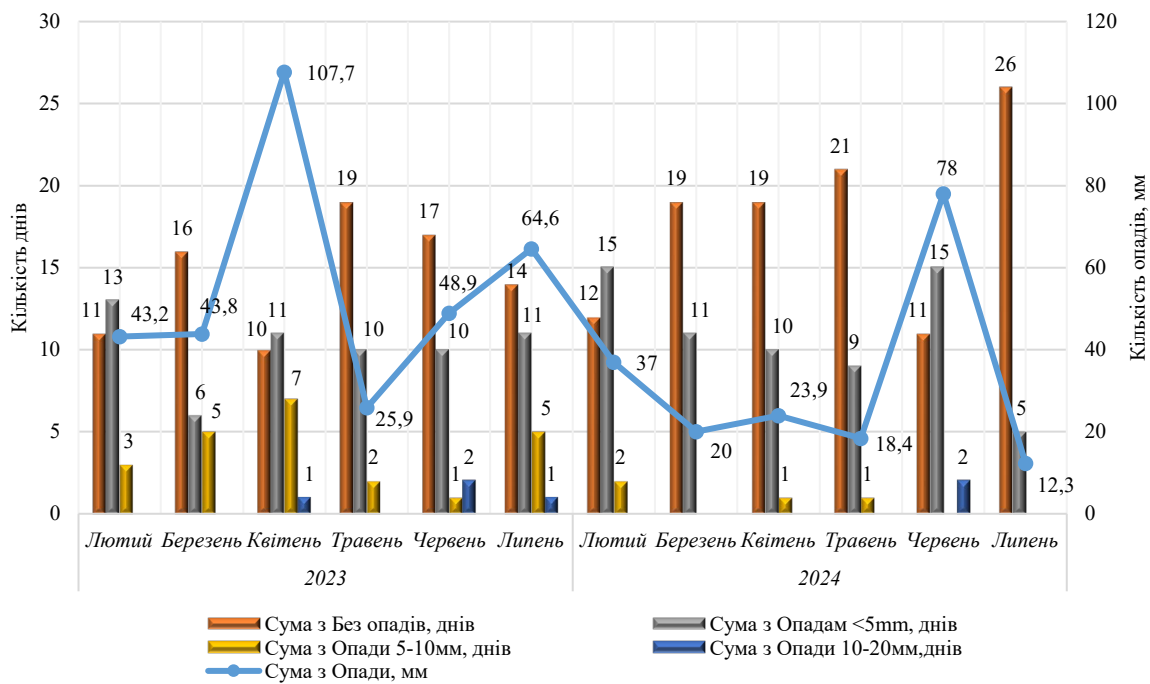


Рис. 1. Розподіл та кількість опадів у весняно-літній період вегетації пшениці м'якої озимої (2023–2024 рр.)

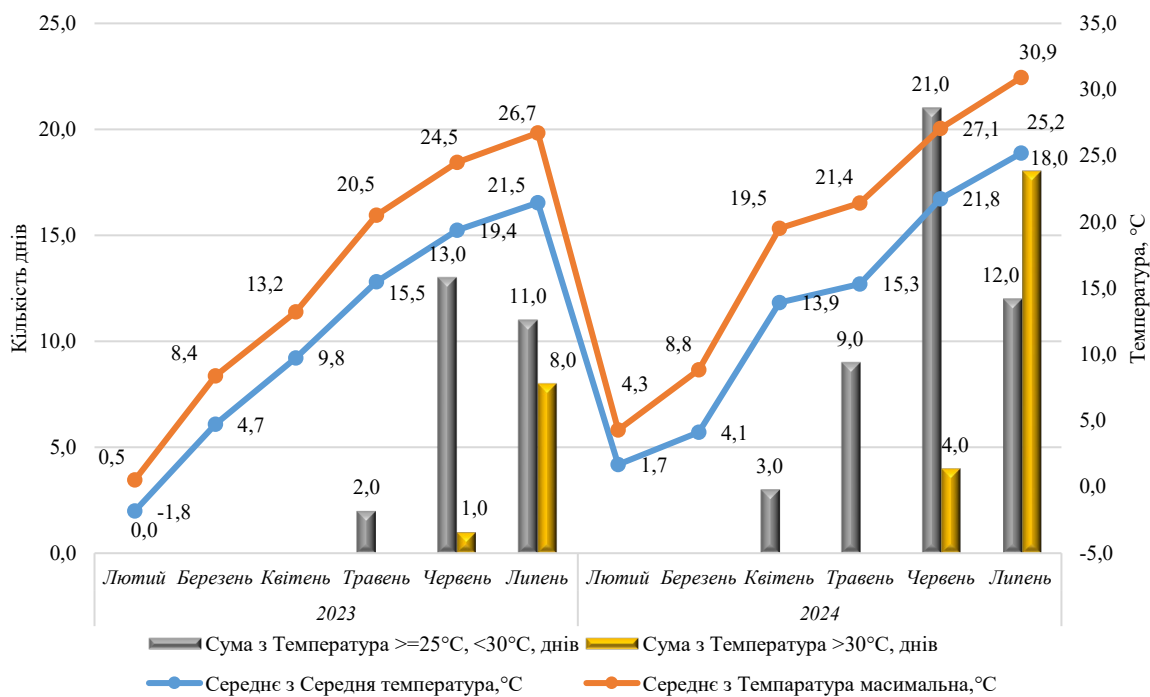


Рис. 2. Температурний режим та кількість днів із $T_{max} > 25 \text{ }^\circ\text{C}$ у весняно-літній період

Погодні умови мали стримувальний вплив на формування урожайності пшениці озимої, оскільки впродовж критичних фаз органогенезу рослини зазнавали дії абіотичних стресів. Встановлені кліматичні особливості відповідають меті дослідження, підтверджуючи значущість вивчення адаптивних реакцій культури при застосуванні біостимуляторів в умовах нестабільного зволоження та підвищених температур.

Головними складниками колоса, що визначають рівень урожайності, є кількість зерен у колосі (шт.),

маса зерна з колоса (г), маса 1000 зерен (г). Варто відмітити, що формування колоса пшениці озимої м'якої відбувається з III по VIII етапи органогенезу і залежить від погодних умов у цей період. Зважаючи на роль погодних умов за вегетаційний період не слід применшувати й значення агрозаходів на формування продуктивності колоса рослин. Одержані результати проведених досліджень вказують на ефективність досліджуваних факторів за умови формування зернової продуктивності колоса пшениці озимої м'якої (табл. 1).

Таблиця 1

Формування елементів продуктивності колоса пшениці м'якої озимої за умови використання біостимуляторів, (середнє за 2023–2024 рр.).

Варіант	Кількість зерен у колосі, шт.		Маса зерна з колоса, г		Маса 1000 зерен, г	
	шт.	відхилення, +/-	шт.	відхилення, +/-	шт.	відхилення, +/-
1*	19,7	-	0,96	-	42,6	-
2*	23,6	3,9	1,19	0,23	44,9	2,3
3*	22,5	2,8	1,15	0,19	44,7	2,1
4*	28,1	8,4	1,40	0,44	47,3	4,7
5*	30,7	11,0	1,55	0,59	48,8	6,2
6*	32,0	12,3	1,6	0,64	47,8	5,2
НІР _{0,95}		4,2		0,43		4,6

Примітки: 1* – контроль (без добрив, обробка водою); 2* – біостимулятор 1 (1 л/га); 3* – біостимулятор 2 (1 л/га); 4* – аміачна селітра (N₆₈); 5* – аміачна селітра (N₆₈) + біостимулятор 1 (1 л/га); 6* – аміачна селітра (N₆₈) + біостимулятор 2 (1 л/га).

За середніми даними у варіантах з біостимулятор 1 і біостимулятор 2 відмічено несуттєвий приріст елементів продуктивності колоса: кількості зерен з колоса – на 3,9 шт., і 2,8 шт., маси зерна з колоса – на 0,23 г і 0,19 г, маси 1000 зерен – на 2,3 г і 2,1 г відповідно.

Застосування азотного добрива (N₆₈) у фазі весняного кушення пшениці м'якої озимої забезпечило формування рослин з кращою продуктивністю колоса порівняно з контрольним варіантом. Зокрема, суттєве збільшення: кількості зерен у колосі – на 8,4 шт., маси зерна з колоса – на 0,44 г, маси 1000 зерен – на 4,67 г. Досліджувані біостимулятори сприяли підвищенню ефективності підживлення азотним добривом, що підтверджується збільшенням показників елементів продуктивності колоса. У разі дії біостимулятор 1 на фоні (N₆₈) спостерігали збільшення порівняно з варіантом застосування аміачної селітри (N₆₈): кількості зерен з колоса – на 9,3 %, маси зерна з колоса – на 21,7 %, маси 1000 зерен – на 3,2 %. Біостимулятор 2 на фоні (N₆₈) забезпечив збільшення: кількості зерен з колоса – на 13,8 %, маси зерна з колоса – на 17,4 %, маси 1000 зерен – на 1,2 %.

Крім того, між урожайністю та елементами продуктивності колоса були встановлені кореляційні зв'язки. За результатами цього аналізу встановлено сильний зв'язок урожайності з кількістю зерен з колоса ($r = 0,95$), масою зерна з колоса ($r = 0,91$), та середній зв'язок з масою 1000 зерен ($r = 0,57$) (рис. 3, рис. 4 та рис. 5).

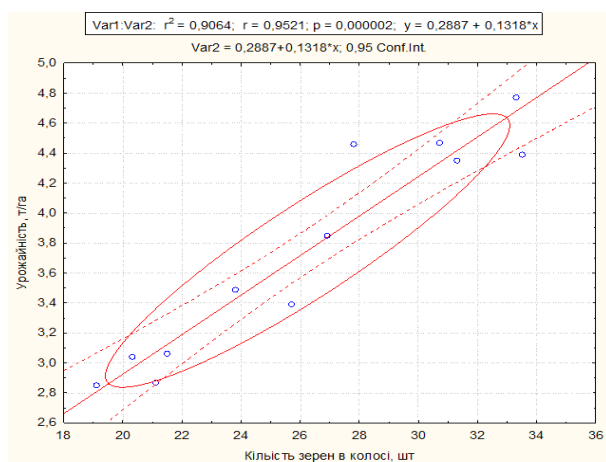


Рис. 3. Залежність урожайності від кількості зерен з колоса пшениці м'якої озимої (2023–2024 рр.)

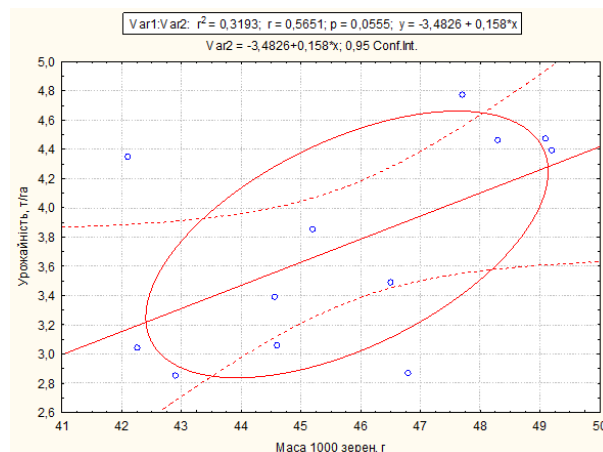


Рис. 4. Залежність урожайності від маси 1000 зерен пшениці м'якої озимої (2023–2024 рр.)

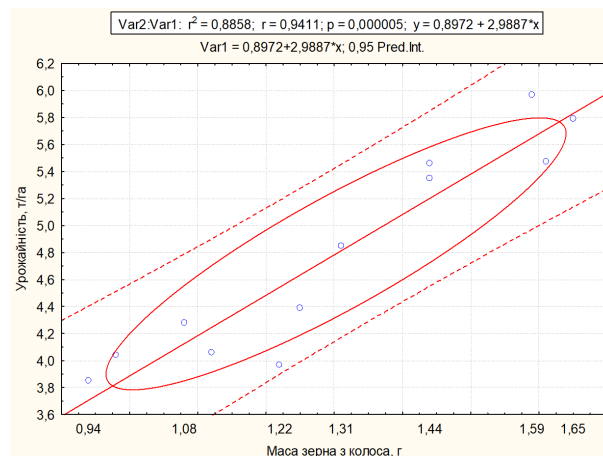


Рис. 5. Залежність урожайності від маси зерна з колоса пшениці м'якої озимої (2023–2024 рр.).

За умов зростання погодно-кліматичних ризиків біостимулятори є надійною підстраховкою від можливих втрат. Під час наших досліджень було з'ясовано, що використання досліджуваних біопрепаратів у фазі весняного кушення позитивно вплинуло на формування врожайності пшениці озимої (табл. 2).

Залежно від варіанту досліду і року досліджень урожайність пшениці м'якої озимої варіювала від 3,85 т/га (контроль, 2024 р.) до 5,97 т/га (аміачна селітра (N₆₈) + біостимулятор 2 (1 л/га), 2023 р.).

Таблиця 2

Формування урожайності пшениці м'якої озимої у разі використання біостимуляторів, т/га, 2023–2024 рр.

Варіант	2023 р.		2024 р.		Середнє за 2023–2024 рр.	
	т/га	приріст до контролю, т/га	т/га	приріст до контролю, т/га	т/га	приріст до контролю, т/га
1*	4,04		3,85		3,95	
2*	4,39	0,35	4,06	0,21	4,23	0,27
3*	4,28	0,24	3,97	0,12	4,13	0,18
4*	5,35	1,31	4,85	1,0	5,10	1,15
5*	5,79	1,75	5,46	1,61	5,63	1,68
6*	5,97	1,93	5,47	1,62	5,72	1,77
НІР _{0,95}		0,48		0,42		0,44

Примітки: 1* – контроль (без добрив, обробка водою); 2* – біостимулятор 1 (1 л/га); 3* – біостимулятор 2 (1 л/га); 4* – аміачна селітра (N₆₈); 5* – аміачна селітра (N₆₈) + біостимулятор 1 (1 л/га); 6* – аміачна селітра (N₆₈) + біостимулятор 2 (1 л/га).

Результати досліджень вказують на ефективність застосування біостимуляторів у фазі весняного кушення пшениці м'якої озимої. Зокрема, у середньому за два роки досліджень застосування біостимулятора 1 забезпечувало підвищення урожайності зерна до 4,23 т/га (на 0,27 т/га більше порівняно з контролем), а біостимулятора 2 – до 4,13 т/га (на 0,18 т/га більше порівняно з контролем). Крім цього, обприскування рослин досліджуваними біопрепаратами на фоні (N₆₈) сприяло підвищенню врожайності зерна на 0,53 т/га (10,4 %) і 6,2 т/га (12,1 %) порівняно з варіантом аміачна селітра (N₆₈).

Ефективність біостимуляторів змінювалася залежно від погодних умов вегетаційного періоду. 2024 року, що характеризувався дефіцитом вологи і високою температурою повітря, дія біостимуляторів була менш ефективною, про що свідчить приріст урожайності: біостимулятор 1 – 0,21 т/га, біостимулятор 2 – 0,12 т/га. 2023 року, що характеризувався сприятливими умовами з помірною кількістю продуктивних опадів та температурним режимом, приріст урожайності зерна за умови дії біостимулятора 1 складав 0,35 т/га, біостимулятора 2 – 0,24 т/га.

Висновки

За результатами порівняльного аналізу середніх даних 2023–2024 рр. було встановлено, що збільшенню врожайності зерна пшениці м'якої озимої сприяло застосування біостимуляторів. Зокрема, біостимулятор 1 забезпечив приріст на 6,84 %, біостимулятор 2 – на 4,56 %. Ефективність азотних добрив збільшувалася завдяки біостимулятору 1 – на 10,4 %, біостимулятору 2 – на 12,1 %.

За аналізом кореляційних залежностей було встановлено сильний зв'язок урожайності з кількістю зерен з колоса ($r = 0,95$), масою зерна з колоса ($r = 0,91$), та середній зв'язок з масою 1000 зерен ($r = 0,57$).

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні закономірностей формування якості зерна пшениці м'якої озимої залежно від застосування біостимуляторів.

Конфлікт інтересів

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

References

- Shevchenko, O. (2023). The impact of climate change on agricultural land use in Ukraine. *Balanced Nature Using*, 4, 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725>
- Ma, Y., Freitas, H., & Dias, M. C. (2022). Strategies and prospects for biostimulants to alleviate abiotic stress in plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1024243. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1024243>
- Hasanuzzaman, M., Parvin, K., Bardhan, K., Nahar, K., Anee, T. I., Masud, A. A. C., & Fotopoulos, V. (2021). Biostimulants for the regulation of reactive oxygen species metabolism in plants under abiotic stress. *Cells*, 10 (10), 2537. <https://doi.org/10.3390/cells10102537>
- Martínez-Lorente, S. E., Martí-Guillén, J. M., Pedreño, M. Á., Almagro, L., & Sabater-Jara, A. B. (2024). Higher plant-derived biostimulants: Mechanisms of action and their role in mitigating plant abiotic stress. *Antioxidants*, 13 (3), 318. <https://doi.org/10.3390/antiox13030318>
- Saady, H. S., Hamed, M. F., Abd El-Momen, W. R., & Hussein, H. (2020). Nitrogen use rationalization and boosting wheat productivity by applying packages of humic, amino acids, and microorganisms. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51 (8), 1036–1047. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1744631>
- Lută, G., Madjar, R. M., Bălan, D., Scăteanu, G. V., & Ionescu, N. (2022). Effect of foliar fertilization on the quality parameters of wheat and maize crops. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 65 (1), 396–401.
- Delitte, M., Caulier, S., Bragard, C., & Desoignies, N. (2021). Plant microbiota beyond farming practices: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.624203>
- Kumari, M., Swarupa, P., Kesari, K. K., & Kumar, A. (2022). Microbial inoculants as plant biostimulants: a review on risk status. *Life*, 13 (1), 12. <https://doi.org/10.3390/life13010012>
- Pysarenko, V. M., Kovalenko, N. P., Pospelova, H. D., Pischalenko, M. A., Melnychuk, V. V., & Sherstiuk, E. L. (2020). Eco-balancing of arable farming as a first step to organic manufacturing of plant growing products. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 109–117. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.12>
- Dubyt's'kyj, O., Kachmar, O., Dubyt's'ka, A., & Vavrynovych, O. (2020). Influence of environmental fertilizer systems on yield formation and grain quality of winter wheat. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (7), 74–79. <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202007-10>
- Laslo, O. O., & Nahorna, S. V. (2022). Ecological technologies for growing winter wheat using mixtures of growth regulators and complex fertilizers. *Agrarian Innovations*, 13, 93–96. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.14>
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Omoarelojie, L. O., Kulkarni, M. G., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2021). Modes of action of biostimulants in plants. *Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development*, 445–459. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823048-0.00015-0>
- Gupta, S., Bhattacharyya, P., Kulkarni, M. G., & Doležal, K. (2023). Editorial: Growth regulators and biostimulants: upcoming opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1209499>

15. Pobochenko, L., Tatarenko, N., & Prokopieva, A. (2023). Current trends in the development of the world grain market in the conditions of war in Ukraine. *Economy and Society*, 48. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-29>
16. Roupheal, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
17. Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 8 (3), 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
18. Maignan, V., Géliot, P., & Avice, J.-C. (2021). Glutacetine® Biostimulant applied on wheat under contrasting field conditions improves grain number leading to better yield, upgrades n-related traits and changes grain ionome. *Plants*, 10 (3), 456. <https://doi.org/10.3390/plants10030456>
19. Li, J., Ma, H., Ma, H., Lei, F., He, D., Huang, X., Yang, H., & Fan, G. (2023). Comprehensive effects of N reduction combined with biostimulants on N use efficiency and yield of the Winter wheat–summer maize rotation system. *Agronomy*, 13 (9), 2319. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092319>
20. Sirbu, C., Cioroianu, T. M., Ionescu, N., Marin, N., & Grigore, A. (2022). Effectiveness of biostimulants applied to wheat, sunflower and soybean crops. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 65 (1), 520–525.
21. Almashova, V. S., & Skok, S. V. (2022). Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the Southern Steppe Zone of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47 (1), 11–17. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.2>
22. Sheiko, D. (2023). Formation of winter wheat yield depending on the variety and method of treatment with biological preparations in the western Forest-Steppe of Ukraine. *SWorldJournal*, 1 (20-01), 140–147. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-20-01-034>
23. 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>
24. Qin, R., Noulas, C., Wysocki, D., Liang, X., Wang, G., & Lukas, S. (2020). Application of plant growth regulators on soft white winter wheat under different nitrogen fertilizer scenarios in irrigated fields. *Agriculture*, 10 (7), 305. <https://doi.org/10.3390/agriculture10070305>

ORCID

S. Yurchenko 
B. Palaziuk 

<https://orcid.org/0000-0002-5812-3877>

<https://orcid.org/0009-0006-4525-5826>



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

The impact of sowing dates and pre-sowing seed treatment with biopreparations on phenological indicators and leaf apparatus development in buckwheat

V. Shevchuk✉

Article info

Correspondence Author

V. Shevchuk

E-mail:

vitalii.shevchuk@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Shevchuk, V. (2025). The impact of sowing dates and pre-sowing seed treatment with biopreparations on phenological indicators and leaf apparatus development in buckwheat. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 30–38. doi: 10.31210/spi2025.28.04.04

Climate change and adverse weather conditions present significant challenges for the effective cultivation of buckwheat, necessitating the search for new agronomic solutions. One such approach involves optimizing sowing dates and using biopreparations for pre-sowing seed treatment, which improves leaf apparatus development and enhances crop productivity. This study was conducted in 2025 under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine using the buckwheat variety Elena. The experiment included two sowing dates (May 5 and May 12) and the following pre-sowing seed treatment schemes: control; Azotofit (0.5 l/t); Diazobacterin for buckwheat (0.2 l/t); Azotofit (0.5 l/t) + Diazobacterin (0.2 l/t). It was found that the early sowing date (May 5) ensured an optimal vegetation period (87–89 days), which was 7 days longer than the late sowing date. Favorable conditions for the full passage of organogenesis phases and the formation of a powerful assimilatory apparatus resulted in the accumulation of above-ground vegetative mass that was 7.3–8.8% higher than that at the late sowing date. At the flowering stage, the leaf area at the early sowing date was also 6.7–8.5% larger, contributing to a high photosynthetic potential of the crops. Pre-sowing seed treatment with biopreparations consistently had a positive impact on all indicators, regardless of the sowing date. Application of Diazobacterin resulted in a 17.6% increase in above-ground vegetative mass and a 1.4% increase in leaf area compared to the control. The use of Azotofit produced a more pronounced effect, with increases of 19.8% and 5.6%, respectively. The most effective result was achieved with the combined use of both biopreparations, providing a synergistic effect, with increases of 34.1% and 9.8% in the respective indicators compared to the control. Considering the 2-day reduction in the vegetation period, this suggests optimized growth processes and improved resource use efficiency. The findings confirm the advisability of using early sowing dates and nitrogen-fixing biopreparations to optimize buckwheat cultivation technology under climate change conditions.

Keywords: *Fagopyrum esculentum* Moench, vegetation period, developmental phases, leaf area, *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*.

Вплив строків сівби та передпосівної обробки насіння гречки біопрепаратами на фенологічні показники та розвиток листкового апарату

В. М. Шевчук

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Зміна клімату та несприятливі погодні умови стають серйозним викликом для ефективного вирощування гречки, що вимагає пошуку нових агротехнічних рішень. Одним із таких підходів є оптимізація строків сівби та використання біопрепаратів для передпосівної обробки насіння, що дозволяє покращити розвиток листкового апарату і підвищити продуктивність культури. Дослідження проведено 2025 року в умовах Лівобережного лісостепу України з використанням сорту гречки Єлена за умови двох термінів сівби (5 і 12 травня) та наступних схем передпосівної обробки насіння: контроль; Азотофіт (0,5 л/т); Діазобактерин для гречки (0,2 л/т); Азотофіт (0,5 л/т) + Діазобактерин (0,2 л/т). Визначено, що ранній строк сівби (5 травня) забезпечив оптимальну тривалість вегетаційного періоду (87–89 діб), що на 7 діб перевищило показники пізнього строку. Завдяки сприятливим умовам для повноцінного проходження фаз органогенезу та формування потужного асиміляційного апарату отримано накопичення надземної вегетативної маси на 7,3–8,8 % більше, ніж за умови пізнього строку. Площа листової поверхні при ранньому строку сівби також на 6,7–8,5 % більша у фазі середини цвітіння, що сприяло високому фотосинтетичному потенціалу посівів. Виявлено, що передпосівна обробка насіння біопрепаратами стабільно позитивно впливала на всі показники, незалежно від строку сівби. Застосування Діазобактерину забезпечило приріст надземної вегетативної маси на 17,6 % та площі листової поверхні на 1,4 % порівняно з контролем. Використання Азотофіту дало більш виражений ефект: приріст на 19,8 % і 5,6 % відповідно. Найбільш ефективним виявилось комплексне застосування обох біопрепаратів, що забезпечило синергетичний ефект з приростом відповідних показників на 34,1 % та 9,8 % порівняно з контролем. Зважаючи на скорочення вегетаційного періоду на 2 доби, це свідчить про оптимізацію ростових процесів і покращення використання ресурсів довкілля. Отримані результати підтверджують доцільність використання раннього строку сівби та біопрепаратів азотфіксуючої дії для оптимізації технології вирощування гречки в умовах зміни клімату.

Ключові слова: *Fagopyrum esculentum* Moench, вегетаційний період, фази розвитку, площа листової поверхні, *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*.

Бібліографічний опис для цитування: Шевчук В. М. Вплив строків сівби та передпосівної обробки насіння гречки біопрепаратами на фенологічні показники та розвиток листкового апарату. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 30–38.

Вступ

Гречка посівна (*Fagopyrum esculentum* Moench) є однією з найважливіших круп'яних культур України, що характеризується високою харчовою цінністю зерна та невибагливістю до умов вирощування [1, 2]. За останні шість років площі під гречкою в Україні коливаються в межах від 79,6 тис. га 2025 року до 147,6 тис. га 2023 року [3] з середньою врожайністю 15–18 ц/га, що значно нижче її біологічного потенціалу [4, 5]. Нестабільність виробництва гречки зумовлена як біологічними особливостями культури, зокрема високою чутливістю до температурного режиму та вологозабезпеченості, так і недосконалістю елементів технології вирощування [6].

Строки сівби є одним із визначальних агротехнічних факторів формування продуктивності гречки, оскільки від них залежить співвідношення температурного режиму та вологозабезпеченості у критичні фази розвитку культури [7, 8]. Виявлено, що в умовах стійкого зволоження врожай може змінюватися у 2–3 рази залежно від погодних умов, а в зонах нестійкого зволоження ці коливання можуть досягати 5–6 разів і більше. Навіть при високому рівні інтенсифікації рослинництва несприятливі погодні умови можуть викликати коливання врожайності до 70–80 % [9]. Численні дослідження свідчать, що оптимальні строки сівби гречки варіюють залежно від ґрунтово-кліматичних умов регіону та погодних особливостей року [10]. За результатами багаторічних досліджень встановлено, що висівання гречки в недостатньо прогрійтий ґрунт призводить до зниження польової схожості насіння, зрідження посівів і формування ослаблених рослин, тоді як надмірно пізні строки сівби обмежують тривалість вегетаційного періоду та знижують продуктивність культури внаслідок проходження критичних фаз розвитку в умовах високих температур і дефіциту вологи. У результаті дослідження [11] доведено, що оптимальна температура ґрунту для сівби гречки на глибині загортання насіння (10 см) має становити не менше 10 °С, за умов якої забезпечується дружне проростання насіння протягом 7–9 днів [12].

У контексті сучасних викликів, пов'язаних зі зміною клімату та необхідністю біологізації землеробства, особливої актуальності набуває застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих мікроорганізмів для передпосівної обробки насіння [13, 14]. Використання таких препаратів дозволяє оптимізувати азотне живлення рослин, стимулювати ростові процеси та підвищити стійкість культури до стресових факторів довкілля [15, 16]. За даними досліджень [17], застосування біопрепаратів на основі бактерій родів *Azotobacter* та *Azospirillum* забезпечує приріст врожайності гречки на 5–15 % завдяки активізації процесів біологічної фіксації атмосферного азоту та синтезу фізіологічно активних речовин у ризосферній зоні. Механізми позитивного впливу азотфіксуючих бактерій на рослинний організм є комплексними та включають не лише забезпечення доступним азотом, а й продукцію фітогормонів ауксинової та цитокинінової природи, що безпосередньо стимулюють

процеси клітинного поділу та розтягу в меристематичних тканинах [18, 19].

Фенологічний розвиток і формування листкового апарату є основними показниками, які визначають адаптивний потенціал культури та її продуктивність у конкретних умовах вирощування. Тривалість міжфазних періодів відображає швидкість проходження онтогенетичних процесів та ефективність використання ресурсів довкілля, тоді як параметри листкового апарату безпосередньо визначають фотосинтетичний потенціал посівів та інтенсивність накопичення органічної речовини [20]. Дослідження [17] виявили залежність між формуванням площі листкового апарату рослин гречки та застосуванням біопрепаратів (Діазобактерин, Радостим). З'ясовано, що між формуванням площі листкового апарату та коефіцієнтом морфоструктури існує сильна кореляційна залежність ($r = 0,88$).

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених окремим аспектам технології вирощування гречки, питання комплексного впливу строків сівби та застосування біопрепаратів азотфіксуючої дії на фенологічний розвиток і формування листкового апарату культури в умовах Лівобережного лісостепу України залишаються недостатньо вивченими. Особливої уваги потребує з'ясування механізмів взаємодії дослідних факторів та їх впливу на адаптивні реакції рослин в умовах мінливості температурного режиму та вологозабезпеченості вегетаційного періоду.

Мета дослідження

Мета дослідження – встановити закономірності впливу строків сівби та передпосівної обробки насіння біопрепаратами на фенологічні показники, динаміку наростання надземної вегетативної маси та формування листкового апарату гречки для оптимізації технології її вирощування та підвищення продуктивності культури на основі біологізації землеробства.

Завдання дослідження:

- визначити вплив строків сівби та передпосівної обробки насіння біопрепаратами на дати настання та тривалість міжфазних і вегетаційного періодів;
- оцінити динаміку наростання надземної вегетативної маси рослин на різних стадіях розвитку залежно від строків сівби та впливу передпосівної обробки насіння біопрепаратами;
- визначити площу листкового апарату рослин залежно від строків сівби та передпосівної обробки насіння біопрепаратами.

Матеріали і методи

Дослідження проводили 2025 року на території НВЦ селекції та насінництва польових культур Полтавського державного аграрного університету (ПДАУ). Дослідні поля знаходяться у селі Бричківка Полтавського району, яке розташоване у східно-степовій зоні Полтавської області. Ця зона входить до Південно-східної частини Сумсько-Миргородського

агрогрунтового району Лівобережної лісостепової ґрунтово-кліматичної зони України. Село Бричківка розташоване на відстані 3 км від правого берега річки Ворскла.

Ґрунт на дослідних ділянках – темно-сірий опідзолений, з пилувато-важкосуглинистим механічним складом. Орний шар ґрунту має такі агрохімічні характеристики: рН – 5,7–6,0; сума поглинутих основ – 242–297 мг/екв; гідролітична кислотність – 4,37–9,9 м/екв; ступінь насичення ґрунтів основами – 84–87 %; вміст гумусу – 3,07–3,23 %; вміст рухомого фосфору – 7–10 мг, калію – 12–18 мг.

Дослідження проводили з систематичним розміщенням ділянок у чотирикратній повторності. Загальна площа ділянки складала 160 м², облікової – 100 м². Для вирощування використовували загальноприйнятну технологію, зокрема механізований посів за допомогою сівалки ССФК-7 та ручну працю під час догляду за посівами. Польові досліді розміщували в сівозміні з попередником – пшеницею озимою.

Об'єктом дослідження став сорт гречки Єлена (НДІ круп'яних культур імені О. Алексєєвої Подільського державного університету) з нормою висіву 2,0 млн насінин на гектар [21].

Дослід із вивчення фенологічних показників і формування листкового апарату гречки залежно від строків сівби та застосування біопрепаратів був закладений за такою схемою:

Фактор А – строки сівби: 05 травня; 12 травня.

Фактор В – передпосівна обробка насіння біопрепаратами:

1. Контроль (вода).
2. Азотофіт (0,5 л/т) за 1 год. до сівби.
3. Діазобактерин для гречки (0,2 л/т) за 1 год. до сівби.
4. Азотофіт (0,5 л/т) за 30 хв. + Діазобактерин (0,2 л/т) за 1 год. до сівби.

Біопрепарат Діазобактерин для гречки[®] (рідка форма) застосовували для підвищення врожайності та поліпшення якості зерна. Завдяки наявності біологічно активних сполук він стимулює ріст і розвиток рослин, що сприяє збільшенню абсорбційної здатності коренів і підвищенню коефіцієнтів засвоєння поживних речовин. Препарат також активує фіксацію молекулярного азоту в кореневій зоні рослин. Окрім цього, бактеризовані рослини набувають стійкості до низки захворювань, що позитивно впливає на фітосанітарний стан агроценозів. До складу Діазобактерину входять штами бактерій *Azospirillum brasilense* 18–2 і 410, а титр бактерій складає не менше 2 млрд КУО/г. Препарат виготовлений в Інституті сільськогосподарської мікробіології (Україна) [22].

Азотофіт[®] (рідка форма) – це природний активатор росту рослин, що забезпечує їх біологічним азотом, стимулюючи розвиток вегетативної маси (листя, стебел і суцвіть). Він також має фунгіцидні властивості, пригнічуючи розвиток грибкових захворювань, і відновлює родючість ґрунтів. Препарат покращує врожайність і містить клітини бактерії *Azotobacter chroococcum* (не менше 1,0 x 10⁹ КУО/см³), мікро- та макроелементи, біологічно активні речовини, продукти життєдіяльності бактерій

(ферменти, амінокислоти, вітаміни, фітогормони, фунгіцидні речовини). Виробником препарату є ТОВ «Компанія «БТУ-ЦЕНТР» (Україна) [23].

У рамках досліджень передбачено проведення таких спостережень і вимірювань [24]:

– фенологічні спостереження за фазами розвитку рослин, зокрема: сходи, бутонізація, початок і повне цвітіння, досягання, для визначення дати настання та тривалості міжфазних і вегетаційного періодів. Спостереження здійснювали за допомогою візуального огляду рослин з фіксації дати настання кожної фази відповідно до встановлених фенологічних критеріїв;

– оцінка динаміки наростання надземної вегетативної маси рослин на різних стадіях розвитку: перший листок, бутонізація, цвітіння, побуріння плодів. Для визначення маси надземної частини було зібрано 50 рослин на ділянці, які висушені та зважені для отримання маси в грамах;

– визначення площі листкового апарату рослин на етапах середини цвітіння та середини дозрівання плодів методом «висічок».

Погодні умови вегетаційного періоду гречки характеризувались значною температурною мінливістю та нерівномірним розподілом опадів протягом сезону (рис. 1). У травні була помірна температура повітря та достатнє зволоження, що створювало сприятливі умови для проростання насіння та формування сходів. У червні відбулося підвищення температури на фоні суттєвого зменшення кількості опадів, що дещо обмежувало ростові процеси на етапі формування вегетативної маси, бутонізації та початку цвітіння. Липень був найтеплішим місяцем вегетації, з критично низькою кількістю опадів, що припало на критичні фази цвітіння та початку формування плодів, створюючи стресові умови для репродуктивного розвитку рослин. У серпні температура знизилась при мінімальній кількості опадів, що прискорило процеси побуріння та досягання зерна і забезпечило сприятливі умови для завершення вегетації та збирання врожаю.

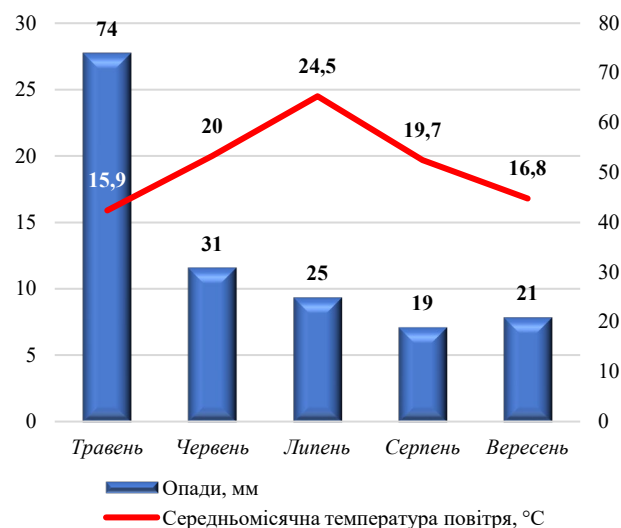


Рис. 1. Динаміка опадів і середньомісячної температури впродовж вегетаційного періоду гречки, 2025 рік

Погодні умови для обох строків сівби суттєво відрізнялись, що мало визначальний вплив на проростання насіння. Перший строк сівби (5 травня) припав на період з температурою вдень 18 °С і вночі 14 °С, що відповідало оптимальним умовам для проростання. Однак зниження температури до 12 °С вдень і 5 °С вночі після 10 травня не сприяло швидкому проростанню, хоча залишалось в межах допустимих значень для гречки. Оподи на початку травня були відсутні, але з 5 по 9 травня випало 37 мм, що забезпечило необхідне зволоження ґрунту для проростання насіння.

Другий строк сівби (12 травня) почався з більш прохолодних умов (16 °С вдень і 3 °С вночі), що було менш сприятливим для початкових етапів росту гречки. Однак із 15 травня температури піднялися до 21–24 °С вдень і 12–14 °С вночі, що перевищувало біологічний мінімум і створювало оптимальні умови для розвитку рослин. Розподіл опадів був менш інтенсивним, порівняно з першою декадою травня (37 мм з 11 травня до кінця місяця), але завдяки збереженим запасам вологи у ґрунті від попередніх дощів, вологи було достатньо для проростання насіння.

Дослідження проводили відповідно до методики наукових досліджень в агрономії [25], методики

Державного сорто випробування сільськогосподарських культур [26], а також відповідно до «Широкого уніфікованого класифікатора роду Гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench.)» [27] і «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [26]. Аналіз отриманих даних проводили за допомогою статистичних методів із застосуванням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Протягом життєвого циклу рослини зазнають зовнішніх змін. Це дає можливість виділяти фенологічні фази, які відповідають періодам вегетативного і генеративного розвитку. Згідно з Методикою проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні [26] виділяють: сходи (початок і повні); цвітіння (початок і повне); побуріння перших плодів (горішків); господарська стиглість.

Фенологічні спостереження за розвитком рослин гречки сорту Єлена демонструють суттєві відмінності у тривалості міжфазних і вегетаційного періодів залежно від строків сівби та застосування біопрепаратів для передпосівної обробки насіння (*табл. 1*).

Таблиця 1

Дата настання та тривалість міжфазних і вегетаційного періодів гречки залежно від варіантів досліду, діб

Фази росту і розвитку	Варіанти досліду							
	Контроль		Азотофіт		Діазобактерин		Азотофіт + Діазобактерин	
	дата	тривалість, діб	дата	тривалість, діб	дата	тривалість, діб	дата	тривалість, діб
Строк сівби 05.05								
Сівба	05.05	-	05.05	-	05.05	-	05.05	-
Сівба – сходи	14.05	9	13.05	8	13.05	8	13.05	8
Сходи – цвітіння	11.06	28	10.06	28	11.06	29	10.06	28
Цвітіння – побуріння	11.07	30	10.07	30	11.07	30	10.07	30
Побуріння – стиглість	02.08	22	01.08	22	02.08	22	31.07	21
Веgetаційний період	02.08	89	01.08	88	02.08	89	31.07	87
Строк сівби 12.05								
Сівба	12.05	-	12.05	-	12.05	-	12.05	-
Сівба – сходи	19.05	7	19.05	7	19.05	7	19.05	7
Сходи – цвітіння	16.06	28	15.06	27	16.06	28	15.06	27
Цвітіння – побуріння	14.07	28	13.07	28	14.07	28	13.07	28
Побуріння – стиглість	02.08	19	01.08	19	02.08	19	31.07	18
Веgetаційний період	02.08	82	01.08	81	02.08	82	31.07	80

За умови першого строку сівби, проведеного 5 травня, тривалість періоду від сівби до появи сходів коливалась від 8 до 9 діб залежно від варіанту обробки. Контрольний варіант без застосування біопрепаратів характеризувався найдовшим періодом проростання – 9 діб, що зумовлено недостатнім прогріванням ґрунту на початку травня.

Застосування біопрепаратів (Азотофіт, Діазобактерин або їх комбінація) сприяло скороченню періоду проростання до 8 діб. Це пояснюється стимулюючим впливом біологічно активних речовин, таких як фітогормони, амінокислоти та вітаміни, що активізують метаболічні процеси в насінні і прискорюють проростання за умови субоптимальних температур. Біопрепарати також інтенсифікують ферментативні

процеси гідролізу запасних речовин насіння та посилюють ростову активність зародка, що дозволяє рослинам долати стресові умови недостатнього прогрівання ґрунту.

Тривалість періоду від сходів до цвітіння за умови раннього строку сівби становила 27–29 діб залежно від варіанту обробки. Контрольний варіант мав тривалість 28 діб, варіант з Діазобактерином – 29 діб, а використання Азотофіту, як окремо, так і в комбінації з Діазобактерином, забезпечило період у 28 діб. Невелика варіабельність цього показника свідчить про стабільність темпів формування вегетативної маси та переходу до генеративної фази при достатніх запасах вологи та оптимальних температурних умовах червня. Застосування Азотофіту оптимізувало

процеси органогенезу завдяки забезпеченню рослин додатковим біологічним азотом на ранніх стадіях розвитку.

Фаза від цвітіння до побуріння плодів тривала 30 діб для всіх варіантів обробки за умови раннього строку сівби. Однакова тривалість цієї фази свідчить, що в умовах оптимального забезпечення вологою та поживними речовинами процеси формування та наливу зерна відбуваються з однаковою інтенсивністю, незалежно від застосування біопрепаратів. Фаза припала на червень-липень, коли температурні умови були найбільш сприятливими для репродуктивного розвитку гречки.

Період від побуріння до повного дозрівання коливався від 21-ї до 23-х діб залежно від варіанту обробки за умови раннього строку сівби. Найкоротший цей період був при комплексній обробці насіння обома біопрепаратами (21 доба), а найдовший – у контрольному варіанті (23 доби). Скорочення фінального етапу досягання під впливом біопрепаратів обумовлене більш інтенсивним накопиченням пластичних речовин у насінні на попередніх етапах розвитку й оптимізацією процесів ремобілізації поживних речовин з вегетативних органів.

Загальна тривалість вегетаційного періоду при сівбі 5 травня коливалася від 87 до 89 діб, що трохи перевищує сортові характеристики гречки Єлена (80–86 діб). Найкоротший період спостерігали за умови комплексної обробки насіння обома біопрепаратами – 85 діб, а найдовший – на контрольному варіанті без обробки, з тривалістю 88 діб. Скорочення вегетаційного періоду на 2–3 доби під впливом біопрепаратів не є критичним і не свідчить про стресовий стан рослин, а навпаки, вказує на оптимізацію ростових процесів і більш ефективне використання ресурсів довкілля.

За умови другого строку сівби, 12 травня, тривалість періоду сівба-сходи становила 7 діб для всіх варіантів обробки, що відповідає біологічним нормам культури за сприятливих температурних умов. Період від сходів до цвітіння для пізнішого строку сівби становив 27–28 діб, що майже збігається з показниками раннього строку. Однак за умови більш сприятливих температур червня рослини формували генеративні органи в оптимальних теплових умовах. Варіанти з використанням біопрепаратів показали тенденцію до скорочення цього періоду на один день порівняно з контролем.

Тривалість фази цвітіння-побуріння за умови другого строку сівби становила 28 діб для всіх варіантів обробки, що на два дні менше порівняно з раннім строком. Це скорочення зумовлене підвищеними температурами другої половини червня та липня, що прискорювало процеси формування та наливу зерна. Однак зменшення тривалості цієї фази в умовах дефіциту опадів у липні (див. *рис. 1*) обмежило повноту реалізації продуктивного потенціалу культури.

Період побуріння-дозрівання скоротився до 18–19 діб, що на 4–5 діб менше порівняно з раннім строком сівби. Це суттєве скорочення зумовлене підвищеними температурами кінця липня та початку

серпня при мінімумі опадів, що прискорювало втрату вологи насінням і його остаточне досягання.

Загальна тривалість вегетаційного періоду за умови другого строку сівби коливалася від 80 до 82 діб, що на 5–6 діб менше порівняно з раннім строком і перебуває в межах сортових характеристик гречки Єлена. Найкоротший період вегетації (80 діб) спостерігали за умови комплексної обробки насіння Азотофітом і Діазобактерином, а найдовший (82 доби) – на контрольному варіанті. Таке скорочення вегетаційного періоду в разі пізнішого строку сівби є типовим для термочутливих культур і пояснюється підвищеними температурами протягом усього періоду вегетації, що прискорює метаболічні процеси й онтогенетичний розвиток рослин.

Аналіз впливу строків сівби (фактор А) на фенологічний розвиток гречки показав суттєву різницю між дослідними варіантами. Ранній строк сівби – 5 травня забезпечив на 7 діб довший вегетаційний період порівняно з пізнішим строком, що створило кращі умови для формування елементів продуктивності на всіх етапах органогенезу. Ця перевага особливо важлива для фаз цвітіння та формування зерна, які у разі раннього строку проходять в умовах оптимального співвідношення температури та вологозабезпеченості. Ранній строк сівби дозволив рослинам максимально використати вологу, накопичену в ґрунті за зимово-весняний період, що критично важливо в умовах недостатнього зволоження в липні та серпні.

Що стосується передпосівної обробки насіння біопрепаратами (фактор В), результати свідчать про позитивний вплив усіх дослідних препаратів на фенологічний розвиток гречки незалежно від строку сівби. Найбільш виражений ефект спостерігали при комплексному застосуванні Азотофіту та Діазобактерину, що призвело до скорочення вегетаційного періоду на 2 дні порівняно з контролем, зберігаючи при цьому необхідну тривалість кожної фази для повноцінного формування врожаю. Використання препаратів окремо також сприяло прискоренню розвитку рослин на 1–2 доби. Синергетичний ефект комбінованої обробки пояснюється комплементарною дією різних груп азотфіксуючих бактерій: *Azotobacter chroococcum* з Азотофіту та *Azospirillum brasilense* з Діазобактерину, які забезпечують рослини біологічним азотом на різних етапах вегетації та в різних зонах кореневої системи.

Динаміка накопичення надземної вегетативної маси рослин гречки протягом вегетаційного періоду є важливим показником ростових процесів і потенційної продуктивності культури. Отримані дані свідчать про значну варіабельність цього показника залежно від строків сівби та застосування біопрепаратів для передпосівної обробки насіння, що відображає різні умови формування фотосинтетичного апарату й інтенсивність метаболічних процесів у рослин (*табл. 2*).

У фазі першого справжнього листка, що є початковим етапом формування асиміляційної поверхні рослин, маса 50 рослин за умови раннього строку сівби на контрольному варіанті становила 42,1 г.

Таблиця 2

Динаміка наростання надземної вегетативної маси гречки залежно від строків сівби та варіантів обробки насіння (маса 50 рослин, г)

Обробка біопрепаратами	Фаза розвитку			
	перший листок	бутонізація	цвітіння	побуріння плодів
Строк сівби 05.05				
Контроль	42,1	104,8	296,5	382,0
Азотофіт	48,4	115,4	372,4	475,6
Діазобактерин	46,2	110,7	353,8	452,7
Азотофіт + Діазобактерин	52,3	131,3	397,6	518,4
Строк сівби 12.05				
Контроль	38,2	96,1	267,5	351,2
Азотофіт	44,3	112,4	336,2	434,9
Діазобактерин	42,7	108,8	324,8	417,3
Азотофіт + Діазобактерин	48,4	123,2	368,4	476,8

Застосування біопрепаратів на цьому етапі демонструвало позитивний ефект: обробка Діазобактерином збільшувала цей показник до 46,2 г, Азотофітом – до 48,4 г, а комплексна обробка обома препаратами забезпечувала максимальний приріст до 52,3 г. Такий приріст біомаси на ранніх стадіях розвитку (9,7–24,2 % порівняно з контролем) свідчить про ефективну мобілізацію поживних речовин насіння й інтенсифікацію органогенезу під впливом біологічно активних речовин препаратів.

За умови другого строку сівби маса рослин у фазі першого листка була дещо нижче порівняно з раннім строком: 38,2 г на контролі та від 42,7 до 48,4 г на варіантах з біопрепаратами. Зменшення біомаси на 7,5–9,3 % порівняно з раннім строком пояснюється швидшими темпами проходження початкових фаз розвитку при вищих температурах, коли рослини формують менший об'єм вегетативних органів за одиницю часу, прагнучи швидше перейти до генеративної фази.

Фаза бутонізації характеризувалася інтенсивним наростанням вегетативної маси, що відображало активний ріст стебла, галушення та формування суцвіть. За умови раннього строку сівби маса 50 рослин на контрольному варіанті досягала 104,8 г, що майже в 2,5 рази перевищує показник фази першого листка. Застосування Діазобактерину збільшувало цей показник до 110,7 г, Азотофіту – до 115,4 г, а комплексна обробка забезпечувала максимальну біомасу на рівні 131,3 г. Приріст відносно контролю становив 5,6–25,3 %, що вказує на посилення ростових процесів під впливом азотфіксуючих мікроорганізмів.

За умови пізнішого строку сівби у фазі бутонізації спостерігали аналогічну тенденцію, проте абсолютні значення біомаси були нижче на 1,7–8,3 % порівняно з раннім строком. Контрольний варіант мав масу 96,1 г, а варіанти з біопрепаратами – від 108,8 до 123,2 г. Зменшення біомаси за умови пізнього строку сівби обумовлене скороченням тривалості вегетативного періоду та менш сприятливими умовами зволоження, оскільки критичні фази розвитку припали на липень-серпень, коли кількість опадів була мінімальною.

Фаза цвітіння є періодом максимального розвитку вегетативних органів перед початком активного формування генеративних структур. За умови раннього строку сівби маса рослин на контролі досягала 296,5 г, що майже втричі перевищувало показник фази бутонізації. Використання біопрепаратів забезпечувало подальше збільшення біомаси: Діазобактерин – до 353,8 г, Азотофіт – до 372,4 г, а комплексна обробка – до 397,6 г. Максимальний приріст відносно контролю становив 34,1 %, що свідчить про ефективне функціонування симбіотичних систем азотфіксації протягом усього періоду вегетативного росту.

За умови другого строку сівби у фазі цвітіння біомаса рослин була помітно нижче, складаючи 267,5 г на контролі та від 324,8 до 368,4 г на варіантах з біопрепаратами. Зменшення біомаси на 7,3–9,8 % порівняно з раннім строком свідчить про менший потенціал формування вегетативної маси через скорочений період вегетації та менш сприятливі умови зволоження під час критичних фаз розвитку.

Фаза побуріння плодів характеризується завершенням формування вегетативних органів і початком процесів ремобілізації поживних речовин з листків і стебел до насіння. За умови раннього строку сівби маса 50 рослин на контрольному варіанті становила 382 г, що на 28,8 % перевищує показник фази цвітіння. Застосування біопрепаратів забезпечувало подальше збільшення біомаси до 452,7–518,4 г, при цьому максимальний ефект спостерігали за умови комплексної обробки, де приріст становив 35,7 % відносно контролю.

За умови пізнього строку сівби у фазі побуріння плодів біомаса рослин становила 351,2 г на контролі та від 417,3 до 476,8 г на варіантах з біопрепаратами. Різниця між строками сівби на цьому етапі досягала 7,8–8,6 %, що свідчить про певне вирівнювання показників до кінця вегетації, хоча абсолютна перевага раннього строку сівби зберігалась на всіх варіантах обробки.

Аналіз динаміки приросту біомаси між фазами розвитку показує періоди найбільш інтенсивного накопичення органічної речовини. За умови обох строків сівби найвищі темпи приросту спостерігали у період від першого листка до бутонізації, коли маса рослин збільшувалась у середньому в 2,5 рази. Період від бутонізації до цвітіння характеризувався приростом у 2,8–3,2 рази, тоді як від цвітіння до побуріння плодів приріст становив лише 30 %, що відображає переорієнтацію метаболізму рослин з вегетативного росту на формування генеративних органів.

Аналіз впливу фактору А (строків сівби) на динаміку наростання вегетативної маси показує безперечну перевагу раннього строку сівби – 5 травня, який забезпечив формування на 7,3–8,8 % більшої біомаси порівняно з пізнім строком на всіх етапах органогенезу. Ця перевага особливо виражена на ранніх фазах розвитку та поступово дещо зменшується до кінця вегетації, однак залишається статистично значущою. Більша біомаса за умови раннього строку сівби зумовлена тривалішим вегетативним періодом, кращим використанням весняних

запасів вологи ґрунту та проходженням критичних фаз розвитку в умовах оптимального співвідношення температури та вологозабезпеченості.

Щодо фактору В (передпосівної обробки насіння біопрепаратами), результати демонструють стійкий позитивний ефект усіх дослідних препаратів на накопичення надземної біомаси протягом усієї вегетації. Діазобактерин забезпечував приріст біомаси в середньому на 17,6 % порівняно з контролем, Азотофіт – на 22,9 %, а комплексна обробка обома препаратами – на 34,1 %. Синергетичний ефект комбінованого застосування препаратів пояснюється різними механізмами дії азотфіксуючих бактерій: ризосферні діазотрофи з Діазобактерину забезпечують азотне живлення безпосередньо в зоні коренів, тоді як азотобактер з Азотофіту додатково синтезує широкий спектр фітогормонів і вітамінів, що комплексно стимулює ростові процеси.

Площа листової поверхні є одним з найважливіших показників продукційного процесу сільськогосподарських культур, оскільки саме листовий апарат виконує функцію фотосинтетичного перетворення сонячної енергії в органічну речовину врожаю. Отримані дані щодо формування асиміляційної поверхні посівів гречки сорту Єлена демонструють значну варіабельність цього показника залежно від строків сівби та застосування біопрепаратів для передпосівної обробки насіння, що відображає різні умови росту та розвитку фотосинтетичного апарату (*табл. 3*).

Таблиця 3

Площа листової поверхні посівів гречки

Варіанти обробки	Площа листя, м ² /га	
	середина цвітіння	середина дозрівання плодів
Строк сівби 05.05		
Контроль	8421	7063
Азотофіт	8856	7492
Діазобактерин	8634	7294
Азотофіт + Діазобактерин	9187	7823
Строк сівби 12.05		
Контроль	7893	6522
Азотофіт	8297	6917
Діазобактерин	8074	6705
Азотофіт + Діазобактерин	8612	7193

У фазі середини цвітіння, коли досягається максимальний розвиток листової поверхні перед її частковою редукацією через переорієнтацію метаболізму на формування генеративних органів, площа листя за умови раннього строку сівби на контрольному варіанті становила 8421 м²/га. Це значення відповідає оптимальним параметрам асиміляційної поверхні для гречки в умовах достатнього зволоження та забезпечує ефективне використання фотосинтетично активної радіації протягом вегетації.

Застосування біопрепаратів при ранньому строку сівби призвело до значного збільшення площі листової поверхні у фазу середини цвітіння. Обробка Діазобактерином забезпечила приріст до 8634 м²/га (на 2,5 % більше за контроль). Використання Азотофіту дало ще більший ефект – площа листя досягла 8856 м²/га, що на 5,2 % більше за контроль.

Максимальний приріст площі спостерігали при комплексній обробці насіння обома біопрепаратами – до 9187 м²/га, що на 9,1 % перевищує контроль.

Такий приріст площі листової поверхні під впливом біопрепаратів пояснюється комплексним стимулюючим впливом азотфіксуючих мікроорганізмів на ріст рослин. Азотобактер з препарату Азотофіт постачає рослини додатковим біологічним азотом, що є важливим елементом для формування вегетативних органів, а також синтезує фітогормони (ауксини і цитокініни), які стимулюють клітинний поділ та розтягу в меристематичних тканинах листя. Ризосферні діазотрофи з Діазобактерину покращують азотне живлення рослин у критичні фази формування листового апарату та підвищують ефективність засвоєння інших елементів завдяки поліпшеній абсорбційній здатності кореневої системи.

При пізнішому строку сівби (12 травня) площа листової поверхні у фазі середини цвітіння була значно менше порівняно з раннім строком у всіх варіантах. Контрольний варіант мав площу 7893 м²/га, що на 6,3 % менше, ніж за умови раннього строку сівби. Використання біопрепаратів сприяло збільшенню цього показника: Діазобактерин – до 8074 м²/га, Азотофіт – до 8297 м²/га, а комплексна обробка – до 8612 м²/га. Приріст щодо контролю становив 2,3 %, 5,1 % та 9,1 % відповідно, що підтверджує ефективність біопрепаратів і за умови пізнього строку сівби, хоча площа листя залишалася меншою, ніж у разі раннього строку.

Зменшення площі листової поверхні при пізньому строку сівби зумовлене кількома факторами. По-перше, скорочення тривалості вегетаційного періоду на 7 днів обмежило час для формування листового апарату, особливо на ранніх етапах органогенезу. По-друге, підвищення температури у другій половині травня та червня прискорило розвиток рослин, що призвело до швидшого переходу до генеративної фази при меншій площі асиміляційної поверхні. По-третє, дефіцит вологи в липні обмежив ростові процеси та знизив інтенсивність формування нових листків.

У фазі середини дозрівання плодів площа листової поверхні закономірно зменшилась через старіння та відмирання нижніх ярусів листя, а також ремобілізацію поживних речовин до насіння. За умови раннього строку сівби на контрольному варіанті площа листя становила 7063 м²/га, що на 16,1 % менше порівняно з фазою цвітіння. Варіанти з біопрепаратами демонстрували аналогічну тенденцію до редукації листової поверхні, але зберігали перевагу над контролем: Діазобактерин – 7294 м²/га, Азотофіт – 7492 м²/га, а комплексна обробка – 7823 м²/га.

Темпи зменшення площі листя від цвітіння до дозрівання були дещо нижче на варіантах з біопрепаратами: при обробці Діазобактерином площа зменшилась на 15,5 %, Азотофітом – на 15,4 %, а у разі комплексної обробки – на 14,8 %. Це свідчить про підвищення стійкості рослин до стресових факторів і подовження періоду активного функціонування фотосинтетичного апарату, що сприяє кращому накопиченню пластичних речовин у насінні.

За умови пізнішого строку сівби у фазі середини дозрівання площа листкової поверхні на контролі становила 6522 м²/га, що на 17,3 % менше порівняно з раннім строком. Варіанти з біопрепаратами мали площу листя від 6705 до 7193 м²/га, з приростом відносно контролю від 2,8 % до 10,3 %. Темпи зменшення площі листкової поверхні за умови пізнього строку сівби були дещо вищими: ~17 % та 16,6 % у разі використання препаратів Діазобактерин і Азотофіт, мінімум – 16,5 % у разі комплексної обробки, що відображає більш швидке старіння рослин при підвищених температурах у другій половині вегетації.

Аналіз співвідношення площі листкової поверхні між фазами цвітіння та дозрівання дозволило оцінити ефективність асиміляційного апарату у критичний період формування врожаю. За умови раннього строку сівби збереження 83,9–85,2 % площі листя у фазі дозрівання забезпечило тривале надходження асимілятів до насіння та сприяло формуванню високоякісного зерна з оптимальним хімічним складом. За умови пізнього строку сівби збереження листкової поверхні на рівні 82,7–83,5 % обмежило потенціал накопичення врожаю через більш швидку редукцію асиміляційної поверхні.

Аналіз впливу фактора А (строку сівби) на формування листкового апарату гречки однозначно вказує на перевагу раннього строку (5 травня), який забезпечив на 6,7–8,5 % більшу площу асиміляційної поверхні порівняно з пізнім строком на обох дослідних фазах розвитку. Це зумовлено більш тривалим періодом формування листя, кращими умовами зволоження на ранніх етапах органогенезу й оптимальним температурним режимом у критичні фази розвитку. Більша площа листкової поверхні за умови раннього строку сприяла підвищенню фотосинтетичного потенціалу посівів і накопиченню більшої кількості органічних речовин у врожаї.

Щодо фактора В (передпосівна обробка насіння біопрепаратами), результати показують стабільно позитивний ефект усіх дослідних препаратів на формування асиміляційної поверхні незалежно від строку сівби та фази розвитку. Діазобактерин забезпечив приріст площі листя на 2,7 %, Азотофіт – на 5,6 %, а комплексна обробка обома препаратами – на 9,8 % порівняно з контролем. Синергетичний ефект комбінованого застосування препаратів проявився у створенні оптимальних умов азотного живлення рослин протягом вегетації, що є критичним для формування потужного листкового апарату. Додаткове виробництво фітогормонів і вітамінів азотфіксуючими бактеріями посилило ростові процеси та сприяло утворенню більшої кількості листків з оптимальними розмірами листкових пластинок.

Отже, поєднання раннього строку сівби з комплексною обробкою насіння біопрепаратами створило умови для максимального розвитку гречки. Це сприяло підвищенню фотосинтетичного потенціалу посівів і зменшенню вегетаційного періоду, що, своєю чергою, дозволило рослинам використовувати поживні речовини та ресурси доквілля ефективніше.

Висновки

Результати дослідження підтверджують, що строки сівби як агротехнічний фактор мали значний вплив на всі показники росту та розвитку гречки, а передпосівна обробка насіння біопрепаратами стабільно позитивно впливала на всі показники незалежно від строку сівби. За умови раннього строку сівби гречки (5 травня) відбулося значне покращення основних показників росту та розвитку рослин, зокрема збільшення площі листкової поверхні на 6,7–8,5 % та накопичення надземної біомаси на 7,3–8,8 %. Також він забезпечив оптимальну тривалість вегетаційного періоду (87–89 діб), що на 7 діб перевищило показники пізнього строку сівби.

Використання для передпосівної обробки насіння біопрепаратів Діазобактерин і Азотофіт забезпечило активізацію біологічної фіксації азоту, що сприяло покращенню азотного живлення рослин і ростових процесів. Застосування Діазобактерину забезпечило приріст наростання надземної вегетативної маси на 17,6 % та площі листкової поверхні на 1,4 % порівняно з контролем, тоді як застосування Азотофіту відповідно – 19,8 % і 5,6 %. Найбільш ефективним виявилось комплексне застосування обох біопрепаратів Азотофіту та Діазобактерину для передпосівної обробки насіння, яке забезпечило синергетичний ефект з приростом відповідних показників на 34,1 % та 9,8 %.

Отже, оптимізація строку сівби та застосування біопрепаратів є важливими агротехнічними заходами для підвищення продуктивності гречки, що особливо актуально в умовах кліматичних змін та необхідності біологізації землеробства.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовано на вивчення впливу цих факторів на ростові процеси рослин гречки.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Alekseeva, O. S., Taranenko, L. K., & Malyna, M. M. (2004). *Henetyka, selektsiia i nasimnytstvo hrechky*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian]
2. Shevchuk, V. (2025). Buckwheat as a strategic crop in the context of climate change, agroecological sustainability, and food security. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 112–119. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.17>
3. Basanets, O. (2025). Ploshchi pid hrechkoiu v 2025 rotsi znyzylys popry prohnozy. *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/20967-ploshchi-pid-grechkoiu-v-2025-rotsi-znizilis-popri-prohnozi> [in Ukrainian]
4. Srednia vrozhaunist hrechky po Ukraini ne perevyshchuie 1,3 t/ha. (2020). *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/11637-serednya-vrojainist-grechki-po-ukrayini-ne-perevischuie-13-t-ga>
5. V 2024 rotsi naivyshcha srednia vrozhaunist hrechky 3,6 t/ha, prosa – 3 t/ha. (2024). *SuperAgronom*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/19878-v-2024-rotsi-navyischa-serednya-vrojainist-grechki-36-t-ga-prosa--3-t-ga> [in Ukrainian]

6. Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. (2022). Vliv ryrodno-klimatychnykh umov na urozhaisty i adaptyvnyh hrechky. T.O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalykh ekosystem* : kolektyvna monohrafiia. (s. 159–165). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
7. Valenzuela, H., & Smith, J. (2002). Buckwheat. *Sustainable Agriculture*. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/10125/12734>
8. Averchev, O. V., Yosypenko, I. V., & Nikitenko, M. P. (2023). The influence of sowing time on the productivity of buckwheat varieties in southern Ukraine. *Agrarian Innovations*, 22, 7–14. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.1>
9. Averchev, O. V., Averchev, Yu. V., & Bilozhko, V. Ia. (2001). Rist, rozvytok i produktyvnyh hrechky v zalezhnosti vid strokiv, sposobiv i normy vysivu nasinnia. *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoj Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 53, 61–67. [in Ukrainian]
10. Ulianchenko, M. S. (2018). The influence of the timing of planting on the productivity of buckwheat. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 166–171. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.28>
11. Mashchenko, Yu., Semeniaka, I., Haidenko, O., & Mashchenko, S. (2017). Optymalni stroky sivy hrechky daiut stali vrozhai. Retrieved from: *Ahronomiia Sohodni*. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/798-optymalni-stroky-sivy-hrechky-daiut-stali-vrozhai.html> [in Ukrainian]
12. Osoblyvosti vyroshchuvannia hrechky v umovakh 2020 roku. *Agronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-vyroshchuvannia-grechky-v-umovah-2020-roku/> [in Ukrainian]
13. Tryhub, O. V., Liashenko, V. V., & Chaika, T. O. (2022). Hrechka yak vazhlyvyi skladnyk ekolohoorientovanykh pidkhodiv do zberezhenntia i rozvytku ahroekosystem. T.O. Chaika (Red.), *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohenko zabrudnennykh terytorii i stvorennia stalykh ekosystem* : kolektyvna monohrafiia. (s. 73–85). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
14. Tryhub, O. V., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., Chaika, T. O., Lytovko, R. O., & Bozhko, V. I. (2023). The effect of sown areas' treatment with micro-fertilizers on yield and technological parameters of buckwheat varieties. *Taurian Scientific Herald*, 134, 178–184. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.23>
15. Volkogon, V. (2018). Agricultural microbiology in Ukraine: achievements, problems, prospects. *Bulletin of Agricultural Science*, 96 (11), 20–27. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-03>
16. Lemishko, S. M., Chernykh, S. A., & Yarchuk, I. I. (2022). Increasing the manifestation of the effect of symbiotic nitrogen fixation of peas and the productivity of crops using growth regulators, preparations of nitrogen-fixing bacteria, and organic biostimulators in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 15, 47–52. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.7>
17. Datsenko, A. A. (2016). Fiziolohichne obgruntuvannia zastosuvannia biolohichnykh preparativ u tekhnolohii vyroshchuvannia hrechky v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy / *Candidate's thesis*. Umanskyi natsionalnyi universytet sadivnytstva, Uman [in Ukrainian]
18. Kots, S. Ya. (2021). Biological nitrogen fixation: achievements and prospects. *Plant Physiology and Genetics*, 53 (2), 128–159. <https://doi.org/10.15407/frg2021.02.128>
19. Kordulyan, R., Kordulyan, Yu., & Solomiichuk, M. (2020). The influence of the bacteria genus *Azotobacter chroococcum* on the growth and development of agricultural crops in the west-Ukrainian foreststeppe province. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 67 (II), 124–138. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-8)
20. Tryhub, O. V., & Liashenko, V. V. (2019). The dependence of the phases' duration of buckwheat growing period on the environmental weather-climatic factors. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 94–107. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.11>
21. Nasinnia hrechky Yelena. (n.d). *Ahrarna Platforma*. Retrieved from: <https://aoplatforma.com/shop/seeds/grechka/jelena#country-of-production:ukraina-1/fasuvannya:1-t> [in Ukrainian]
22. Diazobakteryn dlia hrechky. (n.d). *Instytut silskohospodarskoj mikrobiolohii ta ahropromyslovoho vyrobnytstva NAAN*. Retrieved from: <https://ismav.com.ua/produkcija/biopreparati-dlya-roslinnictva/diazobakterin-grechka/> [in Ukrainian]
23. Azotofit biopreparat. (n.d). *Zhyva Zemlia*. Retrieved from: <https://zhyvazemlia.com.ua/td0034144-azotof-t-azotofit-ks-sc-b-oreparat-fasuvannya-0-51-ua> [in Ukrainian]
24. Hrytsaienko, Z., M., Hrytsaienko, A., O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslin i gruntiv*. Kyiv: ZAT «NICH LAVA» [in Ukrainian]
25. Didora, V. H., Smahlii, O. F., & Ermantraut, E. R. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii : navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Tsentri uchbovoi literatury [in Ukrainian]
26. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzny sortiv roslin hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrenntia v Ukraini*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
27. Tryhub, O. V., Kharchenko, Yu. V., Riabchun, V. K., Hryhorashchenko, L. V., & Dokukina, K. I. (2013). *Shyrokyy unifikovanyi klasyfikator rodu Hrechky (Fagopyrum Mill.)*. Kremenichuk: Khrystyianska Zoria [in Ukrainian]

ORCID

V. Shevchuk 

<https://orcid.org/0009-0004-6320-2985>



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

The impact of biostimulants on symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity, and yield of field pea (*Pisum sativum* L.)

V. Liashenko[✉] | A. Prymak

Article info

Citation: Liashenko, V., & Prymak, A. (2025). The impact of biostimulants on symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity, and yield of field pea (*Pisum sativum* L.). *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 39–46. doi: 10.31210/spi2025.28.04.05

Correspondence Author

V. Liashenko

E-mail:

viktor.liashenko@ukr.net

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

The growing need for environmentally sustainable methods to improve the productivity of leguminous crops, particularly in the context of climate change and fluctuating agro-climatic conditions, highlights the significance of studying the effects of biostimulants on pea yield. A research study conducted during 2024–2025 in the Poltava region, using the Haiduk variety of peas and bioproducts such as Algreen, Potassium Humate 'Nitrogumat Euro', Emistim C, and Rizolain Legumes (liquid form), yielded notably positive outcomes. The highest symbiotic activity was observed with the application of Rizolain, where the number of nodules at the flowering stage reached 48.4 per plant, representing a 61.3% increase compared to the control. Other biostimulants also significantly enhanced nitrogen fixation, with nodules increasing by 32.0–47.3%. The leaf area of peas was consistently larger across all growth stages in treatments involving biostimulants, showing increases ranging from 25.5% to 43.7%, with the greatest expansion observed with Rizolain treatment. Biostimulants were found to slow down leaf senescence and support high photosynthetic activity, even during the later growth phases of the plants. The impact of biostimulants on the yield structure was evident through increases in plant density (by 8.4–19.6%), numbers of pods per plant (by 22.6–41.9%), numbers of seeds per plant (by 15.2–34.8%), and seed weight per plant (by 11.6–29.3%), with the highest results achieved using Rizolain. Consequently, the use of biostimulants resulted in a yield increase of 17.0–28.0% under varying climatic conditions. Further analysis revealed a close relationship between the symbiotic nitrogen fixation activity and the development of the photosynthetic apparatus. The increase in nodule numbers, particularly in Rizolain-treated plants, was correlated with a larger leaf area and sustained high photosynthetic activity throughout the growing season. This combination enabled the plants to more efficiently utilize nitrogen, ensuring consistent growth and development, which ultimately contributed to a substantial yield increase.

Keywords: symbiosis, nodules, growth stages, climatic conditions, leaf area, yield structure components.

Вплив біостимуляторів на симбіотичну азотфіксацію, фотосинтетичну активність і врожайність гороху посівного (*Pisum sativum* L.)

В. В. Ляшенко | А. О. Примак

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Щоразу вищий попит на екологічно безпечні методи підвищення продуктивності бобових культур, особливо в умовах кліматичних змін і нестабільних агрокліматичних чинників, актуалізує дослідження впливу біостимуляторів на продуктивність гороху. Дослідження, проведене 2024–2025 років у Полтавській області на горосі сорту Гайдук із застосуванням біопрепаратів Алгрін, Гумат калію «Нитрогумат Євро», Емістим С та Різолайн-р Бобові, продемонструвало суттєві позитивні результати. Найвищий рівень активності симбіотичного апарату було досягнуто за умови використання препарату Різолайн, де кількість бульбочок у фазу цвітіння сягнула 48,4 шт./рослину, що на 61,3 % перевищує контрольний показник. Вплив інших біостимуляторів також позитивно позначився на процесі азотфіксації, збільшивши кількість бульбочок на 32,0–47,3 %. Площа листкової поверхні гороху на всіх етапах органогенезу була вищою у варіантах із застосуванням біостимуляторів порівняно з контролем, демонструючи зростання на 25,5–43,7 %. Максимальне значення зафіксовано за обробки Різолайном. Біостимулятори сприяли уповільненню старіння листків і підтриманню високої фотосинтетичної активності навіть на пізніх етапах розвитку рослин. Вплив біостимуляторів на структуру врожайності гороху проявився у підвищенні густоти стояння рослин (на 8,4–19,6 %), збільшенні кількості бобів на рослину (на 22,6–41,9 %), кількості насіння на рослину (на 15,2–34,8 %) та маси насіння з однієї рослини (на 11,6–29,3 %). Найвищі показники отримано при застосуванні Різолайну. Отже, використання біостимуляторів забезпечило зростання врожайності гороху на 17,0–28,0 % в умовах нестабільного клімату. Аналіз виявив тісний зв'язок активності симбіотичної азотфіксації з розвитком фотосинтетичного апарату. Збільшення кількості бульбочок, особливо у варіанті з Різолайном, корелювало з більшою площею листкової поверхні та збереженням високої фотосинтетичної активності впродовж вегетаційного періоду. Це дозволило рослинам ефективно засвоювати азот, забезпечуючи стабільний ріст і розвиток, що, зрештою, призвело до суттєвого підвищення врожайності.

Ключові слова: симбіоз, бульбочки, фази розвитку, погодні умови, площа листкової поверхні, елементи структури врожаю.

Бібліографічний опис для цитування: Ляшенко В. В., Примак А. О. Вплив біостимуляторів на симбіотичну азотфіксацію, фотосинтетичну активність і врожайність гороху посівного (*Pisum sativum* L.). *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 39–46.

Вступ

Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасного рослинництва є оптимізація технологічних підходів щодо вирощування зернобобових культур, зокрема гороху посівного (*Pisum sativum* L.), який відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та підтриманні родючості ґрунтів. Горох має високий рівень білка в зерні, здатність до біологічної фіксації атмосферного азоту та позитивний вплив на ґрунтову родючість як попередник у сівозмінах [1, 2]. Проте реалізація біологічного потенціалу цієї культури часто обмежується несприятливими кліматичними умовами, недостатньою ефективністю симбіотичної азотфіксації та недосконалістю агро-технологій [3].

Формування високопродуктивних агроценозів гороху безпосередньо залежить від активності мікробіологічних процесів у ризосфері. Створення здорової мікрофлори в зоні кореневої системи стає можливим завдяки використанню препаратів на основі азотфіксуючих бактерій і регуляторів росту, які сприяють активізації біологічних процесів у рослині, підвищують проникність клітинних мембран і стимулюють утворення та функціонування корневих бульбочок [4]. Ефективність симбіотичних відносин між бобовими культурами та бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* є основним фактором, що визначає азотне живлення та загальну продуктивність рослини [5].

Для забезпечення реалізації генетичного потенціалу гороху на максимальному рівні необхідний комплексний підхід, що передбачає використання природних і синтетичних регуляторів росту з ефектом, схожим на дію фітогормонів, а також біопрепаратів, що містять азотфіксуючі та фосформобілізуючі мікроорганізми, фізіологічно активні речовини і біологічні засоби захисту рослин [6]. Застосування біостимуляторів, що містять активні речовини з багатоплановою дією, сприяє утворенню високої концентрації клітин з активними штамами бульбочкових бактерій у кореневій зоні. За оптимальних ґрунтових умов, таких як належна вологість і достатній рівень поживних елементів, а також правильної густоти стояння рослин, це сприяє інтенсифікації біологічної фіксації атмосферного азоту та покращенню фотосинтетичних процесів [7].

Біопрепарати стимулюють проростання насіння, активізують ріст і розвиток рослин, підвищують вміст вуглеводів, амінокислот і мінеральних елементів, зміцнюють імунітет рослин, що загалом сприяє зростанню продуктивності [7]. Використання екологічно безпечних препаратів активує фізіологічні й біохімічні процеси в органах рослин, сприяє прискоренню фаз цвітіння та досягання, що підвищує врожайність і позитивно впливає на ґрунтову мікрофлору, даючи можливість рослинам досягти більшого потенціалу [8]. З огляду на щораз більшу вартість мінеральних добрив, використання азотфіксуючих мікроорганізмів стає альтернативним методом забезпечення рослин азотом, що дозволяє здійснювати біологічне зв'язування молекуляр-

ного азоту з атмосфери та перетворювати його в доступні для рослин форми [9].

Ефективність симбіотичної азотфіксації залежить від забезпечення рослин азотним живленням на ранніх етапах розвитку й інтенсивного синтезу та функціонування ферментного нітрогеназного комплексу, основною функцією якого є біологічне зв'язування молекулярного азоту [10]. Бульбочкові бактерії здатні фіксувати атмосферний азот, однак період їх активної діяльності обмежується періодом від утворення справжніх листків до настання цвітіння рослини [11]. У більш пізні фази розвитку, коли зменшується надходження поживних речовин до коренів, бульбочкові бактерії змінюють морфологію та процес фіксації молекулярного азоту призупиняється [12]. Фаза цвітіння є переломною для життєдіяльності бульбочкових бактерій і симбіотичної системи загалом [13].

Візуально активна азотфіксація на коренях бобових культур проявляється рожевим забарвленням тканин бульбочок, що пов'язане з утворенням специфічного ферменту нітрогенази та пігменту легемоглобіну [14]. Біологічна фіксація відбувається за допомогою зв'язування інертної молекули азоту з перетворенням її в азотні сполуки, що стають доступними рослинам [15, 16]. При проростанні насіння бобових культур спостерігається виведення ексудатів (біологічно активних речовин), які модифікують властивості бульбочкових бактерій і сприяють формуванню симбіотичної взаємодії [12, 17, 18]. У процесі симбіозу здійснюється інфікування коренів ризобіями, формування корневих бульбочок та інфекційних ниток, що призводить до зміни вірулентності та конкурентоспроможності бактерій [19].

Інтенсивність симбіотичної азотфіксації детермінується комплексом чинників, серед яких найбільш впливовими є такі ґрунтові показники: аерація, рівень рН, вологість, температурний режим, вміст рухомих форм азоту, калію, фосфору, наявність мікроелементів [20]. Встановлено пряму залежність між урожайністю гороху та кількістю бульбочок на коренях, ступенем їх розвитку й азотфіксуючою активністю [13]. Сучасні регулятори росту нового покоління мають здатність підвищувати стійкість гороху до стресових факторів середовища [21], що особливо актуально в контексті кліматичних змін.

Застосування факторів інтенсифікації (препаратів азотфіксуючих бактерій, регуляторів росту й органічних біостимуляторів) у технологіях вирощування гороху поліпшує бобово-ризобіальний симбіоз, який забезпечує більш повне постачання рослин біологічним азотом і призводить до зростання продуктивності зерна на 15–25 %, що на сьогодні є одним з найбільш ефективних методів для створення високопродуктивних агроценозів у сучасному аграрному виробництві [22–24].

Мета дослідження

Мета дослідження полягає в оцінці впливу біостимуляторів на симбіотичну азотфіксацію, фотосинтетичну активність і продуктивність гороху

посівного за умов агротехнічних і кліматичних чинників Полтавської області.

Завдання дослідження:

- вивчити вплив застосування біостимуляторів на кількість і активність бульбочок на коренях гороху в різні фази розвитку;
- оцінити ефект біостимуляторів на фотосинтетичну активність рослин, зокрема на площу листкової поверхні й інтенсивність фотосинтезу;
- визначити вплив біостимуляторів на основні показники структури врожаю гороху (густоту стояння, кількість бобів і зерен на рослину, масу зерна з рослини);
- оцінити ефективність застосування біостимуляторів для підвищення врожайності гороху у разі змінних погодних умов 2024–2025 років;
- проаналізувати взаємозв'язок між активністю симбіотичної азотфіксації та фотосинтетичною продуктивністю гороху.

Матеріали і методи

Польові дослідження проводили 2024–2025 років на ділянках ТОВ «Агроперемога» у Миргородському районі Полтавської області. Ґрунт ділянки – чорнозем типовий середньосуглинковий, з вмістом гумусу 3,4 %.

Агрохімічні показники ґрунту: лужногідролізований азот – 130,8 мг/кг (метод Корнфілда), рухомий фосфор – 82,0 мг/кг (метод Чирикова), обмінний калій – 136,2 мг/кг (метод Чирикова). Реакція ґрунту – слабкокисло (рН 6,9 у розчині хлористого калію).

Об'єкт дослідження – горох посівний сорту Гайдук (оригінація – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України), який відзначається високою адаптивністю та стабільною врожайністю.

Агротехнічні заходи включали основний і передпосівний обробіток ґрунту. Після збирання попередника проведено лушення стерні (глибина 6–8 см) для порушення спокою бур'янів та їх подальшого знищення. Зяблева оранка здійснена на глибину 20–25 см для накопичення вологи. Ранньовесняне боронування виконано з метою збереження вологи та вирівнювання поверхневого шару ґрунту, тоді як передпосівна культивування проведена вже перед сівбою (глибина 8–10 см).

Система удобрення враховувала біологічні особливості гороху. Азотні добрива застосовано лише для стартового росту до встановлення ефективного симбіозу. Фосфорні з калійними добривами внесено під зяблеву оранку в нормі 60 кг/га діючої речовини фосфору та 90 кг/га калію. Мікроелементні добрива (бор і молібден) застосовано для стимулювання функціонування бобово-ризобіального симбіозу.

Горох висіяно після ячменю ярого у першій декаді березня суцільним рядковим способом, використовуючи стрічкову схему з відстанями між стрічками 50 см і між рядками в стрічці 15 см. Норма висіву – 1,2 млн шт./га на глибину загортання – 4–6 см залежно від вологості.

Захист посівів включав профілактичні й активні заходи. Перед сівбою насіння оброблено протруйни-

ком Вітавакс 200 ФФ (2,5 л/т). Для контролю злакових та однорічних бур'янів застосовано гербіцид Дуал Голд (1,6 л/га), для боротьби з бульбочковими довгоносиками – інсектицид Карате Зеон (0,125 л/га) у фазу сходів, а для боротьби з гороховою плодояркою – повторну обробку у фазу бутонізації.

Дослід проведено методом рендомізованих повторень із чотириразовою повторністю. Площа дослідної ділянки становила 500 м², облікова площа кожної ділянки – 100 м².

Схема досліду передбачала вивчення п'яти варіантів застосування біостимуляторів, що наведені у **таблиці 1**.

Таблиця 1

Схема польового досліду з вивчення впливу біостимуляторів на продуктивність гороху посівного

Біопрепарат	Передпосівна обробка насіння	Позакоренева обробка у фазу 5–6 прилистків (ВВСН 15–16)	Позакоренева обробка у фазу бутонізації (ВВСН 51–61)
Контроль	вода	вода	вода
Альгрін	0,8 л/т	1,5 л/га	1,5 л/га
Гумат калію «Нітрогумат Євро»	1,0 кг/т (напівсухий спосіб)	1,0 л/га	1,0 л/га
Емістим С	10–20 мл/т	1 мл/10 л води на 1 сотку	1 мл/10 л води на 1 сотку
Різолан-р Бобові	2–3 мл/т	0,2–0,3 л/га	0,2–0,3 л/га

Альгрін[®] (LEILI, Китай) – біостимулятор з екстрактом морських водоростей у складі, що містить полісахариди (альгінат натрію/калію, ламінарин), маннітол, фітогормони (ауксини, цитокиніни), вітаміни В, С, Е, а також мікроелементи: Мо > 2,6 г/л, В ~ 5 г/л, S ~ 50 г/л, MgO ~ 60 г/л, N ~ 60 г/л [25].

Гумат калію «Нітрогумат Євро»[®] (НІК «Екологія», Україна) – містить гумінові та фульвові кислоти (115–150 г/л), мікроелементи (Са, К, Mg, N, P) та хелатовані мікроелементи (В, Ва, Со, Сu, Fe, Mn, Мо, Ni, S, Si, Zn), карбонові кислоти, оксидетілдендифосфонову кислоту, амінокислоти, фітогормони [26].

Емістим С[®] (ДП МНТЦ «Агробіотех», Україна) – біостимулятор, що містить комплекс біологічно активних сполук, отриманих з продуктів життєдіяльності грибів-мікроміцетів (1 г/л), включаючи насичені та ненасичені жирні кислоти (С14–С28), полісахариди, 15 амінокислот, фітогормони цитокінінової й ауксинової природи [27].

Різолан-р Бобові[®] (ТОВ «БТУ «ЦЕНТР», Україна) – концентрат клітин бульбочкових бактерій *Rhizobium leguminosarum*, що симбіотують з горохом (титр не менше $(2,0–6,0) \times 10^9$ КУО/см³), мікро- та макроелементи, біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій (вітаміни, гетероауксини, гібереліни тощо) [28].

Оцінку ефективності симбіотичної азотфіксації проводили за кількістю бульбочок на коренях рослин гороху у п'яти фазах розвитку за шкалою ВВСН: 12–13 (два-три справжні листки), 15–16 (п'ять-шість справжніх прилистків), 51–61 (бутонізація), 65–71 (цвітіння), 71–79 (наливання зерна). Для обліку

вибирали по десять рослин на кожній ділянці, кореневу систему обережно відмивали від ґрунту, підраховували кількість і масу бульбочок, оцінювали їх активність за забарвленням (леггемоглобін). Також визначали розподіл бульбочок на коренях.

Площу листової поверхні рослин вимірювали у ті ж фази розвитку, застосовуючи метод висічок. З кожного листка зрізали три круглі висічки, які сушили та зважували. Площу листової поверхні рослини розраховували за формулою маси висушених листків до маси висічок. Загальну площу листової поверхні на гектар розраховували множенням середньої площі на густоту стояння рослин.

Елементи структури врожаю визначали в фазу повної стиглості. Для цього обирали два облікових майданчики по 0,5 м² кожен, підраховували густоту стояння, кількість бобів і зерен на рослині. Масу зерен зважували, визначали кількість зерен в одному бобі. Фактичну врожайність визначали методом суцільного обмолоту з огляду на стандартну вологість зерна (14 %).

Дані гідротермічних умов, що сформувалися в роки проведення досліджень, представлені на **рисунку 1**. Вегетаційний період гороху тривав з 10 березня (посів) до 9 липня (збирання врожаю).

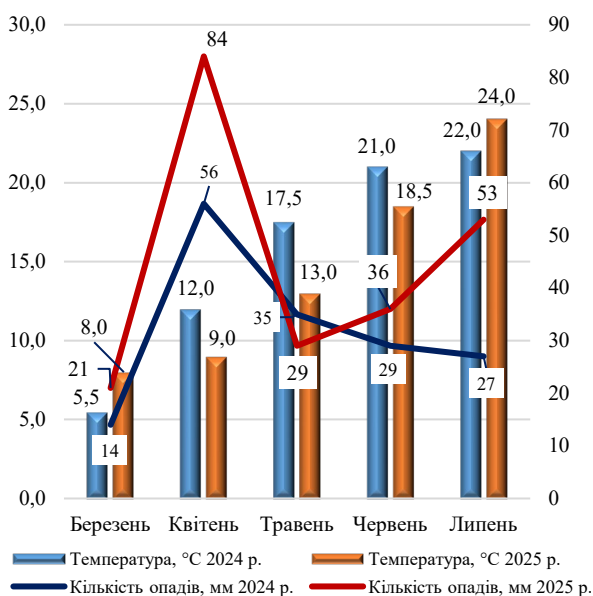


Рис. 1. Динаміка опадів і середньомісячної температури повітря впродовж вегетаційного періоду гороху, 2024–2025 рр.

Як видно з наведених даних, середньомісячна температура повітря впродовж вегетаційного періоду була оптимальною для гороху, залишаючись стабільною за роки досліджень з варіацією в межах 20–21 °C. Водночас розподіл опадів протягом вегетації був нерівномірним у різні роки. Найсприятливіші умови для рослин як з точки зору температури, так і опадів, спостерігали 2025 року.

Середньомісячна температура повітря впродовж вегетації гороху 2025 року становила 21 °C, що на

3,8 °C перевищує багаторічну норму. При цьому загальний обсяг опадів за цей період досяг 223 мм, що на 23,9 % більше від нормативного рівня. Вегетація гороху 2024 року супроводжувалася меншою кількістю опадів і їх нерівномірним розподілом. У березні, під час сівби, опадів було мало, однак у червні та липні, під час цвітіння і формування бобів, їх кількість була достатньою для стандартного розвитку рослин. Упродовж всього вегетаційного періоду 2024 р. сума опадів склала 161 мм, що менше на 17,0 % за середню багаторічну норму.

Погодні умови у критичний період розвитку – від початку формування бобів до їх дозрівання (червень–липень) – мають найбільший вплив на врожайність гороху. 2025 року цей період припав на фазу високих температур (25–29 °C) та дефіцит опадів, що призвело до передчасного відмирання листя та прискореного формування бобів. Отже, найбільш сприятливими для високого врожаю гороху польового сорту Гайдук були погодні умови 2025 р.

Дослідження виконували згідно з методичними рекомендаціями для наукових агрономічних досліджень [29], а також відповідно до методик Державного сорто випробування сільськогосподарських культур та експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних і зернобобових щодо їх придатності до поширення в Україні [30]. Обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою статистичних методів із використанням програми Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Ефективність симбіотичної азотфіксації в посівах гороху визначається кількістю й активністю бульбочок на коренях рослин. Для формування високопродуктивних посівів оптимальна кількість бульбочок становить 25–50 шт./рослину, що забезпечує 70–75 % потреби культури в азоті через біологічну фіксацію [31]. Застосування біостимуляторів суттєво впливає на утворення бульбочок, їхній розподіл у кореневій системі та тривалість функціонування симбіотичного апарату [4].

Результати досліджень показали, що біостимулятори здійснюють стимулювальний ефект на утворення бульбочок (**рис. 2**). Динаміка формування симбіотичного апарату характеризувалася збільшенням кількості бульбочок до максимальної симбіотичної активності, з подальшим зниженням в кінцевій фазі вегетації.

У фазу бутонізації (ВВСН 51–61) спостерігали подальше збільшення кількості бульбочок у варіантах з біостимуляторами, тоді як на контрольному варіанті кількість бульбочок незначно знижувалася. Найбільше значення – 39 шт./рослину – зафіксовано при використанні Різотайна, що майже вдвічі перевищувало контроль (20,1 шт./рослину). На варіанті з Альгріном кількість бульбочок склала 30,1 шт./рослину, що на 50 % більше, ніж на контролі.

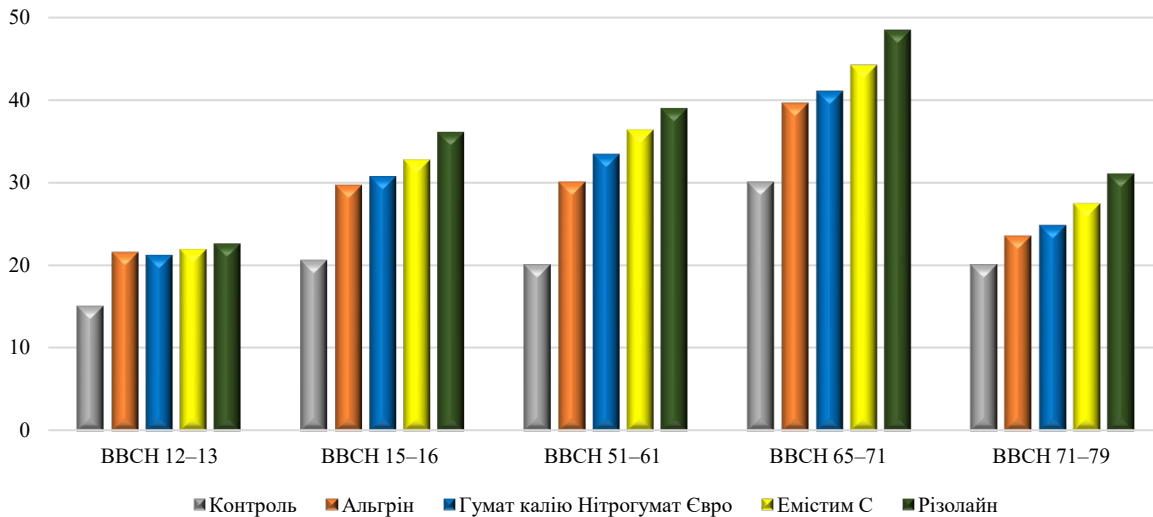


Рис. 2. Динаміка формування бульбочок на коренях рослин гороху сорту Гайдук у різні фази розвитку, шт./рослину

У фазу цвітіння (BBCH 65–71) кількість бульбочок досягла максимальних значень на всіх варіантах. Найвищий показник – 48,4 шт./рослину – спостерігали при застосуванні Різолайна, що в 2,1 раза більше, ніж контроль (30 шт./рослину). Емістим С (44,2 шт.) та Гумат калію (41,1 шт.) також показали високу ефективність.

У фазу формування бобів (BBCH 71–79) спостерігали закономірне зниження кількості бульбочок на всіх варіантах, що пов'язано з фізіологічними процесами старіння симбіотичного апарату. Однак у дослідних варіантах показники залишалися значно вищими, ніж на контролі. Найбільша кількість бульбочок – 31,1 шт./рослину – була зафіксована при використанні Різолайна, що на 43,7 % перевищувало контроль (21,1 шт./рослину).

Фотосинтетична діяльність агрофітоценозу визначає врожайність зернобобових і характеризується кількома взаємопов'язаними показниками, серед яких ключову роль виконують площа асиміляційної

поверхні, фотосинтетичний потенціал і чиста продуктивність фотосинтезу. Врожайність корелює з розмірами фотосинтетичного апарату в період його максимального розвитку, який у гороху припадає на фази бутонізації та цвітіння [8]. Важливим аспектом агротехнологій є максимізація ефективності використання площі листової поверхні, оскільки цей показник впливає на поглинання фотосинтетично активної радіації й ефективність її трансформації в органічну речовину. Біологічно активні речовини впливають на розвиток листової поверхні [32, 33], тривалість її функціонування й інтенсивність старіння листків, що врешті-решт визначає фотосинтетичний потенціал і продуктивність.

Дослідження показали істотний вплив біостимуляторів на розвиток фотосинтетичного апарату гороху протягом вегетації (рис. 3). Найвищі темпи наростання площі листової поверхні відмічено на початкових етапах органогенезу, досягаючи максимальних значень у критичні фази розвитку.

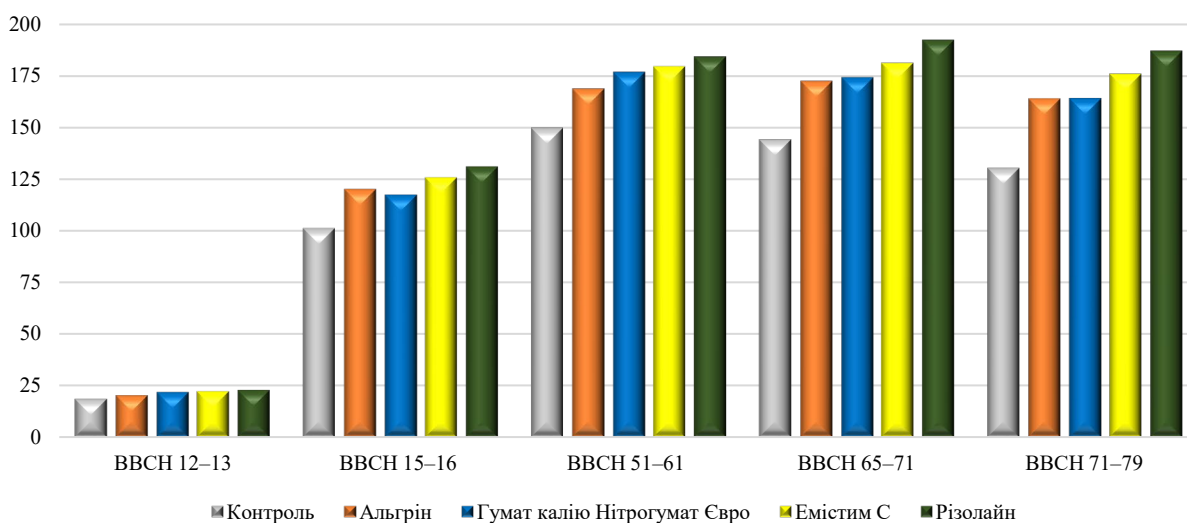


Рис. 3. Вплив біостимуляторів на розвиток площі листової поверхні у рослин гороху сорту Гайдук, см²/рослину

У фазу двох-трьох прилистків (ВВСН 12–13) площа листової поверхні на контрольному варіанті становила 18,7 см²/рослину, тоді як при застосуванні біостимуляторів площа варіювала від 20,4 до 23,1 см²/рослину. Найвищий показник спостерігався при використанні Різалайна.

У фазу п'яти-шести прилистків (ВВСН 15–16) площа листової поверхні на контрольному варіанті досягла 101,3 см²/рослину, а в дослідних варіантах з біостимуляторами варіювала від 117,3 до 131,4 см²/рослину. Найбільший приріст забезпечив препарат Різалайн – 29,7 %.

У фазу бутонізації (ВВСН 51–61) площа листової поверхні на контрольному варіанті становила 149,8 см²/рослину, а при застосуванні біостимуляторів площа збільшувалася до 168,5–184,6 см²/рослину, з найбільшими значеннями на варіантах Різалайн та Емістим С (23,2 % і 20 % відповідно).

Максимальні показники площі листової поверхні відмічено у фазу цвітіння (ВВСН 65–71), де на контрольному варіанті площа становила 144,2 см²/рослину, а у разі використання біопрепаратів – від 172,3 до 192,7 см²/рослину. Різалайн показав найкращий результат, що на 33,6 % перевищував контроль.

У фазу формування бобів (ВВСН 71–79) на контрольному варіанті площа знизилася до 130,4 см²/рослину через старіння листків, тоді як при

застосуванні біопрепаратів цей процес сповільнився. Зокрема при використанні Різалайна площа залишалася на рівні 187,4 см²/рослину, що на 43,7 % більше контролю.

Аналіз результатів підтвердив позитивний вплив біостимуляторів на уповільнення старіння листової поверхні та підтримку її фотосинтетичної активності в пізні фази онтогенезу. Найвищі середні показники площі листової поверхні протягом вегетації спостерігали при використанні Різалайна і Емістим С, що перевищували контроль на 32,1 % і 26 % відповідно. Спостерігали також позитивну кореляцію між інтенсивністю формування симбіотичного апарату та площею листової поверхні, що пов'язано з покращенням азотного живлення через активізацію азотфіксації та стимулювання фотосинтезу.

Аналіз структури врожаю є важливим етапом оцінки розвитку зернових культур та ефективності застосованих агротехнологій. Цей процес дозволяє виявити закономірності формування врожайності та визначити її залежність від природних умов, впливу агрохімічних засобів або стресових факторів середовища. Для зернобобових культур структуру врожаю характеризують такі елементи: густина рослин перед збиранням (кількість рослин), кількість бобів на одну рослину, кількість насінин у бобі на одну рослину, маса зерна з однієї рослини. Результати досліджень представлено на *рисунку 4*.

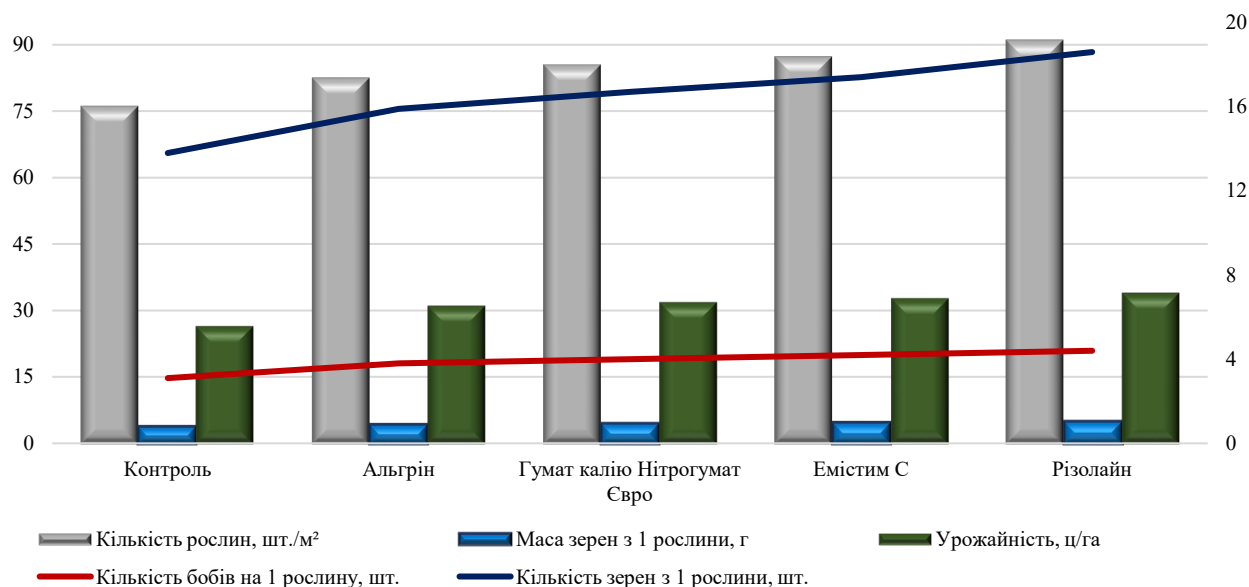


Рис. 4. Вплив застосування біостимуляторів на структуру врожаю та врожайність гороху сорту Гайдук

Згідно з отриманими даними, найбільший показник густоти стояння рослин перед збиранням (91,0 шт./м²) забезпечило застосування біостимулятора Різалайн у поєднанні з передпосівною обробкою насіння й обприскуванням посівів під час вегетації. Цей показник перевищив контроль на 19,6 %. Біостимулятор Різалайн також виявився ефективнішим за Гумат калію на 6,5 % й Альгрін на 10,3 %.

Кількість бобів та насіння на рослині визначається біологічними особливостями культури, але може

варіювати під впливом погодних умов і технологічних заходів. Найбільшу кількість бобів на одну рослину сформували варіанти з використанням біостимуляторів Різалайн та Емістим С (4,4 та 4,2 боби на рослину відповідно). Однак застосування інших біостимуляторів також сприяло позитивному впливу на формування бобів: за умови використання Гумату калію кількість бобів зросла на 29,0 % порівняно з контролем, а при застосуванні Альгріну – на 22,6 %. Такі результати можна пов'язати зі здатністю

біостимуляторів подовжувати фазу цвітіння, що сприяє формуванню більшої кількості зав'язей і, відповідно, бобів.

Урожайність зернобобових культур є результатом взаємодії агротехнологічних прийомів, агрохімічного забезпечення та погодних умов, зокрема температури та вологості. Високі та стабільні врожаї можна отримати за умови задоволення потреб рослин у поживних елементах, воді, а також за наявності оптимального температурного режиму під час вегетації. Погодні умови дослідних років суттєво вплинули на продуктивність гороху, однак застосування біостимуляторів дозволило зменшити негативний вплив високих температур і дефіциту вологи.

Протягом 2024–2025 рр. найбільший ефект у покращенні умов вирощування показав розчин біостимулятора Різалайн, застосований під час передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення у фазах 5–6-ти прилистків і бутонізації. Використання цього препарату сприяло збільшенню врожайності на 28,0 % порівняно з контрольним варіантом. Високу ефективність продемонстрував також Емістим С, який забезпечив приріст врожайності на 23,5 %. Збільшення врожайності порівняно з контролем також спостерігали при використанні Гумату калію й Альгріну – на 20,1 % та 17,0 % відповідно.

Отже, результати досліджень підтверджують позитивний вплив біостимуляторів на формування структури врожаю та врожайність гороху сорту Гайдук. Найбільший ефект був досягнутий при застосуванні Різалайн та Емістим С, які забезпечили підвищення густоти стояння рослин, збільшення кількості бобів і насіння на рослину, маси зерна з рослини та приріст врожайності. Максимальний результат – 33,8 ц/га – був досягнутий за умови застосування комбінованої передпосівної обробки насіння разом із дворазовим позакореневим підживленням у фази 5–6-ти прилистків і бутонізації препаратом Різалайн. Загалом дослідження засвідчили високу ефективність біостимуляторів як елементів сучасних агротехнологій вирощування зернобобових культур і підтверджують доцільність їх використання у технології вирощування гороху для підвищення його продуктивності.

Висновки

Результати досліджень показали, що біостимулятори позитивно вплинули на основні агрономічні показники, такі як симбіотична азотфіксація, фотосинтетична активність і врожайність гороху. Найвищий показник активності симбіотичного апарату був зафіксований при використанні Різалайна, де кількість бульбочок досягла 48,4 шт./рослину у фазі цвітіння (приріст – 61,3 %). Вплив інших біостимуляторів також показав позитивні результати (приріст на 32,0–47,3 %), що підтверджує їх здатність активізувати азотфіксацію в бобово-ризобіальному симбіозі. Найбільший приріст площі листової поверхні спостерігали при використанні Різалайна, що забезпечило приріст до 43,7 % порівняно з контролем, тоді як інші біопрепарати забезпечили приріст до

25,5–35,1 %. Також використання біопрепаратів забезпечило зростання відносно контролю з найвищим показником при застосуванні Різалайна: густоти стояння рослин перед збиранням – на 8,4–19,6 %; кількості бобів на 1 рослину – на 22,6–41,9 %; кількості зерен на 1 рослину – на 15,2–34,8 %; маси зерен з 1 рослини – на 11,6–29,3 %. У результаті біостимулятори значно підвищили врожайність гороху, навіть за умов нестабільного розподілу опадів і температурних коливань на 17,0–28,0 %.

Перспективи подальших досліджень спрямовані на вивчення взаємодії біостимуляторів з новітніми методами захисту рослин з метою пошуку оптимальних комбінацій для підвищення врожайності та стійкості культур.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27, 1–28. <https://doi.org/10.3390/molecules27165354>
2. Mirzad, M. Z., Kazemi, H., Sheikh, F., Klug, H., & Gherekhloo, J. (2023). Assessment and quantification of some short term ecosystem services in garden pea field. *Journal of Cleaner Production*, 414, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137464>
3. Zhang, H., Sun, H., Tang, Z., & Wang, G. (2025) Integrated agronomy of pea (*Pisum sativum* L.): a review on cultivation, harvesting, and storage for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1670445. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1670445>
4. Lemishko, S. M. (2018). Efektyvnist vykorystannya biopreparativ ta stymulyatoriv rostu v posivakh horokhu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy. Dnipro, Aktsent PP [in Ukrainian]
5. Peoples, M. B., Brockwell, J., Herridge, D. F., Rochester, I. J., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., Boddey, R. M., Dakora, F. D., Bhattarai, S., Maskey, S. L., Sampet, C., Rerkasem, B., Khan, D. F., Hauggaard-Nielsen, H., & Jensen, E. S. (2009). The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis*, 48, 1–17. <https://doi.org/10.1007/BF03179980>
6. Mostovenko, V., & Didur, I. (2020). Photosynthetic activity of vegetable peas depending on variety features, limitation of soil and nutritional system. *Agriculture and Forestry*, 19, 42–50. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-4-4>
7. Hrytsayenko, Z. M., Ponomarenko, S. P., Karpenko, V. P., & Leontyuk, I. B. (2008). Biolohichno aktyvni rechovyny v roslynnytstvi. Kyiv: Aharna nauka [in Ukrainian]
8. Lemishko, S. M., Chernykh, S. A., & Yarchuk, I. I. (2022). Increasing the manifestation of the effect of symbiotic nitrogen fixation of peas and the productivity of crops using growth regulators, preparations of nitrogen-fixing bacteria and organic biostimulators in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 15, 47–52. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.7>
9. Mostovenko, V. B. (2021). Formuvannya produktyvnosti zerna horokhu ta yoho yakisnykh pokaznykh zalezchno vid vapnuvannya, peredposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenykh pidzhyvlen v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho / *PhD thesis*. Vinnytskiy natsionalnyi ahramy universytet, Vinnytsia [in Ukrainian]
10. Cherenkova, A. V. (Red.). (2014). *Zernobobovi kul'tury: suchasni tekhnolohiyi vyroshchuvannya*. Dnipropetrovsk, Aktsent PP [in Ukrainian]

11. Kravchenko, V. S., Kononenko, L. M., & Vyshnevs'ka, L. V. (2019). Biologizatsiya vyroshchuvannya zernobobovykh kul'tur v Ukrayini, analiz ta perspektyva. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria*, 92, 83–91. [in Ukrainian]
12. Volkohon, V. V., Nadkernycha, O. V., Krutylo, D. V., & Kovalevs'ka, T. M. (2008). Biopreparaty na osnovi bul'bochkovykh bakteriy dlya pidvyshchennya vrozhaynosti bobovykh kultur. *Posibnyk Ukrainshkoho Khliboroba*, 118–119. [in Ukrainian]
13. Honchar, L. M., & Pylypenko, V. S. (2017). Polova skhozhist nasinnia ta hustota stoiannia roslyn horokhu posivnoho zalezno vid udobrennia ta inokuliacii. *Naukovi Visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 269, 30–36. [in Ukrainian]
14. Kaminsky, V. F., Dvoretzka, S. P., & Lapa, I. V. (2000). Vplyv inokulyantiv i fiziologichno aktyvnykh rehovyn na urozhaynist horokhu. *Zemlerobstvo*, 74, 113–115. [in Ukrainian]
15. Melnychuk, T. M., Sherstoboyev, M. K., Tolkachov, M. Z., & Kamenyeva, I. O. (2005). Zastosuvannya mikrobiologichnykh preparativ yak odyn iz shlyakhiv polipshennya yakosti produktsiyi roslynnytstva. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 23–26. [in Ukrainian]
16. Kolyus, Y. M. (2002). Vplyv mineralnykh dobryv, inokulyatsiyi ta stimulyatoriv rostu na formuvannya nasinnyeyvoyi produktyvnosti horokhu v umovakh Skhidnoho Stepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Derzhavnogo Ahrarnoho Universytetu*, 13, 14–17. [in Ukrainian]
17. Kapinos, M. V., & Kalytka, V. V. (2016). Influence of growth regulators and microbial preparations on seed germination and initial growth of peas (*Pisum sativum* L.). *Taurida Scientific Herald*, 96, 66–73.
18. Buchyns'kyi, I. M., & Lykhochvor, V. V. (2018). Horokh povornuvysya v Ukrayinu. *Ahronom*, 1, 184–185. [in Ukrainian]
19. Jones, K. M., Kobayashi, H., Davies, B. W., Taga, M. E., & Walker, G. C. (2007). How rhizobial symbionts invade plants: the Sinorhizobium–Medicago model. *Nature Reviews Microbiology*, 5 (8), 619–633. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1705>
20. Hamayunova, V. V. (2016). Vplyv elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya na produktyvnist' sortiv horokhu v Pivdennomu Stepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnogo Ahrarno-Tekhnichnoho Universytetu*, 24 (1), 46–57. [in Ukrainian]
21. Ohurtsov, Y. Y. (2015). Urozhaynist roslyn zalezno vid zastosuvannya rehulyatoriv rostu roslyn i mikrodobryva na riznykh fonakh zhyvlennya. *Naukovi Dopovidi Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 2, 24–28. [in Ukrainian]
22. Anishyn, L. A. (2002). Rehulatory rostu roslyn: summivny i fakty. *Propozytsiia*, 5, 64–65. [in Ukrainian]
23. Bulgaria, R., Cocetta, G., Trivellinib, A., Vernierib, P., & Ferrantea, A. (2014). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*. <http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>
24. Bakhmat, M., Chynchuk, O., & Nebaba, K. (2021). Formation of productivity of sowing peas depending on technology measures of cultivation in the conditions of the western forest-steppe. *EUREKA: Life Sciences*, 2, 3–8. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001751>
25. Algreen (Alhrin) biostymulator. (n.d.) *Organicplanet*. Retrieved from: <https://organicplanet.com.ua/katalog/biostymulyatory/algreen-algrin-biostymulyator-1-1-leili> [in Ukrainian]
26. Humat kaliiu "Nitrohumat Yevro". (n.d.). *Ecologya*. Retrieved from: <https://ecologya.com.ua/ua/p1259610526-gumat-kaliyu-nitrogumat.html> [in Ukrainian]
27. Emistym S. (n.d.). *Mizhvidomchyi nauko-tekhnolohichnyi tsentr «Ahrrobiotekh»*. Retrieved from: <http://www.agrobiotech.com.ua/ua/emistim-s> [in Ukrainian]
28. Rizolain®-r Bobovi. (n.d.). *Btu-center*. Retrieved from: <https://btu-center.com/rizolain-r> [in Ukrainian]
29. Didora, V. H., Smahlii, O. F., & Ermantraut, E. R. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzen v ahrononii : navchalnyi posibnyk*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian]
30. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
31. Fahde, S., Boughribil, S., Sijilmassi, B., & Amri, A. (2023). Rhizobia: A promising source of plant growth-promoting molecules and their non-legume interactions: examining applications and mechanisms. *Agriculture*, 13 (6), 1279. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071279>
32. Chaika, T., Korotkova, L., Shevnikov, M., Liashenko, V., & Horbenko, O. (2025). Physiological and biochemical aspects of pre-sowing treatment of soybean (*Glycine max* L. Merr.) seeds. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 21 (2), 106–119. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/2.2025.106>
33. Chaika, T., & Lotysh, I. (2025). The effect of biopreparations on the adaptive properties of soybean in organic farming under hydrothermal stress. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 29 (2), 34–49. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2025.34>

ORCID

V. Liashenko 

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



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

Effectiveness of pesticide control of a quarantine pest *Hyphantria cunea* Drury

G. Pospelova  | N. Kovalenko

Article info

Correspondence Author

G. Pospelova

E-mail:

ganna.pospelova@pdau.edu.ua

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

Citation: Pospelova, G., & Kovalenko, N. (2025). Effectiveness of pesticide control of a quarantine pest *Hyphantria cunea* Drury. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 47–51. doi: 10.31210/spi2025.28.04.06

The fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury) is an invasive moth species (Lepidoptera, Erebidae) that poses a significant threat to forest and fruit plantations in Ukraine. First recorded in 1952 in the Zakarpattia region, it has gradually expanded its range and established stable populations throughout the country. The key factors determining its distribution include thermal conditions, photoperiodic responses, and the availability of host plants such as *Acer negundo* L., *Morus alba* L., and *Malus domestica* Borkh. Due to its wide polyphagy, synanthropy, and high adaptive capacity, *H. cunea* can cause severe defoliation of deciduous trees under favorable conditions, resulting in decreased orchard productivity, loss of ornamental value, and even tree death. During 2022–2024, phytosanitary monitoring was conducted in the Poltava region to assess the effectiveness of modern insecticides in controlling pest density. The research targeted larvae of various developmental stages (L₁–L₄) feeding on pome fruit crops. The tested insecticides included Bi-58 New (reference), Karate Zeon, Aktara, and the combined product Engeo. Efficacy was evaluated on days 3, 5, 7, 10, and 14 after treatment. The highest biological activity was demonstrated by Engeo (247 g/L SC), which provided up to 100 % mortality of early-instar larvae (L₁–L₂) by day 5 and late-instar larvae (L₃–L₄) by day 10. Karate Zeon and Aktara were also highly effective (up to 98–99 %) but exhibited a slower mode of action, while Bi-58 New showed lower results (81–94 %). The findings confirm the high harmfulness and adaptability of *H. cunea* to agroclimatic conditions of the Poltava region. The combined insecticide Engeo proved to be the most effective in regulating pest density. The results highlight the necessity to improve phytosanitary monitoring systems and develop integrated pest management strategies combining chemical, biological, and agrotechnical methods to prevent further naturalization and economic damage caused by this quarantine pest in Ukrainian agroecosystems.

Keywords: American white butterfly, *Hyphantria cunea* Drury, quarantine organisms, fodder plants, phytosanitary monitoring, insecticidal protection.

Ефективність пестицидного контролю карантинного шкідника *Hyphantria cunea* Drury

Г. Д. Поспєлова | Н. П. Коваленко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Американський білий метелик (АБМ) (*Hyphantria cunea* Drury) – інвазійний вид лускокрилих родини Erebidae, який становить значну загрозу для лісових та плодових насаджень України. Вперше виявлений 1952 року в Закарпатській області він поступово поширився територією країни, сформувавши стабільні популяції у більшості регіонів. Основними чинниками формування його ареалу є теплозабезпеченість, фотоперіодична реакція та наявність кормових рослин, серед яких переважають *Acer negundo* L., *Morus alba* L., *Malus domestica* Borkh. та ін. Завдяки широкій поліфагії, синантропності й високій адаптивності АБМ здатний у сприятливих умовах спричинити масову дефоліацію листяних дерев, що призводить до зниження продуктивності садів, втрати декоративності насаджень і навіть загибелі дерев. 2022–2024 років проведено фітосанітарний моніторинг карантинного фітофага – АБМ у Полтавській області та визначено ефективність сучасних інсектицидів у контролі чисельності цього шкідника. Об'єктом дослідження були гусениці різних віків (L₁–L₄) на плодових зерняткових культурах. Випробували препарати Бі-58 новий (еталон), Карате Зеон, Актара та комбінований інсектицид Енжіо. Оцінку ефективності проводили на 3-тій, 5-тій, 7-му, 10-ту та 14-ту добу після обробки. Найвищу біологічну активність продемонстрував препарат Енжіо, 247 г/л к.с., який забезпечував до 100 % загибелі гусениць молодших віків (L₁–L₂) на 5-ту добу, а старших (L₃–L₄) – на 10-ту добу. Карате Зеон та Актара також виявили високу ефективність (до 98–99 %), але діяли повільніше, тоді як Бі-58 новий поступався за результатами (81–94 %). Отримані дані підтверджують високу шкідливість та адаптивність американського білого метелика до агрокліматичних умов Полтавщини. Застосування комбінованого інсектициду Енжіо є найбільш доцільним для регулювання чисельності цього карантинного фітофага. Результати дослідження свідчать про необхідність удосконалення системи фітосанітарного моніторингу, розроблення комплексних заходів контролю, що поєднують хімічні, біологічні та агротехнічні методи для запобігання подальшій натуралізації та шкодочинності виду в агроекосистемах України.

Ключові слова: американський білий метелик, *Hyphantria cunea* Drury, карантинні організми, кормові рослини, фітосанітарний моніторинг, інсектицидний захист.

Бібліографічний опис для цитування: Поспєлова Г. Д., Коваленко Н. П. Ефективність пестицидного контролю карантинного шкідника *Hyphantria cunea* Drury. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 47–51.

Вступ

Вперше в Україні американський білий метелик (АБМ), *Huphantria cunea* Drury був знайдений 1952 року в районах Закарпатської області, де заселив рівнинну частину. Природною перепорою на шляху подальшого розселення метелика на схід стали гори Карпати. Вид лускокрилих родини еребид (Lepidoptera, Erebidae) випадково завезений до Європи понад 80 років тому. Повторне проникнення цього шкідника зафіксоване 1978 року до Дніпропетровської області, а 1985 року – в Одеській області [16].

Незважаючи на здатність самок до польоту, серйозними бар'єрами для АБМ є великі річки та великі перезволожені біотопи [17].

Активна експансія АБМ останніми роками на території Полтавської, Чернівецької, Херсонської, Вінницької, Дніпропетровської, Київської, Івано-Франківської та Хмельницької областей ускладнює карантинну ситуацію. Площі стабільні в Донецькій, Закарпатській, Луганській, Харківській, Черкаській областях та Криму. Області, де шкідник розселювався інтенсивно, а тепер з'явилася тенденція до зниження – Запорізька, Кіровоградська, Одеська, Миколаївська [9, 12, 14, 16].

З моменту реєстрації шкідника за даними дослідників в Україні минуло три повних цикли динаміки популяції: перший – 1957–1966 рр., другий – 1967–1980 рр., третій – 1981–1994. Четвертий цикл, який почався 1995 року, ще триває. В періоди цих циклів депресії відбулись 1966–1967 років, 1980–1983 і 1994–1995 років [3, 11].

Формування ареалу АБМ визначають такі чинники, як теплозабезпеченість, особливості фото-періодичної реакції та наявність кормових рослин у відповідних ценозах [21].

Синатропність шкідника, обумовлена специфічним колом харчових рослин, створює екологічні проблеми під час фітосанітарних заходів [10, 18].

АБМ – широкий поліфаг, що вирізняється високою шкодочинністю, здатний у сприятливих умовах за один сезон спричинити значну дефоліацію листяних зелених насаджень у населених пунктах. Це призводить до порушення обмінних процесів у рослинах, зниження урожайності, втрати декоративності. Багаторазове пошкодження дерев призводить до їх повної загибелі [1, 11, 20].

Пошкодження до 20 % площі листкових пластинок гусеницями АБМ у плодівих дерев призводить до зниження урожайності на 5–10 %, до 55–60 % – на 20 %, а при їх об'їданні на 75 % урожай практично повністю втрачається [4, 15].

У Північній Америці кормова база шкідника охоплює 120 видів рослин, у країнах Європи – 234 види (понад 30 видів плодово-ягідні рослини, близько 100 видів деревні і чагарникові породи, близько 100 видів трав'янисті рослини), Азії – понад 300 видів рослин [6, 10, 18, 19].

Рослини, що пошкоджуються фітофагом в Україні, науковці об'єднують у три групи:

1. Види, яким АБМ надає перевагу у живленні: шовковиця, клен ясенелистий, яблуня, слива, алича, черешня, груша, вишня, волоський горіх, айва, бузина, ясен.

2. Види, що забезпечують повний цикл розвитку АБМ, але ушкоджуються рідше (листяні деревні та чагарникові рослини).

3. Види рослин, які пошкоджуються лише гусеницями старших віків та не забезпечують повного циклу розвитку (трав'янисті та хвойні рослини).

На території України, зважаючи на значне поширення клена ясенелистого (*Acer negundo* L.), основної кормової рослини цього фітофага, висушуванням значних територій, пов'язаних із потеплінням клімату, а також через тривалий період вегетації рослин в умовах достатнього зволоження, посилюється небезпека розселення цього інвайдера та його натуралізації [2, 13].

Як карантинний об'єкт АБМ потребує постійного моніторингу і контролю. Зростає значення заходів, спрямованих на локалізацію та ліквідацію його вогнищ [2, 5, 20].

Найбільшу небезпеку для сільського господарства становить пошкодження цим шкідником плодівих культур. Аналіз карантинного стану садів дає можливість відмітити щільне заселення цим видом у зоні Степу, Лісостепу і Карпатському гірському районі. Щільність популяції визначається біоекологічними факторами, що регламентує різні підходи до контролю цього шкідника. Так, у роки депресивного стану популяції виду основним методом боротьби є механічне зрізання павутинних гнізд з гусінню з подальшим спалюванням. Проте за даними спостережень останніх років проблема регулювання чисельності метелика в агроecosистемах набула особливої гостроти, а її вирішення лише механічними заходами малоефективне [4, 5, 7].

У разі спалаху чисельності доцільним є запровадження ще й хімічного та біологічного методів захисту.

Серед інсектицидів найбільш популярними у виробників сільськогосподарської продукції є фосфорорганічні препарати (діючі речовини (д.р.) – диметоат, піриміфос-метил); синтетичні піретроїди (д.р. –лямбда цигалотрин, дельтаметрин) та неонікотинноїди (д.р. – імідаклоприд, тіаметоксам, ацетоміприд) тощо [3, 5, 7, 8, 22]. Обприскування передбачає обробку протягом вегетації плодівих культур з урахуванням фази розвитку шкідника. Серед біологічних агентів добре зарекомендували себе бактерії *Bacillus thuringiensis* та гриби *Beauveria bassiana*. У зоні ізольованих вогнищ, де заходи спрямовані на викорінення шкідника, проводять суцільні обробки у вечірні та ранкові години з інтервалом 10 днів [2, 7, 8].

Мета дослідження

Мета дослідження з'ясувати технічну ефективність інсектицидів у контролі чисельності американського білого метелика.

Матеріали і методи

Протягом досліджуваного періоду 2022–2024 рр. було проведено фітосанітарне моніторингове обстеження садів Полтавської області щодо обліку

американського білого метелика та визначення ефективності хімічного контролю його чисельності.

Основні параметри експерименту:

- інсектициди: Бі-58 новий, 400 г/л к.е. (1,5 л/га) (еталон), Карате Зеон, 50 г/л мкс. (0,4 л/га), Актара, 250 г/кг в.г. (0,14 кг/га), Енжіо, 247 г/л к.с. (0,18 л/га);
- час застосування: різні стадії розвитку АБМ (L₁–L₄) [23].

Випробування інсектицидів проводили на плодкових зерняткових культурах. Обліку підлягали 30–35 гнізд шкідника на варіант. Ефективність пестицидів оцінювали на третій, сьомий та чотирнадцятий день після обприскування. Під деревом розстеляли поліетиленову плівку для підрахунку гусениць, які випали з гнізда. Подальший облік та розрахунок ефективності проводили за загальноприйнятими методиками [23].

Ефективність дії препарату за зниженням чисельності шкідників порівняно з чисельністю до обробки розраховували за формулою:

$$E_o = \frac{100 \times (A - B)}{A}$$

де E_д – зниження щільності після обробки, %

A – щільність комах до обробки, екз./рослину,

B – щільність комах після обробки, екз./рослину [23].

Результати та їх обговорення

Кліматичні умови Полтавської області характеризуються м'якими, малосніжними зимами з частими відлигами, що викликає варіювання коефіцієнту розмноження першої генерації американського білого метелика (АБМ). Так, за роками досліджень цей показник змінювався в межах від 0,5 до 1,2 (табл. 1).

Низький коефіцієнт розмноження першого покоління 2023 року пов'язаний з несприятливими умовами перезимівлі лялечок.

Таблиця 1

Динаміка чисельності американського білого метелика

Рік	Перша генерація		Друга генерація		Сумарна щільність I+II генерацій, екз./дерево
	щільність, екз./дерево	коефіцієнт розмноження	щільність, екз./дерево	коефіцієнт розмноження	
2022	117	1,2	175	1,5	292
2023	86	0,5	102	0,8	188
2024	94	1,0	113	1,2	206

Коефіцієнт розмноження другої генерації збільшився 2022 і 2023 років на 0,3, а 2024 року – на 0,2 порівняно з першою генерацією шкідника. Це можна пояснити більш сприятливими умовами липня-серпня років досліджень для розвитку другої генерації американського білого метелика. Максимальна щільність гусениць у гніздах відмічена 2022 року (175 шт./гніздо).

Зважаючи на карантинний статус цього шкідника, актуальним є застосування хімічного методу контролю його чисельності. Для пошуку ефективних проти АБМ інсектицидів для дослідження обрано діючі речовини з хімічних груп неонікотиніоїди та синтетичні піретроїди.

В якості інсектициду стандарту використовували Бі-58 новий, 400 г/л к.е. (еталон) (1,5 л/га). Його технічну ефективність порівнювали з однокомпонентними препаратами груп синтетичні піретроїди – Карате Зеон, 50 г/л мкс. (0,4 л/га) та неонікотиніоїди – Актара, 250 г/кг в.г. (0,14 кг/га), а також із комбінованим Енжіо, 247 г/л к.с. (0,18 л/га), до складу якого

входять діючі речовини зазначених вище хімічних груп.

Обрані сучасні інсектициди мають високу біологічну активність і рекомендовані для боротьби з фітофагами, які мають ротовий апарат гризучого типу та ведуть відкритий спосіб життя, що притаманне об'єкту дослідження.

Результати досліджень свідчать про високу ефективність проти гусениць L₁–L₂ віку комбінованого препарату Енжіо, 247 г/л к.с., до складу якого входять діючі речовини – лямбда-цигалотрин та тіаметоксам із хімічних груп синтетичні піретроїди та неонікотиніоїди (табл. 2), котрий забезпечив 100 % смертність гусениць за короткий термін (3–5 днів). Карате Зеон, 50 г/л мкс. та Актара, 250 г/кг в.г. поступалися Енжіо, 247 г/л к.с. за швидкістю дії, але не за ефективністю. Максимальна загибель шкідників відмічена на 7-й день. Суттєво поступався цим препаратам Бі-58 новий, 400 г/л к.е. прийнятий за еталон – масова загибель шкідника 94,5 % реєструвалась на 14-й день після обробки.

Таблиця 2

Ефективність інсектицидів проти гусени АБМ L₁–L₂ віків (середнє за роки досліджень)

Варіант	Норма витрати, кг/га, л/га	Чисельність гусениць до обробки, екз./гніздо	Загинуло гусениць за дням обліку, %				
			3	5	7	10	14
Контроль (без обробки)	-	99,4	0	0,5	0,7	1,0	1,5
Бі-58 новий, 400 г/л к.е. (еталон)	1,5	100,5	49,6	58,5	60,1	89,9	94,5
Карате Зеон, 50 г/л мкс.	0,4	99,0	90,5	97,5	100		
Актара, 250 г/кг в.г.	0,14	102,1	91,3	98,5	100		
Енжіо, 247 г/л к.с.	0,18	103,5	92,6	100			

За умови використання досліджуваних препаратів проти гусениці L₃–L₄ віків їх загибель відмічали у більш пізні строки, переважно на 10–14-ту добу, що свідчить про стійкість гусени американського білого метелика старших віків до хімічних інсектицидів.

Найвища ефективність (100-відсоткова загибель гусени АБМ) проти гусениць старших віків L₃–L₄

відмічена у варіанті з використанням комбінованого препарат Енжію, 247 г/л к.с. на 10 добу. Тоді як за умови обприскування рослин препаратами Карате Зеон, 50 г/л мкс. та Актара, 250 г/кг в.г. навіть на 14-ту добу смертність гусениць становила 98,7 % та 99,5 %. У варіанті з Бі-58 новий, 400 г/л к.е. (еталон) цей показник майже на 17,5–18,3 % нижчий (табл. 3).

Таблиця 3

Ефективність інсектицидів проти гусени АБМ L₃–L₄ віків, (середнє за роки досліджень)

Варіант	Норма витрати, кг/га, л/га	Чисельність гусениць до обробки, екз./гніздо	Загибло гусениць по дням обліку, %				
			3	5	7	10	14
Контроль (без обробки)	–	89,6	0	0	0,8	1,9	1,9
Бі-58 новий, 400 г/л к.е. (еталон)	1,5	91,3	46,5	52,1	71,3	75,6	81,2
Карате Зеон, 50 г/л мкс.	0,4	93,0	72,8	79,9	82,5	85,4	98,7
Актара, 250 г/кг в.г.	0,14	91,8	73,5	78,0	83,4	89,8	99,5
Енжію, 247 г/л к.с.	0,18	92,3	82,6	94,2	97,1	100	

Загалом за результатами досліджень відмічено, що незалежно від віку личинок найбільш ефективним виявився комбінований препарат Енжію, 247 г/л к.с. Його ефективність вже на третю добу становила проти личинок L₁–L₂ 92,6 %, а проти L₃–L₄ – 82,6 %.

У варіантах із застосуванням інсектицидів Карате Зеон, 50 г/л мкс. та Актара, 250 г/кг в.г. спостерігали більш високий відсоток загибелі личинок L₁–L₂ (90,5 % і 91,3 %), ніж L₃–L₄ (72,8 % і 73,5 %). Схожа тенденція простежувалася і в наступні періоди обліків.

На 5-ту добу максимального значення відсоток загибелі шкідника досяг у варіанті з використанням Енжію, 247 г/л к.с. Відмінність у відсотках по варіантах дослідження коливалася в межах від 1,5 % (Актара, 250 г/кг в.г.) до 2,5 % (Карате Зеон, 50 г/л мкс.) проти личинок L₁–L₂ (рис. 1).

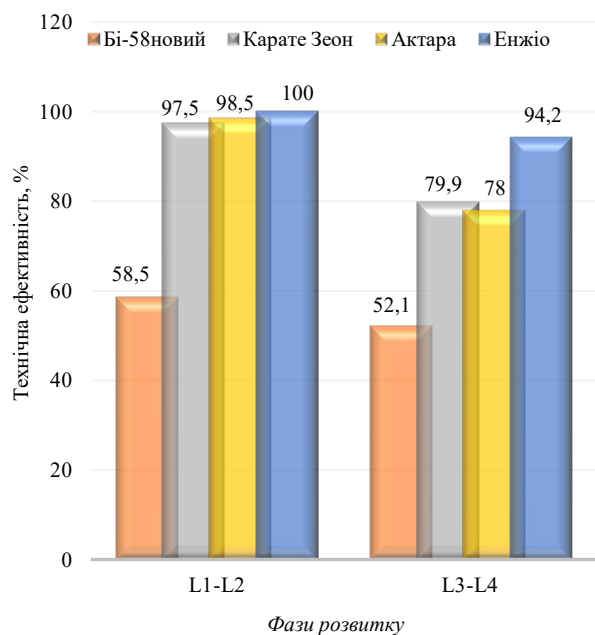


Рис. 1. Технічна ефективність досліджуваних інсектицидів на 5-ту добу після обробки (середнє за роки досліджень)

Кращий ефект від застосування досліджуваних препаратів на гусени молодших віків, можливо, пояснюється їх фізіологічними особливостями (висока кислотність шлункового соку).

Ми вважаємо, що біологічна ефективність препаратів на рівні 80–90 % є недостатньою для боротьби із карантинним фітофагом. Тим більше, що різниця між личинками другого і третього віків незначна. Серед досліджуваних препаратів лише Енжію, 247 г/л к.с. може бути рекомендований для контролю чисельності американського білого метелика.

Наші дослідження дозволяють констатувати значне поширення американського білого метелика. Карантинний шкідник добре акліматизувався в умовах Полтавської області, сформував широкі трофічні зв'язки з місцевими рослинами, тому за відсутності контролю його чисельності площі заселення можуть збільшуватися. В майбутньому це стане причиною перегляду карантинного статусу шкідника.

Висновки

Виявлено, що американський білий метелик (*Huphantria cunea* Drury) активно поширюється територією України, зокрема в межах Полтавської області, де сформував стабільні популяції та адаптувався до місцевих кліматичних умов.

Встановлено, що в умовах Полтавської області американський білий метелик реалізує два повноцінні покоління за сезон, при цьому друга генерація характеризується вищим коефіцієнтом розмноження.

Доведено певну залежність ефективності хімічного контролю від віку личинок. Відмічено високу активність препаратів груп неонікотиноїдів і синтетичних піретроїдів проти гусениць молодших віків (L₁–L₂).

Виявлено найвищу технічну ефективність комбінованого препарату Енжію, 247 г/л к.с., який забезпечив 100 % загибель гусениць обох вікових груп на 5-ту (L₁–L₂) та 10-ту (L₃–L₄) добу після обробки.

Встановлено, що американський білий метелик має широкий трофічний спектр і здатний до формування нових зв'язків із місцевими видами рослин, що підвищує ризик його подальшої натуралізації.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується провести картографування ареалів поширення АБМ на території Полтавської області і продовжити випробування нових інсектицидів щодо їх ефективного контролю цього карантинного фітофага.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Amerykanskiy bilyi metelyk – nebezpechnyi karantynnyi shkidnyk Ukrainy. (2025). *Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan bezpechnosti kharchovykh produktiv ta zakhystu spozhyvachiv*. Retrieved from: <https://dpss.gov.ua/news/amerykanskiy-bilyi-metelyk-nebezpechnyi-karantynnyi-shkidnyk-ukrainy> [in Ukrainian]
2. Borzykh, O., Strygun, O., Chumak, P., Bondareva, L., Goncharenko, O., Anol, O., Kivel, Ye., & Broun, I. (2024). Detection and control of invasive phytophages in the botanical garden: new approaches and perspectives. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*, 70, 3–19. <https://doi.org/10.36495/phss.2024.70.3-19>
3. Dudnyk, D. V., Pospelova, H. D., & Kovalenko, N. P. (2021). Vykorystannia insektytsydiv u strymuvanni poshyrennia karantynnykh fitofahiv. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Suchasni aspekty i tekhnologii u zakhysti roslyn» (m. Poltava, 26 lystopada 2021 r.)*. (s. 44–46). Poltava [in Ukrainian]
4. Huzik, U. V., Prokopyak, M. Z., Holinei, H. M., & Kryzhanovska, M. A. (2022). Distribution of *Hyphantria cunea* Drury in the Ternopil region. *Scientific Bulletin of Natural Sciences (Biological Sciences)*, 33, 5–14. <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2022-33-1>
5. Ihnatiuk, A. I., Rudenko, Yu. F., & Plotnytska, N. M. (2013). Vyiavlennia, lokalizatsiia i likvidatsiia vohnyshch amerykanskoho biloho metelyka v Zhytomyrskii oblasti. *VISNYK Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho UNIVERSYTETU*, 1 (1), 100–108. [in Ukrainian]
6. Jang, T., Rho, M. S., Koh, S., & Lee, K. P. (2014). Host–plant quality alters herbivore responses to temperature: a case study using the generalist *Hyphantria cunea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 154 (2), 120–130. <https://doi.org/10.1111/eea.12261>
7. Kolomiets, Yu. O., Stankevych, S. V., & Mishchenko, O. V. (2021). Effectiveness of the application of insecticide preparations against the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury, 1773) in Kharkiv region. *Taurian Scientific Herald*, 120, 60–67. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.9>
8. Kolomiets, Yu. O., Stankevych, S. V., Balan, H. O., Kosylovych, H. O., & Holiachuk, Yu. S. (2021). Effectiveness of the application of insecticide preparations against the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury, 1773). *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (7), 87–92.
9. Kravchenko, A. V., & Pospelova, H. D. (2024). Amerykanskiy bilyi metelyk: shkodochynnist ta metody borotby. *Suchasni aspekty i tekhnologii u zakhysti roslyn : materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii* (m. Poltava, 21 chervnia 2024 r.). (s. 53–56). Poltava: PDAU [in Ukrainian]
10. Lehmann, P., Ammunét, T., Barton, M., Battisti, A., Eigenbrode, S. D., Jepsen, J. U., Kalinkat, G., Neuvonen, S., Niemelä, P., Terblanche, J. S., Økland, B., & Björkman, C. (2020). Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18 (3), 141–150. <https://doi.org/10.1002/fee.2160>
11. Matsiakh, I., & Kramarets, V. (2020). Invasive phyllophagous insects in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 11–25. <https://doi.org/10.15421/412001>
12. Melnyk, P. O., Kordulian, R. O., Solomiichuk, M. P., & Korzhuk, R. D. (2008). Problemy fitosanitarnoi bezpeky Ukrainy u zviazku iz vstupom do SOT. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 10, 20–23. [in Ukrainian]
13. Morhun, R. Yu. (2001). Kormovi roslyny i rozvytok ta zhyttiezdatnist amerykanskoho biloho metelyka. *Zakhyst Roslyn*, 2, 20. [in Ukrainian]
14. Movchan, O. M., Ustinov, I. D., & Kudina, Zh. D. (1996). *Vyiavlennia, lokalizatsiia i likvidatsiia vohnyshch Amerykanskoho biloho metelyka*. Kyiv: Holovna derzhavna inspektsiia po karantynu roslyn [in Ukrainian]
15. Movchan, O. M., Ustinov, I. D., Markov, I. L., Sykalo, O. O., & Plyska, M. M. (2000). *Karantynni shkidlyvi orhanizmy*. Kyiv: Svit [in Ukrainian]
16. Nakonechna, Yu. O., & Stankevych, S. V. (2019). Istoriia poshyrennia ta suchasnyi areal amerykanskoho biloho metelyka (*Hyphantria cunea* Drury.). *Materialy pidsumkovoї naukovopraktychnoi konferentsii profesorsko-vykladatskoho skladu i zdobuvachiv naukovykh stupeniv Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynogo universytetu im. V.V. Dokuchaieva (19–20 bereznia 2019 r.)*. (s. 136–137). Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian]
17. Nakonechna, Yu. O., Stankevych, S. V., Zabrodina, I. V., Lezhnina, I. P., Filatov, M. O., Yushchuk, D. D., Lutytska, N. V., Molchanova, O. A., Melenti, V. O., Poliakh, V. M., Buhaiov, S. M., Belay, Yu. M., Martynenko, V. I., Zhukova, L. V., Buzina, I. M., & Khainus, D. D. (2019). Distribution area of *Hyphantria cunea* Drury: the analysis of Ukrainian and world data. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3), 214–220. https://doi.org/10.15421/2019_81
18. Nie, P., Yang, R., Cao, R., Hu, X., & Feng, J. (2023). Niche and range shifts of the fall webworm (*Hyphantria cunea* Drury) in Europe imply its huge invasion potential in the future. *Insects*, 14 (4), 316. <https://doi.org/10.3390/insects14040316>
19. Pan, J., Shao, F., Liu, J., Xu, D., & Liu, G. (2025). Global invasion potential of black-headed and red-headed webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Erebidae: Arctiidae) following climatic niche simulations. *Insects*, 16 (8), 843. <https://doi.org/10.3390/insects16080843>
20. Plotnytska, N. M., Nevmerzhytska, O. M., Gurmanchuk, O. V., & Matolinets, V. I. (2020). Peculiarities of *Hyphantria cunea* Drury species development in Volyn region. *Taurian Scientific Herald*, 2 (116), 55–60. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.8>
21. Schowalter, T. D., & Ring, D. R. (2017). Biology and management of the fall webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Erebidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 8 (1). <https://doi.org/10.1093/jipm/pmw019>
22. Fedorenko, V. P. (red.). (2015). *Stratehiia i taktika zakhystu roslyn. Tom 2. Taktika*. Kyiv: Alfa-stevia [in Ukrainian]
23. Trybel, S. O., Siharova, D. D., Sekun, M. P., & Ivashchenko, O. O. (2001). *Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv*. Kyiv: Svit [in Ukrainian]

ORCID

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



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

Resistance of different blueberry varieties to flower thrips in the conditions of Polissia, Ukraine

A. Bakalova ✉ | N. Gritsyuk

Article info

Correspondence Author

A. Bakalova

E-mail:

bakalova1970@ukr.netPolissia National University,
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine**Citation:** Bakalova, A., & Gritsyuk, N. (2025). Resistance of different blueberry varieties to flower thrips in the conditions of Polissia, Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 52–56. doi: 10.31210/spi2025.28.04.07

Blueberries are unconventional berry crop rich in vitamins E, B vitamins, antioxidants, minerals. Their consumption strengthens immunity, memory, vision, and has an anti-inflammatory and rejuvenating effect. Blueberries also enhance cardiovascular function, normalizes blood circulation, and have beneficial effect for the nervous system and gastrointestinal tract. Currently, the most harmful pest in blueberry agrocenoses is the flower thrips, which damages plants during the period of mass flowering. Studying the resistance of blueberry varieties of different maturity to flower thrips makes it possible to reduce the population of plantations with this sucking phytophagous insect. The blueberry varietal collection in the studies consisted of three main groups of different maturity, namely: early-, mid-early- and late- ripening varieties. Although no fully resistant varieties were found in the studies, but the population size was different. The study examined the metamorphosis of the different-aged larvae of the flower thrips, which massively begins its biological development in the VII - phenophase (flowering) of blueberry plant development. Age range monograms were constructed based on the age development of the larva, and the number of phytophagous insects clearly depicted the parameters of the degree of settlement according to the European nine-point scale. The blueberry varieties were divided into three groups according to experimental resistance levels, where early-ripening varieties have a high level of infestation by flower thrips, which massively populates the flower bed during the blueberry flowering phenophase. Phytosanitary monitoring of blueberry agrocenosis allowed us to develop a mathematical model for phenological prediction of the larval period of flower thrips. During May, blueberry thrips are massively colonized by the phytophagous pest, as late blueberry varieties have an extended period in the "flowering" phenophase, so the Elliot and Chandler varieties were less colonized by flower thrips compared to the early blueberry varieties Reka and Duke. Based on the study results, the late-ripening blueberry varieties Elliot and Chandler were identified as the most resistant and can be recommended for commercial cultivation.

Keywords: flower thrips, variety, resistance, phenology, metamorphosis.

Стойкість різних сортів лохини проти квіткового трипса в умовах Полісся України

А. В. Бакалова | Н. В. Грицюк

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Лохина нетрадиційна ягідна культура багата вітамінами Е, групи В антиоксидантами, мінералами, зміцнює імунітет, поліпшує пам'ять, зір, має протизапальний омолоджувальний ефект. Покращує роботу серця, нормалізує кровообіг, корисна для нервової системи, шлунково-кишкового тракту. Нині в агроценозах лохини найбільш шкідливим виявився квітковий трипс, який пошкоджує рослини в період масового цвітіння. Вивчення стійкості різних за стиглістю сортів лохини до квіткового трипса дають можливість зменшити заселеність насаджень сисним фітофагом. Сортова колекція лохини в дослідженнях складалась з трьох основних груп різної стиглості а саме: ранніх, середньоранніх та пізніх сортів. Стійких сортів у дослідженнях не виявили, але чисельність заселеності була різною. При заселеності вивчено метаморфоз різновікової личинки квіткового трипса, який масово розпочинає свій біологічний розвиток у VII – фенофазі (цвітіння) розвитку рослин лохини. За віковим розвитком личинки побудовано монограми вікового діапазону, за допомогою чисельності фітофага чітко зображені параметри ступеня заселення згідно з європейською дев'ятибальною шкалою. Сортова колекція лохини поділена на три групи сортової дослідної стійкості, де ранньостиглі сорти мають високий рівень заселення квітковим трипсом, який масово заселяє квіткове ложе у фенофазу цвітіння лохини. Фітосанітарний моніторинг лохинового агроценозу дозволив розробити математичну модель фенологічного прогнозування личинкового періоду квіткового трипса. Протягом травня відбувається масове заселення лохини фітофагом, оскільки пізні сорти лохини мають подовжений термін у фенофазі «цвітіння», тому сорти Еліот і Чендлер були менш заселені квітковим трипсом порівняно із ранніми сортами лохини Река та Дюк. У дослідженнях найбільш стійкими виявились пізні сорти лохини Еліот та Чендлер, які можуть бути рекомендовані до впровадження у виробництво.

Ключові слова: квітковий трипс, сорт, стійкість, фенологія, метаморфоз.**Бібліографічний опис для цитування:** Бакалова А. В., Грицюк Н. В. Стойкість різних сортів лохини проти квіткового трипса в умовах Полісся України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 52–56.

Вступ

Нині нетрадиційні ягідні культури набувають великих масштабів не лише в Житомирській області, але й по всій території України [1]. Лохина на ринку цілком затребувана культура, яка має високі смакові якості із наявним вмістом вітамінів, антиоксидантів, мікроелементів та біологічно активних речовин [2].

Урожай ягід сучасних сортів лохини може сягати до 15–20 т/га, але через шкідників продуктивність може зменшуватись до 35 % та насамперед це група сисних фітофагів [3].

До комплексу домінуючих сисних фітофагів належать: каліфорнійська щитівка, акацієва несправжня щитівка, попелиці, кліщі, нематоди, та трипси [4]. В агроценозі лохини окрім попелиць, щитівок, кліщів та трипсів найпоширенішим виявився квітковий трипс [5]. Фітосанітарний контроль цього фітофага має бути основною частиною технічного управління в агроценозі лохини [6]. Основним критерієм при захисті лохини від сисних фітофагів має бути забезпеченість необхідними фенологічними картами щодо рослини – фітофагів [7].

Лохину висаджують у спеціальний підкислений ґрунт змішаний з тирсою, корою та хвоєю із зануренням кореневої шийки до 3 см [8]. Розпушування ґрунту може призвести до пошкодження кореневої системи, але якщо ослаблена рослина, то стійкості до шкідників практично лохина не має [9].

Лохина під час вегетації потребує удобрення, що є важливим у системі стійкості до шкідників [10]. Щоб створити більш стійкий фон до лохини, варто перше удобрення проводити до розпускання бруньки [11]. Рекомендовано для підвищення стійкості лохинового агроценозу до шкідників використовувати комплексні добрива, які у своєму складі містять багато макро- і мікроелементів, що роблять рослину більш стійкою до її пошкодження [12].

Лохина любить водний режим, якого варто дотримуватися з розрахунку 10 л води під один кущ, оскільки стійкість відразу знижується [13]. Цій рослині не подобається спека, тому сисні фітофаги ослаблену рослину заселяють відразу, зокрема і квітковий трипс [14].

Не варто занадто глибоко розпушувати лохину, оскільки коренева система залягає на 15 см, тому рекомендовано проводити на рівні не більше 8-ми см [15]. Водний баланс лохини має свою граничну норму, оскільки надмірна кількість води стрімко впливає на стійкість самої рослини, тоді толерантність знижується до шкідників [16]. Резервація шкідників відбувається на бур'янах і їх зимуюча стадія проходить саме там, тому в боротьбі проти бур'янів варто замульчувати поверхню тирсою [17]. Мульчування лохини є етапом захисту від низьких зимових температур, оскільки коренева система знаходиться на низькому рівні [18].

Важливим є висадка лохини у ґрунт, який необхідно підготувати завчасно, щоби він зміг природньо осісти, не за технологіями висаджена рослина не є стійкою [19]. Один із важливих факторів стійкості при посадці лохини є її відпоювання та правильне розправлення коріння під час посадки [20].

Лохину пошкоджують багато видів сисних шкідників, зокрема і трипси, а саме квітковий трипс, який пошкоджує квіткове ложе численними проколами, такі квітки буріють та згодом опадають. Тому тема з дослідження вивчення стійкості різних сортів лохини до цього фітофага є актуальною.

Мета дослідження

Мета роботи полягала у визначити стійкість окремих сортів лохини відносно квіткових трипсів.

Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- з'ясувати заселеність китиць лохини личинками квіткового трипса;
- визначити різновікова личинка квіткового трипса в насадженнях агроценозу лохини;
- оцінити енергетичну та господарську ефективність лохини.

Матеріали і методи

Роботу виконували упродовж 2023–2025 рр. в умовах Центрального Полісся України. Методи дослідження ґрунтувалися на статистичних та лабораторних показниках.

Статистичний метод полягав у відборі зразків китиць з рослин лохини для проведення обліку личинок та дорослих особин за допомогою біокуляра в лабораторії. За дослідний період (2023–2025 рр.) був проведено моніторинг фітосанітарного стану поля агроценозу лохини в Центральному Поліссі України площею 1,0 га по визначенню квіткового трипса на різних сортових ділянках лохини.

Ґрунт у дослідженнях суглинковий підзолистий, глейовий. Гумус в орному шарі за нашими дослідженнями становив 1,15 %, фосфор 64,0 мг/кг, калій 44 мг/кг, азот 52 мг/кг ґрунту.

Експериментальні дослідження проведено на колекції різних сортів лохини, зокрема на сортах: Река, Дюк, Блюголд, Нельсон, Еліот, Чендлер.

Сипінь заселення різних сортів лохини квітковим трипсом визначали за формулою 1 [14].

$$K_3 = \frac{Y_d}{Y_c}, \quad (1)$$

де: Y_d – чисельність фітофага на дослідному сорті;
 Y_c – чисельність фітофага на сорті стандарті.

Рівень загальної стійкості урожайності сорту лохини визначили за формулою 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].

Ступінь заселення лохини квітковим трипсом визначено за Європейською шкалою (*табл. 1*).

Таблиця 1

Європейська шкала прояву ознак заселення лохини квітковим трипсом

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	дрібно-осередкове	26 – 50
6–7	сильна	виражено осередкове	51 – 75
8–9	дуже сильна	сильне	> 75

Джерело: [14].

Результати та їх обговорення

Проведеними експериментальними дослідженнями поєднано фенологічний розвиток квіткового трипса з фенологічним календарем різних сортів лохини, що дозволили вивчити стійкість різних сортів лохини до сисного фітофага.

Як відомо, абіотичні фактори відіграють важливу роль у життєздатності квіткового трипса. Зокрема, під час зимової діпаузи фітофага важливим є наявність снігу. Шар снігу, що покриває землю зберігає трипсів від вимерзання, за рахунок чого діпауза фітофага проходить успішно. Безморозний весняний період також сприяє гарній перезимівлі фітофага, оскільки квітковий трипс не витрачає багато енергії та поживних речовин під час весняного метаморфозу. Також, весняний температурний режим ґрунту має складати не нижче 10–15 °. Так температура є сприятливою для повної реактивації особин з зимуючої стадії [11, 12].

Відомо, що квітковий трипс відноситься до ряду вйчастокрих або трипсів, що мають неповне перетворення [11]. Біологічний розвиток цього фітофага розпочинається рано навесні при температурі ґрунту 10 ° за Цельсієм. Квітковий трипс має імагоподібну личинку та колюче-сисний ротовий апарат, при якому процес живлення є позашлунковим [12]. За такого процесу живлення личинка успішно переходить вікову градацію за два або три тижні.

При визначенні різновікового складу личинок квіткового трипса на різних сортах лохини отримано неоднакові значення, що наведено в *таблиці 2*.

Таблиця 2

Різновікова заселеність лохини личинками квіткового трипса, екз.

Сорт	Різновікова личинка, вік*			
	1	2	3	4
Ранні сорти				
Река	19	16	19	20
Дюк	21	17	22	19
Середні сорти				
Блюголд	16	19	13	15
Нельсон	18	14	16	17
Пізні сорти				
Еліот	12	11	13	14
Чендлер	13	14	12	15

Примітка: * – 1–4 віковий стан личинки.

З даних *таблиці 2* видно, що сортовий стан сортів які розбиті на ранні, середні, та пізні, різновікова тенденція має свої переваги, а саме заселення квітковим трипсом відбувається насамперед на ранніх сортах, оскільки лохина розпочинає своє цвітіння в першій половині травня і триває близько трьох – чотирьох тижнів. У цей період з'являються крилаті особини для кладки яєць. Різновікова личинка саме на ранніх сортах має найбільшу чисельність порівняно з пізніми сортами. Личинка першого віку має розбіжності в чисельності квіткового трипса від 21 до 12 шт. на дзвоноподібне гроно. Тенденція заселеності квітковим трипсом лохини збільшується за сортовою гамою ранніх, середніх та пізніх сортів. Порівняно між ранньостиглими та пізніми сортами заселеність має потенційне зменшення. Використовуючи європейську шкалу (*табл. 1*), ступінь заселеності квіткового трипса на лохині за віковим діапазоном приведено на *рисунках 1, 2, 3 та рис. 4*.

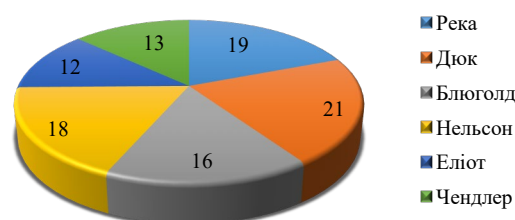


Рис. 1. Ступінь заселеності лохини личинковою стадією квіткового трипса першого віку, %

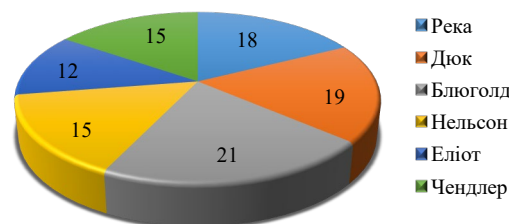


Рис. 2. Ступінь заселеності лохини личинковою стадією квіткового трипса другого віку, %

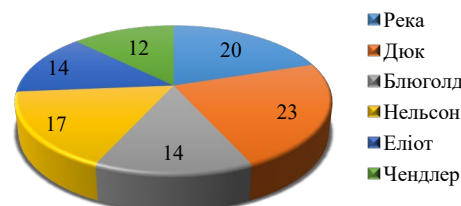


Рис. 3. Ступінь заселеності лохини личинковою стадією квіткового трипса третього віку, %

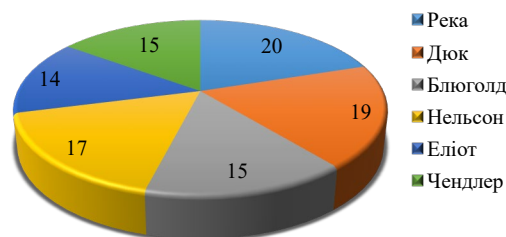


Рис. 4. Ступінь заселеності лохини личинковою стадією квіткового трипса четвертого віку, %

Згідно з фітосанітарним моніторингом продемонстровано метаморфоз личинок різної вікової стадії квіткового трипса за сортовою стійкістю лохини. Зважаючи на сортову колекцію лохини, яка в дослідженнях поділяється на ранні, середні та пізні сорти, квітковий трипс, який заселяє квіткове ложе лише при цвітінні лохини. Звісно, ранньостиглі сорти піддаються заселенню фітофагом раніше, оскільки

цвітіння в таких сортів спостерігали в першій декаді травня. Проведений моніторинг личинкової стадії квіткового трипса, який спостерігали на лохині під час цвітіння, дав можливість побудувати логістичну модель фенологічного прогнозування появи постембріонального личинкового періоду квіткового трипса на лохині (*табл. 3*).

Таблиця 3

Фенологічне прогнозування початку розвитку личинкового періоду квіткового трипса

Сорти	Етап фенофази	Рівняння регресії	Дати		Відхилення	
			прогнозовані	фактичні		
Река	VII	$Y = 334,34 - 14,76X_1 - 11,33X_2$	$R^2 = 0,88;$	05.05	08.05	-3
Дюк	VII	$Y = 313,07 - 12,15X_1 - 11,61X_2$	$R^2 = 0,84;$	07.05	09.05	-2
Благоголд	VII	$Y = 318,02 - 10,61X_1 - 12,76X_2$	$R^2 = 0,83;$	27.05	30.05	-3
Нельсон	VII	$Y = 309,21 - 11,60X_1 - 12,16X_2$	$R^2 = 0,86;$	28.05	30.05	2
Еліот	VII	$Y = 314,52 - 13,65X_1 - 12,03X_2$	$R^2 = 0,80;$	8.06	12.06	-4
Чендлер	VII	$Y = 310,29 - 10,41X_1 - 12,26X_2$	$R^2 = 0,89;$	11.06	14.06	-3

Примітки: VII – фенофаза цвітіння; X_1 - X_2 – температурний поріг.

Дані *таблиці 3* свідчать про те, що личинкова стадія квіткового трипса розпочинає свій біологічний цикл розвитку на ранніх сортах у першій декаді травня. Середні сорти проявили личинкову стадію на кінець травня, а на Еліот та Чендлер (пізні сорти) личинки з'явилися у першій декаді червня. Результати досліджень свідчать про подовжений цикл розвитку квіткового трипса на лохині, який безпосередньо залежить від етапу фенофази цвітіння різностиглих сортів. Так, сорти пізні порівняно із ранніми мають подовжений біологічний розвиток, а тому пошкодження китиць квітковим трипсом не таке вразливе.

Проведене фенологічне прогнозування квіткового трипса в агроценозі лохини є досить точним з похибкою у 2–4 дні. А тому для своєчасного проведення технологічних заходів, які цілеспрямовані на захист насаджень лохини, система прогнозування є надзвичайно важливим етапом.

Висновки

У агроценозі лохини Житомирської області виявлено найбільш шкідливий фітофаг квіткового трипса. Згідно із дослідженнями з'ясовано стійкість різних за стиглістю сортів лохини до квіткового трипса, а саме ранні, середні та пізні сорти. Оскільки у пізніх сортів фенофаза цвітіння подовжується до 30 днів, тому масове заселення квітковим трипсом лохини відбувається насамперед на ранніх сортах. Найкращий результат за стійкістю лохини до квіткового трипса отримано на пізніх сортах Еліот і Чендлер. Тому вирощування цих сортів проти квіткового трипса можна рекомендувати для впровадження у виробництво.

Перспектива подальших досліджень. На основі наведених фенологічних даних біологічного розвитку квіткового трипса на лохині можна розробити короткострокові сезонні прогнози зі шкідливості фітофага сортової колекції.

Конфлікт інтересів

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

References

- Stoliar, S. H., & Trembitska, O. I. (2025). Rationale for expanding the range cultivation of niche crops in Polissya of Ukraine for healthy nutrition. *Podolian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 46, 108–113. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.15>
- Plyta, S. (2007). Nowe perspektywy dla czarniej porzeczki. *HASLO Ogrodnicze*, 5, 90–91.
- 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>
- Moreno, A., Nebreda, M., Diaz, B. M., García, M., Salas, F., & Fereres, 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>
- Blaszczynska, B. (2007). Przyszlosc plantacji porzeczkowych *Warzywa*, 6, 36–39.
- Karpyshyn, O. V., & Moisiienko, V. V. (2025). Leaf diagnostics for optimization of nutrition of winter spelt plants in Polissya. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 11, 143–151. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.15>
- Kotyuk, L., Rakhmetov, D., Ivashchenko, I., & Kotyuk, V. (2025). Secondary metabolites of medicinal-aromatic plants of the lamiaceae martinov family. *Ecological Sciences*, 1 (58), 107–112. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.18>
- Ivashchenko, I., Kotyuk, L., Bakalova, A., & Hrytsiuk, N. (2024). Raw material productivity of *Serratula coronata* L. under the conditions of its introduction in Central Polissia of Ukraine. *Ecological Sciences*, 2 (53), 199–204. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.2-53.27>
- Kotyuk, L., Ivashchenko, I., Zhytova, O., & Kotyuk, V. (2024). Phytochemical characteristics of lesser-known medicinal plants: summer savory (*Satureja hortensis*) and crested latesummer mint (*Elsholtzia ciliata*). *Ecological Sciences*, 3 (54), 228–234. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.31>
- Ivashchenko, I., Kotyuk, L., Bakalova, A., & Hrytsiuk, N. (2023). Seasonal rhythms of plant development of *Serratula coronata* L. cultivated in Central Polissya of Ukraine. *Ecological Sciences*, 4 (49), 200–204. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.26>

11. Bakalova, A., Tytarenko, V., Hrytsiuk, N., & Ivaschenko, I. (2023). Prediction of Cecidoflopsis ribis from implementation of modernized spraying system. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 5–10. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.01.01>
12. Vyshnivskyi, P. S., & Mozharivska, I. A. (2023). Features of growing energy crops on low-productivity lands of the Polissia of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 129, 27–31. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.4>
13. Palapa, N., Nagomiuk, O., Gulinchuk, R., Ustymenko, O., & Gurmanchuk, O. (2023). Problems of rural areas of Ukraine in the context of European integration processes. *Agroecological Journal*, 3, 6–17. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287759>
14. Trembitska, O., & Bohdan, S. (2023). Regenerative agriculture in ensuring environmental and economic security. *Agrosvit*, 21, 89–96. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.21.89>
15. Bakalova, A., & Derecha, O. (2016). Biological resistance of blackcurrant varieties to spider mite (*Tetranychus urticae*). *Scientific Horizons*, 19 (2), 87–94.
16. Bakalova, A. V., Titarenko, V. E., Radko, V. G. & Klymenko, O. I. (2017). Improvement of sprayer design elements to improve the technology of blackcurrant protection against pests. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, 3/1 (87), 3–10.
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*, 11 (1). Retrieved from: <https://thefutureoffoodjournal.com/article-view/?id=484>
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>
 N. Gritsyuk  <https://orcid.org/0000-0002-4185-7495>



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

Assessment of disease resistance, yield and seed quality of modern soybean varieties

A. Rybalchenko✉ | R. Isakov

Article info

Correspondence Author

A. Rybalchenko

E-mail:

anna.rybalchenko@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine**Citation:** Rybalchenko, A., & Isakov, R. (2025). Assessment of disease resistance, yield and seed quality of modern soybean varieties. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 57–64. doi: 10.31210/spi2025.28.04.08

Soybean is an extremely important crop for the agro-industrial complex of Ukraine. The key components of soybean varietal diversity include high yield, seed quality, ecological resistance to adverse environmental factors, as well as economic feasibility of cultivation. The article analyzes soybean variety resources in terms of resistance to diseases such as fusarium, ascochytirosis, peronosporosis, bacteriosis, and septoria. The yield of soybean varietal diversity, grain quality in terms of protein and oil content, and environmental sustainability were analyzed. Soybean varieties combining complex disease resistance with a high level of genetic yield potential were identified. The resistance of soybean varieties to adverse environmental factors during the growing season was determined. The study of soybean varietal resources was conducted based on the analysis of the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine for 2024. Soybean varieties characterized by comprehensive disease resistance and high yield have been identified: Phrine, Kingston, Liska, Combinator, Smaragd, ES Kolektor, AFK Tempo, Stein 07Zh22, Stine 11N20, Attractor, Kobuko, Abaka, AFK Sprin, RZhT Satelia, ES Visitor, RZhT Sakuza, Sussex, RZhT Salsa, Alvesta, OAC Candy, OAC Attica, Alicia, ES Competitor, Dakota, Christian, Sahara, Pocahontas, Achilea. The yield of the selected soybean varieties ranged from 3.5 t/ha for the Phrine variety to 4.38 t/ha for the Achilea variety. The protein content of the selected soybean varieties varied from 37.2 % for the Phrine variety to 44.6 % for the Liska variety. The oil content ranged from 18.5 % in the EC Competitor variety to 22.6 % in the Phrine variety. The resistance to seed shedding in the selected soybean varieties was at the level of 9 points, only the varieties OAC Candy, ES Visitor, Abaka, and Stein 07Zh22 had resistance to shedding of 8 points. The indicator of plant resistance to lodging was the most variable: among the 28 selected varieties, 18 varieties scored 9 points, 7 varieties scored 8 points, 2 varieties scored 7 points, and 1 variety scored 6 points. Drought resistance in conditions of climate change is an important adaptive property of the variety. Among the 28 selected soybean varieties, 23 varieties had a drought resistance level of 9 points, 4 varieties had 8 points, and 1 variety had 7 points. The varietal potential of soybeans includes varieties that differ in disease resistance, yield, seed quality, and environmental sustainability.

Keywords: soybean, variety, resistance, diseases, fusarium, ascochytirosis, peronosporosis, bacteriosis, septoria, yield.

Оцінка стійкості до хвороб, урожайності та якості насіння сучасних сортів сої

А. М. Рибальченко | Р. Р. Ісаков

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Со́я є надзвичайно важливою культурою для агропромислового комплексу України. Головною складовою частиною сортового різноманіття сої має бути висока урожайність, якість насіння, екологічна стійкість до несприятливих факторів довкілля, а також економічна доцільність вирощування. У статті проаналізовано сортові ресурси сої за показниками стійкості до таких хвороб, як фузаріоз, аскохітоз, переноспороз, бактеріоз, септоріоз. Проаналізовано урожайність сортового різноманіття сої, якісний склад зерна за показниками вмісту білка та олії, екологічну стійкість. Виділено сорти сої, що поєднують комплексну стійкість до хвороб з високим рівнем генетичного потенціалу урожайності. Визначено стійкість сортів сої до несприятливих екологічних факторів протягом періоду вегетації. Дослідження сортових ресурсів сої виконано на основі аналізу Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2024 рік. Виділено сорти сої з комплексною стійкістю до хвороб та високим рівнем урожайності: Фрине, Кінгстон, Ліска, Комбінатор, Смарагд, ЕС Колектор, АФК Темпо, Стайн 07Ж22, Стіне 11Н20, Атрактор, Кобуко, Абака, АФК Спрін, РЖТ Сателія, ЕС Візитор, РЖТ Сакуза, Сассекс, РЖТ Сальса, Альвеста, ОАЦ Кенді, ОАЦ Аттіка, Алісія, ЕС Компетитор, Дакота, Крістіан, Сахара, Покахонтас, Ахілея. Урожайність у названих сортів сої перебувала в межах від 3,5 т/га у сорту Фрине та до 4,38 т/га у сорту Ахілея. Вміст білка у виділених сортів сої варіював від 37,2 % у сорту Фрине до 44,6 % у сорту Ліска. Вміст олії знаходився в межах від 18,5 % у сорту ЕС Компетитор до 22,6 % у сорту Фрине. Стійкість до обсипання насіння у виділених сортів сої була на рівні 9 балів, лише у сортів ОАЦ Кенді, ЕС Візитор, Абака, Стайн 07Ж22 стійкість до обсипання становила 8 балів. Показник стійкості рослин до вилягання був найбільш варіабельним: у 18-ти сортів з 28 виділених стійкість до вилягання становила 9 балів, у 7-ми сортів – 8 балів, у 2-х сортів – 7 балів, у 1-го сорту – 6 балів. Стійкість до посухи в умовах змін клімату є важливою адаптивною властивістю сорту. З 28-ми виділених сортів сої – у 23-х сортів рівень стійкості до посухи становив 9 балів, у 4-х сортів – 8 балів, у 1-го сорту – 7 балів. Сортовий потенціал сої містить сорти, що відрізняються стійкістю до хвороб, урожайністю, якістю насіння, екологічною стійкістю.

Ключові слова: соя, сорт, стійкість, хвороби, фузаріоз, аскохітоз, переноспороз, бактеріоз, септоріоз, урожайність.**Бібліографічний опис для цитування:** Рибальченко А. М., Ісаков Р. Р. Оцінка стійкості до хвороб, урожайності та якості насіння сучасних сортів сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 57–64.

Вступ

Со́я – провідна зернобобова культура світового та українського землеробства, яка поєднує високу харчову, кормову, технічну та агроекологічну цінність. Для розширення посівних площ сої, а також підвищення урожайності культури ефективним заходом буде впровадження новітніх сортів, які будуть мати високий рівень продуктивності та високий рівень стійкості до основних хвороб. Відомо, що посіви сої здатні уражатися понад 50 хворобами. Патогенні організми здатні призвести до значних втрат врожаю сої (за умов епіфітотії – на 60 %) [1].

Сучасні технології вирощування сої мають бути направлені на управління процесами формування високої продуктивності, а також орієнтуватися на використання культурою біологічного потенціалу продуктивності [17, 21].

Разом з високою продуктивністю та якістю урожаю стійкість сортів до хвороб набуває тепер такого ж важливого значення. У виробничих умовах вирощування стійких сортів має цілу низку вагомих переваг, основними з яких є зменшення втрат урожаю, підвищення якості продукції, менша шкодочинність патогенів [23].

Одним з головних завдань сучасної селекційної роботи зі створення сортів сої є їх адаптивність до несприятливих факторів навколишнього середовища та здатність максимально реалізувати свій потенціал продуктивності у поєднанні з високою якістю насіння. Однією з основних складових частин сортового різноманіття сої має бути висока якість урожаю, екологічна стійкість до несприятливих факторів довкілля, а також економічна доцільність вирощування [6].

У селекційних програмах суттєва увага належить напряму підвищення стійкості до хвороб. Селекційна робота зі створення стійких сортів полягає в ретельному вивченні вихідного матеріалу, встановленні генетичної цінності і особливостей успадкування цінних господарських ознак. Для вивчення стійкості в польових умовах використовують штучно створені інфекційні та провокаційні фони, а в лабораторних умовах – експрес методи [25].

Збитки врожаю через хвороби у світі сягають щорічно приблизно 30%. В Україні останніми роками помітно збільшилися втрати рослинницької продукції, і лише від хвороб вони становлять усереднено 12–15 %, а в час їхніх епіфітотій втрати врожаю можуть становити до 50 % [18].

Стійкість сортів до шкідливих організмів набуває тепер такого ж важливого значення, як висока продуктивність та якість урожаю. Вирощування стійких сортів у виробництві має низку істотних переваг, основними з яких є обмеження втрат урожаю, підвищення якості продукції, зниження шкідливості патогенів, підвищення ефективності усіх захисних заходів. У первинному ареалі походження сої культурної найбільш шкодочинними є фузаріоз, септоріоз, пероноспороз, церкоспороз, аскохітоз, бактеріози (кутуватий та пустульний), а також вірусна мозаїка. У Європейському регіоні – вугільна, сіра та біла гнилі, фузаріоз, пероноспороз, септоріоз, альтернаріоз,

фітофтороз, рак стебла, бактеріальний опік, сім'ядольний бактеріоз, бактеріальне в'янення, пустульна плямистість, вірусні захворювання [16].

Найбільш поширеними та шкодочинними хворобами в умовах південної частини Степу України є аскохітоз, бактеріальний опік, бура кутаста плямистість. Одним із ефективних засобів захисту в технології вирощування сої є вирощування стійких сортів [22].

Разом із розширенням посівних площ сої в північному Лісостепу, де вологий клімат, загроза масового прояву хвороб на культурі зростає. Найбільш небезпечними хворобами тут є кутаста бактеріальна плямистість листя, пустульний бактеріоз, пероноспороз, септоріоз та аскохітоз [15].

Вивчення стійкості селекційного матеріалу сої до патогенів важливо проводити на різних етапах селекції. Одним із шонайперших завдань є пошук джерел стійкості до основних хвороб, оцінка рівня стійкості сортів, запропонованих виробництву [13].

Найбільш поширені хвороби сої: аскохітоз, переноспороз, борошніста роса. Технологія вирощування сої має передбачати як профілактичні, так і агротехнічні заходи у боротьбі з хворобами. Проти кореневих гнилей, переноспорозу, білої та сірої гнилей насіння протруюють Бенлатом 50 %, 3 кг/т зерна; проти аскохітозу, фузаріозу, бактеріозу – Фундазолом 50%, 3–4 кг/т. Витрата води для протруєння становить 5–10 л/т зерна. На легких ґрунтах насіння сої перед висівом можуть обробляти молібдатом амонію, натрію, із вмістом 30–35 % молібдену (40–50 г препарату на гектарну норму зерна), що підвищує стійкість рослин до грибкових та бактеріальних хвороб у 1,5–4 рази. У день сівби насіння сої обробляють Ризоторфіном (норма препарату становить 200–300 г на гектарну норму зерна), що суттєво знижує розвиток переноспорозу в межах 7–15 % [5].

Варто відзначити, що серед агротехнічних заходів у боротьбі з хворобами сої важливим фактором є сівба в оптимальні строки, а також загортання насіння на глибину 3–4 см, що прискорює його проростання і зменшує ураження сходів бактеріальними хворобами. Так, більш пізні посіви сильніше уражуються хворобами. При обстеженні посівів та виявленні на листках сої перших ознак аскохітозу, переноспорозу, церкоспорозу, антракнозу і бактеріозу доцільно проводити обприскування бордоською рідиною (4 кг/га за мідним купоросом). Витрати робочої рідини при наземних обробках – 300–400 л/га [12].

При обробці посівів фунгіцидами важливо враховувати інформацію, що міститься у Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [2].

Ткачук О. П., Алексєєв О. О. зазначають, що за всіма групами стиглості у сортів сої, проаналізованих в Державному реєстрі, середня стійкість до хвороб була високою. Найстійкішими до хвороб були сорти середньопізньостиглої групи – 9,0 балів, що є найвищим балом з можливих. Група ультраскоростиглих сортів мала середній бал стійкості до хвороб – 8,8, група середньоранньостиглих і середньостиглих – по 8,6 балів, група ранньостиглих – 8,5 балів [19].

У Лівобережному Лісостепу України реалізація генетичного потенціалу продуктивності новітніх сортів сої досягає лише 50–70 %. Такий показник низької реалізації генетичного потенціалу сортів сої пов'язаний з цілим комплексом факторів, де безумовно значний вплив має фітосанітарний стан посівів. Суттєвий вплив на формування урожайності культури мають грибні та бактеріальні хвороби сої [10].

Доволі шкодочинними є збудники кореневих гнилей, котрі здатні зберігатися як у ґрунті, так і в насінневому матеріалі. Ознаки ураження можна спостерігати від фази проростання насіння до повної стиглості культури. Інтенсивне поширення та розвиток корневих гнилей спричиняє накопичення патогенів у ґрунті та сприятливі погодно-кліматичні умови для їх розвитку [14].

Ефективні системи захисту сої від корневих гнилей мають забезпечувати діагностику хвороби зі встановленням видової приналежності патогену та джерел інфекції [4].

Фузаріоз є однією з найбільш шкідливих хвороб сої, що спостерігається у всіх зонах вирощування культури в Україні. Досить сильна поширеність фузаріозів спостерігається через широке видове різноманіття грибів роду *Fusarium* Link, а також значний спектр їх пристосувальних реакцій. Видове різноманіття грибів роду *Fusarium*, які уражують сою в умовах Лісостепу України: *F. oxysporum*, *F. javanicum*, *F. solani*, *F. gibbosum*, *F. moniliforme*, *F. culmorum*, *F. sporotrichiella* [11].

Профілактичні заходи проти кореневої гнилі полягають у підборі стійких сортів, дотриманні сівозміни, використанні якісного посівного матеріалу [26].

Для ефективного вирощування у виробництві сортів сої необхідним є вивчення сортового різноманіття для максимальної реалізації генетичного потенціалу культури в умовах конкретного регіону.

Мета дослідження

Мета дослідження – проаналізувати сортові ресурси сої за показниками стійкості до фузаріозу, аскохітозу, переноспорозу, бактеріозу, септоріозу, екологічної стійкості, а також показниками урожайності та якості зерна.

Завдання дослідження: визначити бал стійкості сучасних сортів сої до таких хвороб, як фузаріоз, аскохітоз, переноспороз, бактеріоз, септоріоз; проаналізувати урожайність сортового різноманіття сої, якісний склад насіння за показниками вмісту білка та олії; виділити сорти сої, що поєднують комплексну стійкість до хвороб з високим рівнем генетичного потенціалу урожайності; проаналізувати екологічну стійкість сортів сої до несприятливих екологічних факторів протягом вегетації.

Матеріали і методи

Дослідження сортового складу сої на стійкість до фузаріозу (*Fusarium* Link), аскохітозу (*Ascochyta* *jaecola* Abramov), переноспорозу (*Peronospora*

manshurica Sydow), бактеріозу (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*), септоріозу (*Septoria glycines* T. Hemmi), показники урожайності та якості зерна, екологічну стійкість здійснено на основі аналізу Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2024 рік [3], Офіційних описів сортів рослин за показниками господарської придатності для умов Лісостепу України у Бюлетенях «Охорона прав на сорти рослин» Інформаційно-довідкової системи «Сорт» [9]. Стійкість сортів сої до хвороб, посухи, вилягання рослин і обсіпання насіння визначена за дев'ятибальною шкалою (1–9 балів), згідно якої 9 балів – найвища стійкість, а 1 бал – найнижча.

Результати та їх обговорення

Для боротьби з хворобами сої, особливо цінним є створення та впровадження у виробничі умови стійких до них сортів. Використання у виробництві сортів, стійких до хвороб, є найбільш екологічно безпечним, економічно ефективним заходом [8].

Сорти сої згідно з державною кваліфікаційною експертизою із визначення придатності до поширення в Україні обов'язково оцінюють за стійкістю (толерантністю) до ураження хворобами. Агроекологічну стійкість сортів сої до хвороб визначають за величиною показників стійкості до ураження найпоширенішими хворобами: переноспорозом, аскохітозом, бактеріозом, септоріозом та фузаріозом. Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2024 рік налічував 340 сортів сої як вітчизняного, так і іноземного походження [3].

Рівень стійкості до фузаріозу на рівні 9 балів формували 200 сортів Державного Реєстру (рис. 1). Високу стійкість до фузаріозу на рівні 9 балів у поєднанні з високою урожайністю мали сорти: Фріне, Кінгстон, Ліска, Комбінатор, Смарагд, ЕС Колектор, АФК Темпо, Стайн 07Ж22, Стіне 11Н20, Атрактор, Кобуко, Абака, АФК Спрін, РЖТ Сателія, ЕС Візитор, РЖТ Сакуза, Сассекс, РЖТ Сальса, Альвеста, ОАЦ Кенді, ОАЦ Аттіка, Алісія, ЕС Компетітор, Дакота, Крістіан, Сахара, Покахонтас, Ахілеа.

180 сортів Державного Реєстру мали високу стійкість до аскохітозу на рівні 9 балів (рис. 2). Високу стійкість до аскохітозу на рівні 9 балів у поєднанні з високою урожайністю мали сорти: Ахілеа, Покахонтас, Дакота, ЕС Компетітор, Алісія, ОАЦ Аттіка, ОАЦ Кенді, Альвеста, Сассекс, РЖТ Сакуза, ЕС Візитор, Абака, Атрактор, Кобуко, Стіне 11Н20, Стайн 07Ж22, АФК Темпо, ЕС Колектор, Смарагд, Комбінатор, Фріне.

У 153-х сортів сої Державного реєстру стійкість до переноспорозу на рівні 9 балів (рис. 3). Високу стійкість до переноспорозу на рівні 9 балів та високу урожайність поєднували сорти: Ахілеа, Покахонтас, Алісія, АФК Спрін, Кобуко, Стайн 07Ж22, АФК Темпо, Комбінатор, Кінгстон, Фріне.

У 112-ти сортів сої Державного реєстру стійкість до бактеріозу на рівні 9 балів (рис. 4). Високу стійкість до бактеріозу на рівні 9 балів та високу урожайність поєднували сорти: Ахілеа, ЕС Компетітор, Алісія, Сассекс, РЖТ Сакуза, Стіне 11Н20, Стайн 07Ж22, Смарагд.

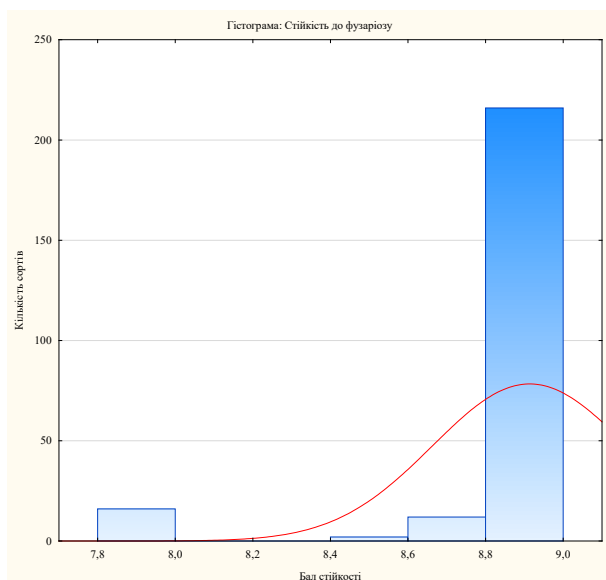


Рис. 1. Гістограма розподілу сучасних сортів сої за стійкістю до фузаріозу

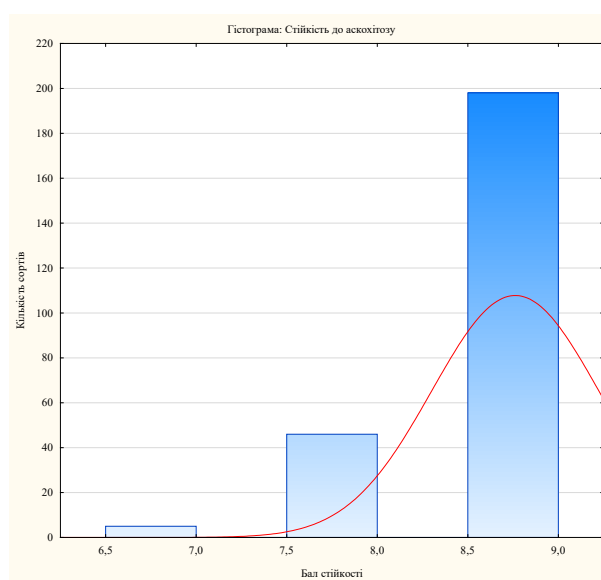


Рис. 2. Гістограма розподілу сучасних сортів сої за стійкістю до аскохітозу

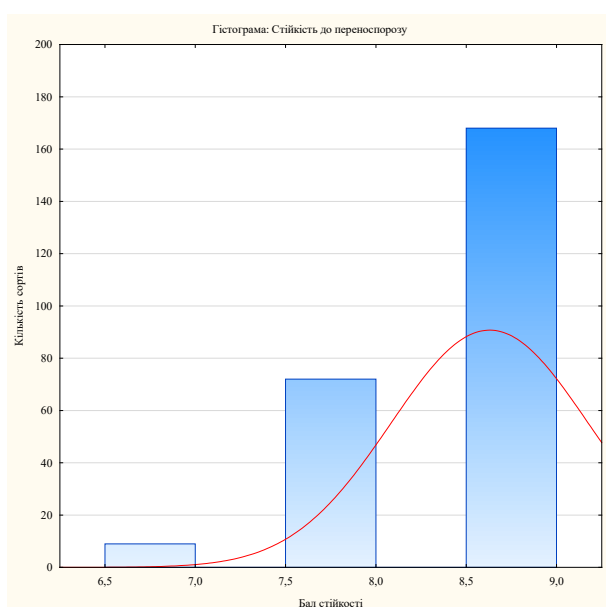


Рис. 3. Гістограма розподілу сучасних сортів сої за стійкістю до переноспорозу

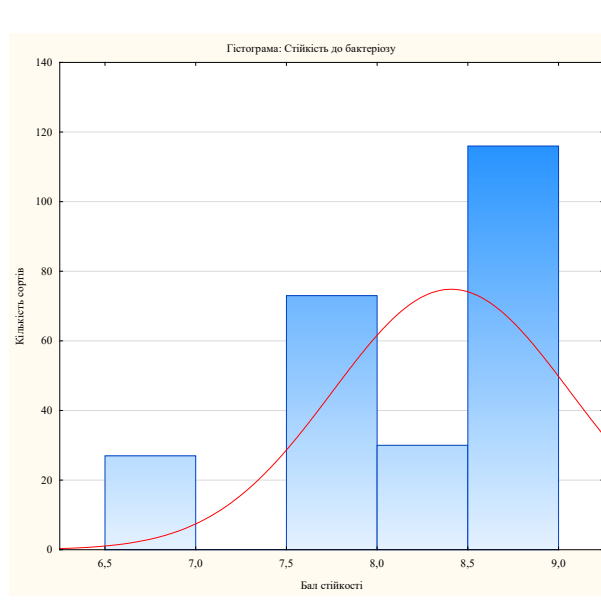


Рис. 4. Гістограма розподілу сучасних сортів сої за стійкістю до бактеріозу

У 138-ми сортів сої Державного реєстру стійкість до септоріозу на рівні 9 балів (**рис. 5**). Високу стійкість до септоріозу на рівні 9 балів та високу урожайність поєднували сорти: Крістіан, ЕС Компетітор, Алісія, Кобуко, Стіне 11Н20, Стайн 07Ж22, АФК Темпо, ЕС Колектор, Смарагд.

Сорти сої, стійкі до хвороб, мають певні особливості використання у виробництві. Вирощування таких сортів сприяє зменшенню ураження рослин основними хворобами сої (фузаріоз, аскохітоз, переноспороз, септоріоз, бактеріоз), що забезпечує стабільні сходи, кращий ріст і розвиток рослин упродовж вегетації. Вирощування сортів, стійких до хвороб, дає змогу скоротити кількість фунгіцидних обробок, що знижує виробничі витрати та підвищує екологічну безпеку вирощування культури. Сорти характеризуються більш стабільною урожайністю та якістю насіння при різних ґрунтово-кліматичних умовах, особливо в роки з підвищеною вологістю,

коли розвиток хвороб посилюється. Впровадження у виробництво сортів сої, стійких до хвороб, сприяє підвищенню економічної ефективності вирощування культури [20].

У результаті аналізу Державного реєстру сортів рослин за стійкістю до хвороб виділено сорти сої, які відрізнялися комплексною стійкістю до фузаріозу, аскохітозу, переноспорозу, бактеріозу, септоріозу та мали високий рівень формування урожайності, на рівні 3,5 т/га і вище: Фріне (3,50 т/га), Кінгстон (3,51 т/га), Ліска (3,52 т/га), Комбінатор (3,52 т/га), Смарагд (3,58 т/га), ЕС Колектор (3,63 т/га), АФК Темпо (3,64 т/га), Стайн 07Ж22 (3,65 т/га), Стіне 11Н20 (3,66 т/га), Атрактор (3,68 т/га), Кобуко (3,68 т/га), Абака (3,69 т/га), АФК Спрін (3,69 т/га), РЖТ Сателія (3,73 т/га), ЕС Візітор (3,75 т/га), РЖТ Сакуза (3,77 т/га), Сассекс (3,79 т/га), РЖТ Сальса (3,82 т/га), Альвеста (3,84 т/га), ОАЦ Кенді (3,87 т/га), ОАЦ Аттіка (3,91 т/га), Алісія (3,93 т/га),

ЕС Компетитор (3,96 т/га), Дакота (3,97 т/га), Крістіан (4,02 т/га), Сахара (4,05 т/га), Покахонтас (4,08 т/га), Ахілеа (4,38 т/га).

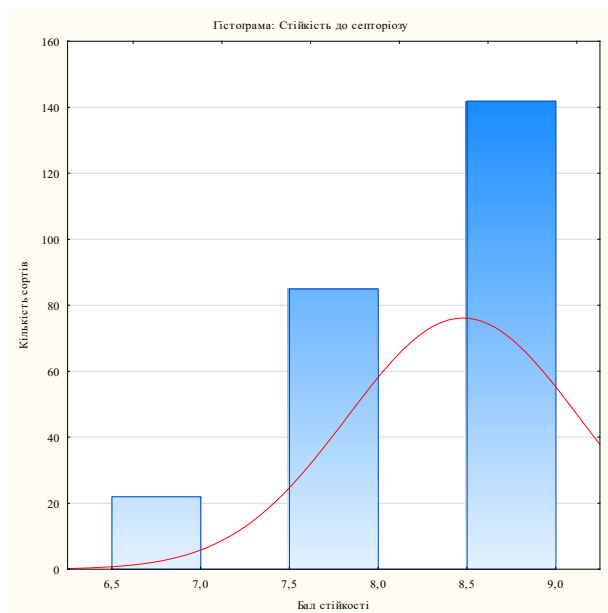


Рис. 5. Гістограма розподілу сучасних сортів сої за стійкістю до септоріозу

Виділені сорти сої разом з високою стійкістю до хвороб та урожайністю вище 3,5 т/га відрізнялися показниками якості зерна. Вміст білка у виділених сортах сої становив: Ліска (44,6 %), Комбінатор (43,2 %), ОАЦ Аттіка (42,1 %), РЖТ Сакуза (42,0 %), Абака (41,8 %), РЖТ Сальса (41,6 %), ЕС Компетитор (41,5 %), РЖТ Сателія (41,5 %), Ахілеа (41,4 %), Альвеста (40,4 %), АФК Спрін (40,4 %), Сассекс (40,4 %), ОАЦ Кенді (40,3 %), ЕС Візітор (40,2 %), Кінгстон (40,2 %), Стайн 07Ж22 (40,1 %), Алісія (40,0 %), Атрактор (40,0 %), ЕС Колектор (39,9 %), Покахонтас (39,6 %), Сахара (39,7 %), Смарагд (39,6 %), АФК Темпо (39,3 %), Дакота (39,3 %), Кобуко (39,1 %), Крістіан (38,5 %), Стіне 11Н20 (37,3 %), Фріне (37,2 %).

Вміст олії у виділених сортах сої становив: Фріне (22,6 %), Кобуко (22,3 %), АФК Темпо (22,1 %), Атрактор (22,0 %), Крістіан (22,0 %), ОАЦ Кенді (21,9 %), Покахонтас (21,9 %), Сассекс (21,9 %), Смарагд (21,9 %), Дакота (21,6 %), Альвеста (21,3 %), Кінгстон (21,3 %), ЕС Колектор (21,2 %), РЖТ Сателія (21,2 %), Сахара (21,2 %), Алісія (21,0 %), Ахілеа (20,8 %), ЕС Візітор (20,8 %), Стіне 11Н20 (20,8 %), АФК Спрін (20,6 %), ОАЦ Аттіка (20,6 %), РЖТ Сальса (20,6 %), РЖТ Сакуза (20,6 %), Стайн 07Ж22 (20,6 %), Абака (20,4 %), Комбінатор (19,5 %), Ліска (19,4 %), ЕС Компетитор (18,5 %) (табл. 1).

Таблиця 1

Показники стійкості сучасних сортів сої до хвороб, урожайності та якості насіння

Сорт	Стійкість, балів					Вміст, %		Урожайність, т/га
	фузаріозу	аскохітозу	переноспорозу	бактеріозу	септоріозу	білка	олії	
Ахілеа	9	9	9	9	8	41,4	20,8	4,38
Покахонтас	9	9	9	8	7	39,6	21,9	4,08
Сахара	9	8	8	8	8	39,7	21,2	4,05
Крістіан	9	8	8	7	9	38,5	22,0	4,02
Дакота	9	9	8	8	8	39,3	21,6	3,97
ЕС Компетитор	9	9	8	9	9	41,5	18,5	3,96
Алісія	9	9	9	9	9	40,0	21,0	3,93
ОАЦ Аттіка	9	9	8	8	8	42,1	20,6	3,91
ОАЦ Кенді	9	9	8	8	8	40,3	21,9	3,87
Альвеста	9	9	8	8	8	40,4	21,3	3,84
РЖТ Сальса	9	8	8	8	8	41,6	20,6	3,82
Сассекс	9	9	8	9	8	40,4	21,9	3,79
РЖТ Сакуза	9	9	8	9	8	42,0	20,6	3,77
ЕС Візітор	9	9	8	8	8	40,2	20,8	3,75
РЖТ Сателія	9	8	8	8	8	41,5	21,2	3,73
Абака	9	9	8	8	8	41,8	20,4	3,69
АФК Спрін	9	8	9	7	8	40,4	20,6	3,69
Атрактор	9	9	8	8	8	40,0	22,0	3,68
Кобуко	9	9	9	8	9	39,1	22,3	3,68
Стіне 11Н20	9	9	7	9	9	37,3	20,8	3,66
Стайн 07Ж22	9	9	9	9	9	40,1	20,6	3,65
АФК Темпо	9	9	9	8	9	39,3	22,1	3,64
ЕС Колектор	9	9	8	8	9	39,9	21,2	3,63
Смарагд	9	9	8	9	9	39,6	21,9	3,58
Комбінатор	9	9	9	7	8	43,2	19,5	3,52
Ліска	9	8	8	8	7	44,6	19,4	3,52
Кінгстон	9	7	9	8	7	40,2	21,3	3,51
Фріне	9	9	9	7	8	37,2	22,6	3,50

Сорт сої Алісія має стійкість до фузаріозу, аскохітозу, переноспорозу, бактеріозу, септоріозу на рівні 9 балів і формує урожайність 3,93 т/га.

Стайн 07Ж22 також має стійкість до фузаріозу, аскохітозу, переноспорозу, бактеріозу, септоріозу на рівні 9 балів і формує урожайність 3,65 т/га.

Формування високих показників стійкості до хвороб, на рівні 9 балів, і високого рівня урожайності стало можливим саме завдяки праці селекціонерів [24].

У дослідженнях вітчизняних учених встановлено, що у сегменті скоростиглих та ультраскоростиглих сортів сої, що внесені до Державного реєстру сортів рослин України на 2021 рік, найвищою стійкістю до хвороб відрізнялися сорти Авантюрин, Кобза, Діона, Аррата, Рогізнянка та Арніка, з рівнем стійкості по 9 балів; найбільш уразливими до хвороб були сорти сої Легенда – 8 балів, Геба – 8,5 бала. Переважна більшість сортів сої ранньостиглої групи є високо стійкими до хвороб, крім сортів Галлек, Опус, Вільшанка. Середній бал стійкості до хвороб досліджуваних сортів сої середньоранньостиглої сої становив 8,6 бала. Найвищий бал стійкості до хвороб – 9 балів, мали 97 сортів сої. Найнижчий бал стійкості до хвороб мали такі сорти: Артеміда – 6 балів, Асука, Витязь 50 – по 7 балів. Стійкість до хвороб

досліджуваних сортів сої середньостиглої групи становила 7–9 балів. Усі середньопізнєостиглі сорти сої були високостійкими до хвороб із балом стійкості 9 [7].

Створення стійких сортів є важливою складовою частиною інтегрованого захисту рослин, оскільки дозволяє поєднувати генетичну стійкість сорту із агротехнічними та біологічними заходами захисту.

На стійкість рослин сої до хвороб мають вплив як генотип сорту, так і погодні-кліматичні умови, що формуються під час вегетації. За тривалістю вегетаційного періоду сорти сої виділені з комплексною стійкістю до хвороб та високим рівнем урожайності розподілилися між двома групами стиглості: ранньостигла та середньостигла. В межах виділених сортів найбільш пізнєостиглий – Стіне 11Н20 мав тривалість періоду вегетації 133 доби, найбільш ранньостиглий – Абака, тривалість періоду вегетації становив 109 дів (*табл. 2*).

Таблиця 2

Показники екологічної стійкості сучасних сортів

Сорт	Тривалість вегетаційного періоду, дів	Стійкість, балів		
		обсіпання насіння	вилягання рослин	посухи
Ахілеа	121	9	9	9
Покахонтас	120	9	9	9
Сахара	114	9	9	9
Крістіан	124	9	7	9
Дакота	124	9	7	9
ЕС Компетитор	132	9	9	9
Алісія	114	9	9	9
ОАЦ Аттіка	125	9	8	9
ОАЦ Кенді	118	8	9	9
Альвеста	113	9	9	9
РЖТ Сальса	112	9	8	9
Сассекс	111	9	8	9
РЖТ Сакуза	115	9	8	9
ЕС Візітор	115	8	9	9
РЖТ Сателія	114	9	8	8
Абака	109	8	9	9
АФК Спрін	127	9	6	9
Атрактор	110	9	9	9
Кобуко	115	9	9	9
Стіне 11Н20	133	9	9	9
Стайн 07Ж22	119	8	8	8
АФК Темпо	115	9	9	9
ЕС Колектор	114	9	8	8
Смарагд	121	9	9	8
Комбінатор	117	9	9	7
Ліска	117	9	9	9
Кінгстон	116	9	9	9
Фріне	113	9	9	9

Стійкість до обсіпання насіння у виділених сортів сої перебувала на рівні 9 балів, лише у сортів ОАЦ Кенді, ЕС Візітор, Абака, Стайн 07Ж22 стійкість до обсіпання становила 8 балів. Показник стійкості рослин до вилягання виявився найбільш мінливим і розподілився між сортами: ОАЦ Аттіка – 8 балів, РЖТ Сальса – 8 балів, Сассекс – 8 балів, РЖТ Сакуза – 8 балів, РЖТ Сателія – 8 балів, ЕС Колектор – 8 балів, Стайн 07Ж22 – 8 балів, Крістіан – 7 балів, Дакота – 7 балів, АФК Спрін – 6 балів. У 18-ти сортів з 28-ми виділених бал стійкості до вилягання становив 9 балів. З 28-ми виділених сортів сої рівень стійкості до посухи становив 9 балів – у 23-х сортів, у сорту Смарагд – 8 балів, ЕС Колектор –

8 балів, Стайн 07Ж22 – 8 балів, РЖТ Сателія – 8 балів, Комбінатор – 7 балів. Стійкість до посухи в умовах змін клімату є важливою адаптивною властивістю сорту.

Висновки

У результаті аналізу Державного реєстру сортів рослин виділено сорти сої: Фріне, Кінгстон, Ліска, Комбінатор, Смарагд, ЕС Колектор, АФК Темпо, Стайн 07Ж22, Стіне 11Н20, Атрактор, Кобуко, Абака, АФК Спрін, РЖТ Сателія, ЕС Візітор, РЖТ Сакуза, Сассекс, РЖТ Сальса, Альвеста, ОАЦ Кенді, ОАЦ Аттіка, Алісія, ЕС Компетитор, Дакота, Крістіан,

Сахара, Покахонтас, Ахілеа, що відрізнялися комплексною стійкістю до таких хвороб як фузаріоз, аскохітоз, переноспороз, бактеріоз, септоріоз та формували високий рівень врожайності на рівні 3,5 т/га і вище. Урожайність у виділених сортів сої перебувала в межах від 3,5 т/га у сорту Фріне до 4,38 т/га у сорту Ахілеа. Вміст білка у виділених сортів сої варіював від 37,2 % у сорту Фріне до 44,6 % у сорту Ліска. Вміст олії був у межах від 18,5 % у сорту ЕС Компетитор до 22,6 % у сорту Фріне. Стійкість до обсіпання насіння у виділених сортів сої знаходилася на рівні 9 балів, лише у 4-х сортів – 8 балів. Показник стійкості рослин до вилягання був варіабельним: у 18-ти сортів з 28-х стійкість до вилягання – 9 балів, у 7-ми сортів – 8 балів, у 2-х сортів – 7 балів, у 1-го сорту – 6 балів. З 28-ми виділених сортів сої – у 23-х сортів рівень стійкості до посухи становив 9 балів, у 4-х сортів – 8 балів, у 1-го сорту – 7 балів. Найкращий сортовий потенціал культури забезпечує можливість обрати адаптивний до відповідних ґрунтово-кліматичних умов сорт сої, що матиме стійкість до хвороб, несприятливих умов навколишнього середовища, буде урожайним, з високими показниками якості насіння.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на визначення агроекологічної стійкості сучасних сортів сої до несприятливих абіотичних та біотичних стресів, що є актуальним завданням в умовах змін клімату.

Конфлікт інтересів

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

References

- Zabara, T., & Chereshnyuk, V. (2024). Agro-ecological aspects of soybean (*Glycine max* L.) cultivation in Ukraine. *Agroecological Journal*, 1, 108–116. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945>
- Derzhavnyi reestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini na 2025 rik. (n.d.). Ministerstvo zakhystu dovkillya ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrokhimikativ-dozvolenykh-dovykorystannya-v-ukrayini/> [in Ukrainian]
- Derzhavnyi reestr sortiv roslyn, prydatnykh dla poshyrennia v Ukraini na 2024 rik. (n.d.). *Ministerstvo ahrarynoy polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian]
- Kobak, S. Ya., Serevetyk, O. V., Kushnir, M. V., & Savchenko, V. O. (2017). Efektyvnist zastosuvannia biolohichnykh funhitsydiv u systemi zakhystu soi. *Kormy i Kormovyrobnystvo*, 83, 68–72. [in Ukrainian]
- Kucherenko, Ye. Yu. (2016). Suchasnyi stan selektsii soi na pidvyshchenu urozhainist i stiikist do bio- ta abiotychnykh chynnykiv. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Ahrarynoho Universytetu. Seriya Fitopatolohiia ta Entomolohiia*, 1-2, 37–46 [in Ukrainian]
- Mazur, V. A., Tkachuk, O. P., Pansyryeva, H. V., & Verholuk, S. D. (2022). Technologicality, ecologicality and productivity of medium-earring matching soybean varieties. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 1 (95). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.006>
- Mazur, V. A., Tkachuk, O. P., Pansyryeva, H. V., & Kupchuk, I. M. (2022). *Soia v intensyvnomu zemlerobstvi*. Vinnytsia: «Nilan-LTD» [in Ukrainian]
- Nevmerzhtiska, O. M., Plotnitska, N. M., & Gurmanchuk, O. V. (2023). Assessment of the efficiency of fungicides in the soybean protection system. *Taurian Scientific Herald*, 133, 71–77. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.10>
- Ofitsiini opysy sortiv roslyn ta pokaznyky hospodarskoi prydatnosti. Biuleteni «Okhorona prav na sorty roslyn» (n.d.). *Informatsiino-dovidkovii systemi «Sort»*. Retrieved from: <http://sort.sops.gov.ua/about> [in Ukrainian]
- Panfilova, A.V. & Tarabrina, A.-M. O. (2024). Phytopathological condition of soil and development of soybean diseases depending on cultivation technology in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 28, 85–91. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.13>
- Petrenkova, V. P., Kobyzieva, L. H., Adamenko, O. P., Kucherenko, Ye. Yu., & Zviahtseva A. M. (2020). *Stiikist soi do hrybiv rodu Fusarium Link*. Kharkiv: FOP Brovin O.V. [in Ukrainian]
- Pysarenko, V. M., & Pysarenko, P. V. (2002). *Zakhyst roslyn: ekolohichno obhrintovani struktury*. Poltava: Vydavnytstvo «InterHrafika» [in Ukrainian]
- Polishchuk, S. V., & Liaska, S. I. (2015). Stiikist sortiv soi do khvorob v umovakh pryrodnoho i shtuchnoho zara-zhennia roslyn. *Plant Breeding and Seed Production*, 103, 291–296. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2013.54136> [in Ukrainian]
- Pospelova, G., Kovalenko, N., Nechiporenko, N., Kocherga, V., Grechkosiy, A., & Skliar, S. (2023). Fungicidal protection of soy crops against root rot. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 5–10. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.01>
- Prus, L. I. (2016). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na biolohichnu aktyvnist hruntu, stiikist proty khvorob ta produktyvnist soi. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 7 (238), 4–8. [in Ukrainian]
- Rybalchenko, A. M. (2021). Metody selektsii soi na stiikist do zbudnykiv osnovnykh khvorob. *Suchasni aspekty i tekhnolohii u zakhysti roslyn: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. (s. 65–68). Poltava: PDAA [in Ukrainian]
- Rybalchenko, A. (2022). The peculiarities of soya variety resources and yield formation in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 18–25. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.02>
- Tkachenko, L. Yu., Rudavska, N. M., Tymchyshyn, O. F., Konyk, H. S., & Stasiv, O. O. (2024). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist soi. *Peredhirne ta Hirske Zemlerobstvo i Tvarynnystvo*, 75 (2), 138–146. [in Ukrainian]
- 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>
- Tkachuk, O. P., Didur, I. M., & Mazur, O. V. (2022). Adaptability, sustainability and productivity of mid-early soybean varieties. *Agrarian Innovations*, 16, 70–79. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.12>
- Fedoruk, I. V., Khmelianchyshyn, Yu. V., & Horodyska, O. P. (2020). Features of growth and development of soybean plants depending on the variety and cultivation technology elements. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 33, 54–61. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-7>
- Shuhurova, N. O., Dudareva, H. F., & Hryhorchuk, N. F. (2012). Otsinka stiikosti soi do osnovnykh hrybnykh ta bakterialnykh khvorob. *Naukovo-Tekhnichniy Biuleten Instytutu Oliynykh Kultur NAAN*, 17, 82–85. [in Ukrainian]
- Ingle, Y. V., Chandankar, G. D., Patil, P. V., & Patil, C. U. (2016). Evaluation of advance lines of soybean for resistance to major diseases under natural field condition. *Indian Journal of Agricultural Research*, 50 (1), 84–87. <https://doi.org/10.18805/ijare.v50i1.8590>
- Holiachuk, Y., Kosylovych, H., & Ivaniuk, V. (2025). Eficacia del tratamiento de semillas de soja (*Glycine max* [L.] Merr.) con fungicidas previo a la siembra. *Acta Agronómica*, 73 (2), 158–166. <https://doi.org/10.15446/acag.v73n2.116342>

25. Hossain, Md. M., Sultana, F., Mostafa, M., Adhikary, S., & Yamanaka, N. (2025). Advancing soybean rust resistance: Strategies, mechanisms, and innovations in gene pyramiding. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 139, 102770. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102770>
26. Hosseini, B., Voegelé, R. T., & Link, T. I. (2023). Diagnosis of soybean diseases caused by fungal and oomycete pathogens: existing methods and new developments. *Journal of Fungi*, 9 (5), 587. <https://doi.org/10.3390/jof9050587>

ORCID

A. Rybalchenko 
R. Isakov 

<https://orcid.org/0000-0002-2308-7853>

<https://orcid.org/0009-0001-7865-670X>



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

Biological and chemical control of chickpea (*Cicer arietinum* L.) pests under conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

V. Shuleshchenko✉

Article info

Correspondence Author

V. Shuleshchenko

E-mail:

vadym.shuleshchenko@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Shuleshchenko, V. (2025). Biological and chemical control of chickpea (*Cicer arietinum* L.) pests under conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 65–73. doi: 10.31210/spi2025.28.04.09

Chickpea is a strategically important pulse crop, the expansion of its acreage being constrained by a complex of pests whose harmfulness intensity significantly increases under conditions of global climate change and increased hydrothermal stress. The aim of the study was to investigate the population dynamics of key chickpea phytophages and to evaluate the effectiveness of biological and chemical protection systems on the Zekhavit and Kira varieties. Field studies were conducted on experimental plots in the Myrhorod district of the Poltava region during 2023–2024. The objects of the study were two chickpea varieties: Zekhavit and Kira. The subject of the research covered the dynamics of spread, species composition, and the degree of harmfulness of the phytophage complex, as well as the comparative effectiveness of biological and chemical insecticidal protection schemes. It was established that in the extremely droughty year of 2024, the total plant infestation index on the control variants increased by 26–28 % compared to 2023. This increase was directly caused by a significant rise in the population of dominant pests such as the leaf miner fly, thrips, and moths. A comparison of the varieties revealed that the Kira variety demonstrated higher natural resistance to the pest complex compared to the Zekhavit variety in the unprotected plots. However, the application of any protection measures, particularly the chemical ones, leveled the detected varietal differences, indicating the dominant influence of the protection system over varietal characteristics in years of high risk. The biological scheme, based on the use of entomopathogenic agents, provided an average reduction in the total infestation index by 44–46 %. Its effectiveness was sufficient against leaf miner flies, thrips, and moths, but its overall performance noticeably decreased during droughty periods due to unfavorable conditions for the viability and reproduction of biological agents. The chemical protection scheme demonstrated the highest stability and effectiveness, achieving a reduction in the infestation level by 72–74 % regardless of the variety and agro-climatic conditions. The obtained results highlight the strategic necessity of transitioning to an adaptive chickpea protection system, in which biological agents are recommended under moderate pest pressure, while the timely use of chemical insecticides is necessary to stabilize yields and combating extreme outbreaks of harmfulness under moisture-deficit conditions.

Keywords: adaptive strategy, harmfulness, varietal resistance, infestation level, *Agromyzidae*, *Bruchus pisorum*, *Delia platura*, *Helicoverpa armigera*.

Біологічний і хімічний контроль шкідників нуту (*Cicer arietinum* L.) в умовах Лівобережного Лісостепу України

В. А. Шулещенко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Нут є стратегічно важливою зернобобовою культурою, розширення посівних площ якої стримується комплексом шкідників, інтенсивність шкодочинності яких значно зростає в умовах глобальних кліматичних змін і посилення гідротермічного стресу. Мета – дослідити динаміку популяцій ключових фітофагів нуту й оцінити результативність біологічних і хімічних систем захисту на сортах Зехавіт і Кіра. Польові дослідження проводили на дослідних ділянках Миргородського району Полтавської області протягом 2023–2024 років. Об'єктом дослідження були два сорти нуту: Зехавіт і Кіра. Предмет дослідження охоплював динаміку поширення, видовий склад і ступінь шкодочинності комплексу фітофагів, а також порівняльну ефективність біологічної та хімічної схем інсектицидного захисту. З'ясовано, що в екстремально посушливому 2024 році сумарний індекс ураження рослин на контрольних варіантах зріс на 26–28 % порівняно з 2023 роком. Цей приріст був прямо зумовлений істотним збільшенням чисельності таких домінуючих шкідників, як мінююча муха, трипси та совки. При порівнянні сортів виявлено, що сорт Кіра продемонстрував вищу природну стійкість до комплексу шкідників порівняно із сортом Зехавіт на контрольних ділянках. Застосування будь-якої схеми захисту, особливо хімічної, нівелювало виявлені сортові відмінності, що доводить першочерговий вплив системи захисту над сортовими особливостями в роки високого ризику. Біологічна схема, заснована на застосуванні ентомопатогенних препаратів, забезпечила середнє зниження сумарного індексу ураження на 44–46 %. Її ефективність була достатньою проти мінюючих мух, трипсів і совок, але її загальна результативність помітно знижувалася в посушливі періоди через несприятливі умови для життєдіяльності та розмноження біологічних агентів. Хімічна схема захисту продемонструвала найвищу стабільність і результативність, досягаючи зменшення рівня ураження на 72–74 % незалежно від сорту й агрокліматичних умов. Отримані дані підкреслюють стратегічну необхідність переходу до адаптивної системи захисту нуту, де біологічні засоби доцільні за умов помірного навантаження, тоді як для стабілізації врожаю та боротьби з екстремальними спалахами шкодочинності в умовах дефіциту вологи необхідне своєчасне використання хімічних інсектицидів.

Ключові слова: адаптивна стратегія, шкодочинність, сортова стійкість, рівень ураження, *Agromyzidae*, *Bruchus pisorum*, *Delia platura*, *Helicoverpa armigera*.

Бібліографічний опис для цитування: Шулещенко В. А. Біологічний і хімічний контроль шкідників нуту (*Cicer arietinum* L.) в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 65–73.

Вступ

У сучасних умовах аграрного виробництва зростає увага до зернобобових культур як перспективних елементів раціоналізованих сівозмін, які сприяють підвищенню продуктивності агроєкосистем, покращенню родючості ґрунтів за рахунок фіксації атмосферного азоту, а також забезпеченню продовольчої та кормової безпеки [1, 2]. Зокрема, культура нут (*Cicer arietinum* L.) вирізняється серед бобових високим вмістом білка та комплексом поживних речовин, що робить її цінною як для споживання людиною, так і для кормового використання у тваринництві [3, 4]. У країнах з посушливим кліматом, таких як Індія й Іран, нут є важливою культурою, яка допомагає збільшити врожайність сільськогосподарських систем за рахунок своєї стійкості до сухих умов [5–7].

В Україні сівозміни та виробництво бобових останніми роками демонструють істотну динаміку: хоча площі під нутом залишаються порівняно невеликими, проте дослідження вказують на зростаючий інтерес до цієї культури як до економічно стабілізуючої альтернативи в умовах змін клімату та підвищених ризиків [8–10]. Особливо це актуально у Лісостеповій зоні України, зокрема на Лівобережжі, де погодні умови набувають більш вираженого гідротермічного стресу, що зумовлює необхідність адаптації технологій вирощування та захисту культури [11, 12]. Оскільки зміни клімату та нестача води збільшують ймовірність розвитку шкідників, ефективний контроль за ними стає необхідним елементом стратегії забезпечення стабільного врожаю.

У міжнародних наукових дослідженнях питання контролю основних шкідників нуту розглядається переважно в контексті двох базових підходів – біологічного та хімічного захисту і їх поєднання в загальну ІРМ-стратегію [3, 13]. Біологічні засоби, представлені препаратами на основі *Bacillus thuringiensis* (Bt), *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* та нуклео-полігедринових вірусів, у польових і лабораторних дослідженнях продемонстрували здатність значно знижувати чисельність совок, трипсів і мінуючих мух [14–16]. Ефективність цих агентів є найбільшою при помірних температурах і достатній вологості, тоді як у посушливих умовах вона зменшується, про що свідчать дані досліджень з Індії, Ірану, Туреччини й Австралії [17]. Водночас низка робіт описує перспективність використання трихограми для придушення популяції совок на ранніх стадіях розвитку шкідника [18].

Хімічний захист нуту в міжнародних дослідженнях визнано найбільш стабільним за умов інтенсивного фітосанітарного тиску. Препарати на основі хлорантраніліпролу, індоксакарбу, спіносаду та лямбда-цигалотрину показали високу ефективність у контролі *H. armigera*, трипсів та інших фітофагів за умови підвищених температур і дефіциту вологи, забезпечуючи суттєве зменшення пошкодження бобів і підвищення врожайності [19, 20]. У низці досліджень доведено, що хімічні інсектициди нового покоління є особливо результативними тоді, коли погодні умови знижують дієвість біологічних агентів [21].

Це підтверджує важливість порівняння двох незалежних систем захисту – біологічної та хімічної – в умовах регіональних кліматичних коливань.

Мета дослідження

Мета дослідження – встановити популяційну динаміку основних шкідників нуту та визначити результативність біологічних і хімічних схем захисту для сортів Зехавіт і Кіра з огляду на агрокліматичні особливості Лівобережного Лісостепу України.

Завдання дослідження: дослідити динаміку поширення основних видів шкідників нуту на різних сортах; проаналізувати вплив застосованих біологічних і хімічних препаратів на ураженість шкідниками рослин нуту; оцінити ефективність варіантів захисту для різних сортів нуту; визначити вплив кліматичних факторів на рівень розвитку шкідників.

Матеріали і методи

Польові дослідження виконували 2023–2024 років на експериментальних ділянках Миргородського району Полтавської області, що входить до зони Лісостепу України. Ґрунтовий покрив представлений типовими малогумусними чорноземами з вмістом гумусу 2,7 %, концентрацією мінерального азоту 32,2 мг/кг, рухомих сполук фосфору (P_2O_5) – 110 мг/кг та обмінного калію (K_2O) – 128 мг/кг; показник кислотності становив рН 6,8, що відповідає слабко-кислій реакції ґрунтового розчину й є сприятливим для вирощування зернобобових культур, зокрема нуту.

У досліді застосовували два сорти нуту – Зехавіт (середньостиглий, посухостійкий, стійкий до вилягання, з крупним жовтим насінням) та Кіра (середньоранній, толерантний до основних патогенів і адаптований до умов Центральної України).

Вирощування культури здійснювали за загальноприйнятою методикою для умов Лісостепу [22]. Як попередник використовували озиму пшеницю. Сівбу проводили у другій декаді квітня після прогрівання ґрунту на глибині 5–7 см до +6...+8 °С. Норма висіву становила 400–450 тис. схожих насінин/га, глибина загортання – 5–6 см, ширина міжрядь – 15 см. Площа облікової ділянки – 42 м², схему досліду виконано у триразовій повторності.

Перед висівом насіння обробляли інокулянтном «BiNitro Нут» (ENZIM, Україна), який містить активну культуру *Mesorhizobium ciceri* штаму МС 285 з титром не менше 2×10^9 КУО/мл і комплекс метаболітів (фітогормони, амінокислоти, вітаміни), що сприяють формуванню ефективної бульбочкової системи й оптимізації азотного живлення. Інокуляцію здійснювали за 1–2 години до сівби відповідно до рекомендацій виробника [23].

Вегетаційний період нуту (квітень–серпень) 2023 і 2024 років характеризувався різними погодними умовами, які істотно впливали на ріст і розвиток рослин (рис. 1). 2023 року середньомісячна температура зростала від 10,0 °С у квітні до 22,0 °С у серпні, тоді як 2024 року температурний фон був дещо підвищеним і коливався в межах 13,2–22,7 °С.

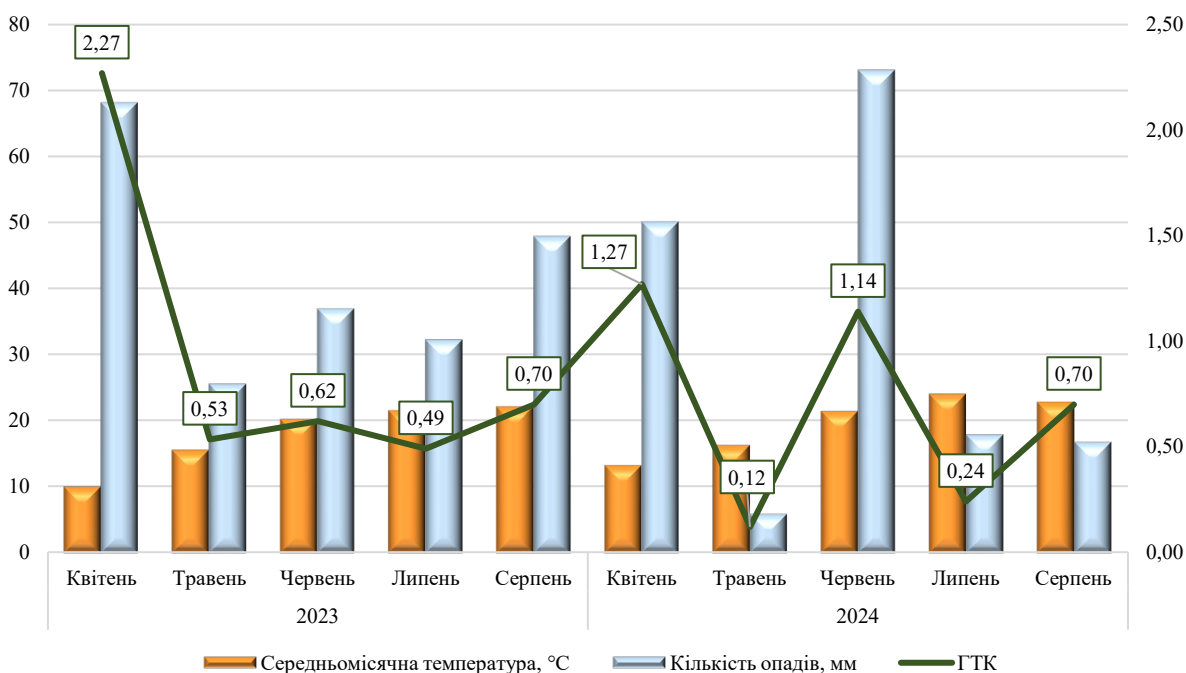


Рис. 1. Динаміка середньомісячної температури й опадів упродовж вегетаційного періоду вирощування нуту, 2023–2024 рр.

Кількість опадів за роками відрізнялась нерівномірністю. Найбільш зволеним місяцем 2023 року був квітень (68,2 мм), а 2024 року – червень (73,1 мм), тоді як решту періоду спостерігали дефіцит опадів.

Для оцінки вологозабезпечення розраховано гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за методикою Селянінова [24]. 2023 року значення ГТК свідчили про загалом задовільні умови зволоження: від 2,27 у квітні до 0,49–0,70 в літній період, що відповідає помірному рівню вологи. 2024 року умови були суттєво складнішими: достатнє зволоження відмічено лише у квітні (ГТК = 1,27) та червні (ГТК = 1,14), тоді

як у травні, липні та серпні сформувалася виражена посуха (ГТК = 0,12–0,24). Особливо критичним був травень 2024 р., коли при активному рості рослин ГТК становив лише 0,12.

Отримані погодні умови суттєво впливали на популяційну динаміку шкідників нуту й ефективність застосованих препаратів. Для оцінювання ефективності біологічних і хімічних методів контролювання основних шкідників нуту, що проявляли активність у різні фази органогенезу культури, було проведено дослід із використанням відповідних препаратів (*табл. 1*).

Таблиця 1

Схема застосування біологічних і хімічних інсектицидів у захисті нуту

Фаза розвитку нуту / основні шкідники	Біологічні заходи (препарат, норма)	Хімічні заходи (препарат, норма)
1. Передпосівна обробка насіння: - Паросткова муха (<i>Delia platura</i>) - Дротяники (<i>Elaterridae</i>), хрущі (<i>Melolonthinae</i>)	Метаризин (<i>Metarhizium anisopliae</i>), 1,5–2,0 л/т	Круїзер 350 FS (тіаметоксам, 350 г/л), 0,6 л/т
2. Сходи (BC1–BC2): - Паросткова муха - Совки (<i>Euxoaagricola</i> В., <i>Agrotisaegetum</i> Schiff., <i>Ceramicapisi</i> L., <i>Autographa gamma</i> L.) - Трипси (<i>Thysanoptera</i>)	Актофіт, к.е. (<i>Aversectin C</i>), 0,2–0,3 л/га	Кораген 20 SC (хлорантраніліпрол), 0,07–0,10 л/га
3. Початок гілкування (BC2–BC3) - Мінуюча муха (<i>Liriomyza cicerina</i>) - Трипси	Спіносад, 0,15–0,20 л/га	Спінтор 240 SC (спіносад), 0,15–0,20 л/га
4. Бутонізація–цвітіння (BC4–BC6) - Мінуючі мухи (<i>Agromyzidae</i>) - Трипси - Попелиці (<i>Aphididae</i>)	Бітоксубацилін (<i>Bacillus thuringiensis var thuringiensis</i>), 1,0–2,0 кг/га	Мовенто 100 SC (спіротетрамат), 0,75–1,0 л/га
5. Налив насіння (R3–R5): - Гороховий зерноїд (<i>Bruchus pisorum</i>) - Совки	Трихограма (<i>T. evanescens</i>), 50–100 тис. особин/га	Карате Зеон, мк.с. (лямбда-цигалотрин), 0,075 л/га
6. Достигання (R6–R8): - Гороховий зерноїд - Трипси	Феромонні пастки <i>Bruchus spp.</i> , 2–4 шт/га	Карате Зеон, 0,075 л/га
7. Післязбиральний період: - Гороховий зерноїд у зерні	Бактофіт (<i>Bacillus subtilis</i>) (зерноховища), 0,5–1,0 л/т зерна	Фосфін (фумігація), 1,5–3 г/м ³

Облік основних шкідників нуту й оцінювання рівня пошкодження рослин здійснювали відповідно до загальноприйнятих ентомологічних методик [25].

Наявність та інтенсивність пошкодження мінучими мухами визначали шляхом огляду листків на наявність характерних звивистих мін. Проводили підрахунок мін на одну рослину. За необхідності личинок і лялечок ідентифікували під мікроскопом.

Облік совок здійснювали через огляд рослин і ґрунту на глибину 5–8 см у прикореневій зоні для встановлення наявності гусениць. Додатково визначали частку пошкоджених або підгризенних рослин на обліковій площі.

Чисельність трипсів визначали методом струшування рослин на білий аркуш або лоток із подальшим підрахунком імаго та личинок. Додатково оцінювали характерні ознаки пошкодження: сріблястий блиск листків, наявність темних крапок-екскрементів.

Поширення попелиць оцінювали під час огляду рослин у шаховому порядку на ділянці. Підраховували кількість колоній та особин на стандартну вибірку (10 рослин). Враховували чисельність крилатих форм і загальний ступінь пошкодження.

Облік горохового зерноїду здійснювали у етапи:

- у фазі R3–R5 – шляхом огляду бобів на наявність яйцекладок;
- у фазі досягання та після збирання – визначенням частки бобів і насінин зі слідами проникнення або виходу личинок. Пошкоджене зерно виділяли шляхом просіювання та візуального аналізу.

Ураження паростковою мухою оцінювали через обстеження сходів і визначення рослин із пошкодженням гіпокотилем. У вибіркових рослин проводили розтин для виявлення личинок. Додатково визначали відсоток зріджених сходів у рядку.

Чисельність дротяників визначали ґрунтовими

розкопками на глибину 10–20 см у контрольних точках ділянки. Також застосовували метод харчових принад (шматочки картоплі або моркви, закладені у ґрунт на 24–48 годин) з подальшим підрахунком личинок. Додатково враховували кількість рослин із ознаками підземних пошкоджень.

Статистичну обробку результатів здійснено із застосуванням базових методів варіаційної статистики. Розрахунки проведено за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel 2019 (Microsoft Corporation, США), що дозволило виконати обчислення середніх значень, стандартних відхилень та оцінити достовірність різниць між дослідними варіантами. Візуалізацію результатів здійснено у програмному забезпеченні R Software (міжнародна розробка R Development Core Team).

Результати та їх обговорення

Початкові відмінності між сортами нуту визначають їхню реакцію на біотичні чинники та формують передумови ефективності заходів захисту [26]. Оскільки особливості фенологічного розвитку, стійкість до хвороб і шкідників, а також сприйнятливості до окремих груп фітофагів можуть суттєво варіювати між генотипами, виникає потреба врахувати ці сортові характеристики під час оцінювання результативності біологічних і хімічних методів контролю. На основі попередніх досліджень і наявних літературних даних було визначено очікувані сортові відмінності між генотипами Зехавіт і Кіра, які подано в **таблиці 2**. Ці відмінності слугували контекстом для подальшої інтерпретації отриманих експериментальних результатів щодо поширення шкідників і ефективності застосованих засобів захисту в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Таблиця 2

Очікувані відмінності між сортами нуту Зехавіт і Кіра за ознаками, що впливають на стійкість нуту до шкідників у польових умовах Лівобережного Лісостепу України

Ознака	Сорти нуту	
	Зехавіт	Кіра
Фенологія	середньостиглий	середньоранній
Стійкість до хвороб	нижча	вища
Стійкість до шкідників	нижча (довший вегетаційний період)	
Ймовірність пошкодження мінучою мухою	висока	середня
Пошкодження совками	середня	нижча (швидші сходи)
Пошкодження трипсами	середня	нижча
Пошкодження попелицями	вища (довше зберігає молоді тканини)	
Ймовірність пошкодження гороховим зерноїдом	середня	нижча
Ризик пошкодження паростковою мухою	вищий (повільніші сходи – довший період уразливості)	
Пошкодження дротяниками	середня	нижча

Динаміка популяцій фітофагів у посівах нуту виявилася тісно пов'язаною як із погодними умовами вегетаційних періодів, так і з використаними схемами інсектицидного захисту та сортовими особливостями нуту. Отримані дані дали змогу зіставити ефективність біологічних і хімічних варіантів контролю в межах різних типів шкідників, що проявляють активність на окремих етапах органогенезу культури.

Це дозволило комплексно оцінити реакцію сортів Зехавіт і Кіра на біотичний тиск і визначити, яким чином поєднання сортових характеристик і застосованої системи захисту впливало на загальний рівень стресового навантаження в умовах Лівобережного Лісостепу України. Узагальнені результати оцінювання поширення основних груп шкідників 2023 і 2024 років наведено у **таблиці 3** та **таблиці 4**.

Таблиця 3

Динаміка шкідників нуту за різних схем захисту 2023 року, % уражених рослин

Шкідник	Сорт Зехавіт			Сорт Кіра		
	контроль	біологічна	хімічна	контроль	біологічна	хімічна
Мінуюча муха	12,4	6,5	3,1	9,6	4,6	2,4
Совки	7,9	4,9	2,5	6,4	3,5	1,9
Трипси	10,1	5,6	3,7	8,0	4,4	2,6
Попелиці	5,8	2,5	1,0	4,8	1,9	0,7
Гороховий зерноїд	4,2	2,7	0,9	3,2	2,0	0,6
Паросткова муха	6,0	3,4	1,7	4,8	2,6	1,2
Дротяники	5,1	3,1	1,2	4,0	2,4	0,8
Сумарний індекс	51,5	28,7	14,1	40,8	22,1	10,5
Стандартне відхилення (SD)	±4,8	±3,1	±1,9	±4,0	±2,6	±1,5
Зниження відносно контролю, %	–	44,3	72,6	–	45,8	74,3

2023 року загальний рівень ураження нуту шкідниками був порівняно помірним, що пов'язано із задовільним зволоженням у квітні та помірними температурами на початку вегетації (рис. 1), які стримували масовий розвиток окремих груп фітофагів. Найбільш чисельними упродовж сезону були мінуюча муха, трипси та совки, які формували основний внесок у сумарний індекс ураження. На контрольному варіанті сумарний індекс становив 51,5 % для сорту Зехавіт та 40,8 % для сорту Кіра, що підтверджує вищу природну стійкість і швидший темп початкового росту останнього. Зокрема, для Кіри відмічено нижчий рівень ураження всіма групами шкідників, причому найбільші сортові відмінності спостерігали щодо мінуючої мухи (22,6 %) та трипсів (20,8 %), що узгоджується з очікуваними характеристиками сорту (табл. 2).

Застосування біологічної схеми захисту забезпечило зниження сумарного рівня ураження на 44,3 % і 45,8 % порівняно з контролем для сортів Зехавіт і Кіра відповідно. Це свідчить про добру ефективність використаних біопрепаратів проти мінуючих мух і трипсів, особливо на ранніх стадіях, коли дія препаратів на основі *Aversectin C* і *Spinosad* була найбільш вираженою. Часткове зниження чисельності совок також пов'язане з підвищеною активністю трихограми в період яйцекладки совок. Проте біологічна схема не забезпечила повного стримування комплексу фітофагів, що відображено у вищих показниках ураження зерноїдом порівняно з хімічною схемою.

Хімічний варіант продемонстрував найбільшу результативність: сумарний індекс ураження зменшився на 72,6 % і 74,3 % для сортів Зехавіт і Кіра відповідно. Найбільше зниження чисельності шкідників

відмічено щодо мінуючої мухи, трипсів і совок – груп, чутливих до застосованих препаратів хлорфенапірного та піретроїдного ряду. Зменшення ураження гороховим зерноїдом до рівня менше 1 % свідчить про високу ефективність Карате Зеон у фазі наливу насіння. При цьому обидва сорти реагували схоже: попри вищу початкову пошкодженість Зехавіту, застосування хімічного захисту практично нівелювало сортові відмінності, про що свідчать близькі значення сумарного індексу ураження (14,1 % проти 10,5 % у сорту Кіра).

Стандартні відхилення в межах 1,5–4,8 % вказують на стабільність варіації між повтореннями та дозволяють упевнено трактувати виявлені відмінності як достовірні. Зокрема, різниця між контролем і біологічною схемою, так само, як і між контролем і хімічною, була статистично значущою на рівні $p < 0,01$ для обох сортів, що підтверджує високу ефективність запропонованих варіантів захисту.

2024 року фітосанітарна ситуація на посівах нуту була суттєво напруженішою, ніж у попередньому сезоні, що насамперед зумовлено характерними для цього року екстремальними погодними умовами. Відзначений у травні різкий дефіцит вологи (ГТК $\approx 0,12$), поєднаний із підвищеними середньодобовими температурами, сприяв масовому розвитку комплексу фітофагів ранніх і середніх фенологічних груп, зокрема мінуючої мухи, совок і трипсів (табл. 4). Це відобразилося у суттєвому зростанні сумарного індексу ураження на контрольних варіантах: у сорту Зехавіт він становив 65,9 %, а у сорту Кіра – 51,4 %, що на 28,0 і 26,0 % відповідно перевищує показники 2023 р. Така динаміка підтверджує провідну роль екологічних факторів у формуванні шкодочинності фітофагів на нуті в посушливих умовах Лісостепу.

Таблиця 4

Динаміка шкідників нуту за різних схем захисту 2024 р., % уражених рослин

Шкідник	Сорт Зехавіт			Сорт Кіра		
	контроль	біологічна	хімічна	контроль	біологічна	хімічна
Мінуюча муха	18,0	9,1	4,6	14,2	7,2	3,6
Совки	10,4	6,3	3,2	8,1	5,0	2,5
Трипси	14,0	7,8	5,0	11,2	6,2	3,9
Попелиці	5,4	2,3	0,9	3,9	1,7	0,7
Гороховий зерноїд	4,8	3,2	1,1	3,7	2,5	0,8
Паросткова муха	7,8	4,4	2,1	6,1	3,4	1,6
Дротяники	5,4	3,3	1,2	4,2	2,6	0,9
Сумарний індекс	65,9	36,4	18,1	51,4	28,7	13,9
Стандартне відхилення (SD)	±6,2	±3,8	±2,1	±5,0	±3,0	±1,8
Зниження відносно контролю, %	–	44,8	72,5	–	45,7	73,7

Попри збільшений тиск шкідників, застосування біологічної схеми захисту забезпечило достовірне зниження сумарного рівня ураження на 44,8–45,7 % у порівнянні з контролем для сортів Зехавіт і Кіра відповідно з незначною перевагою останнього. Ефективність біологічних препаратів залишалася стабільною, проте їхня результативність виявилася дещо нижчою порівняно з 2023 р., що зумовлено несприятливими для ентомопатогенних грибів умовами (низька вологість і високі температури під час перших хвиль розвитку мінуючої мухи та трипсів). Це спричинило частково підвищену варіабельність ураження, про що свідчать SD у межах 3,0–3,8 %, а також послаблене стримування трипсів та горохового зерноїда.

Найвищу ефективність у стримуванні комплексу шкідників продемонструвала хімічна схема захисту, яка зменшила сумарний індекс ураження до 18,1 % у сорту Зехавіт і 13,9 % у сорту Кіра (зниження на 72,5–73,7 % відносно контролю). Результати відзначаються високою статистичною достовірністю

($p < 0,01$), що підтверджує стабільність дії препаратів у разі інтенсивного шкідливого фону. Важливо, що навіть за складних погодних умов хімічна схема практично нівелювала різницю в сортовій стійкості: значення показників для Зехавіту і Кіри наближені та статистично відрізняються несуттєво. Це вказує, що інтенсивний інсектицидний захист здатен компенсувати вразливість більш чутливих сортів, забезпечуючи вирівняний рівень фітосанітарної стабільності посівів.

Загалом результати **таблиці 4** демонструють важливість адаптивної системи захисту нуту в умовах змін клімату, а також підкреслюють чутливість ранніх фаз розвитку культури до комплексу фітофагів за умови стресового температурно-вологісного режиму.

Для узагальненої візуалізації розподілу інтенсивності ураження основними групами шкідників залежно від сорту та системи захисту побудовано теплову карту (**рис. 2**), що відображає інтегральні показники шкодочинності у розрізі сортів та систем захисту.

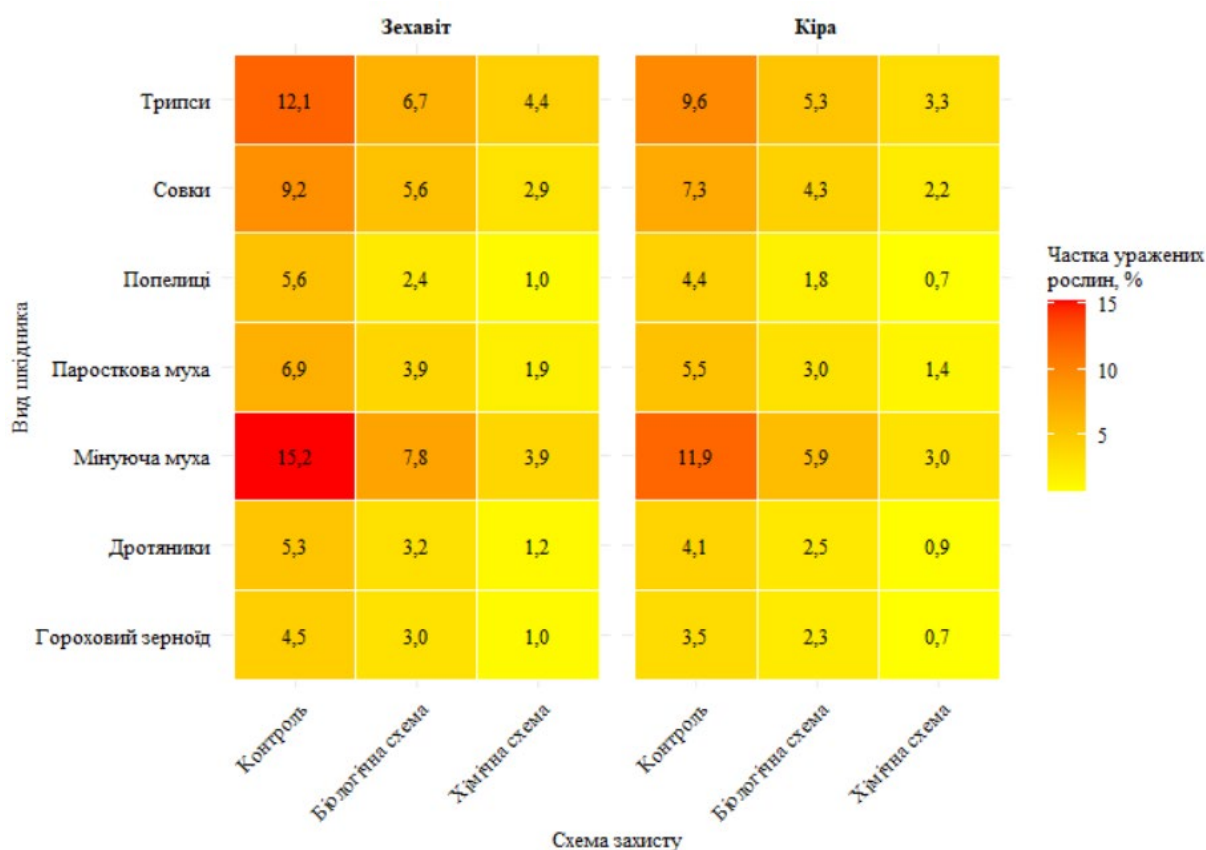


Рис. 2. Теплова карта зараженості шкідниками сортів Зехавіт і Кіра

Візуалізація чітко демонструє суттєве зниження інтенсивності ураження у біологічній та особливо хімічній схемах порівняно з контролем, тоді як міжрічна варіабельність відповідає загальній динаміці кліматичних умов дослідних сезонів. Найбільш контрастні відмінності між варіантами фіксуються для мінуючої мухи та трипсів, які формували основний внесок у сумарний індекс ураження в обох роках. Теплова карта також підтверджує відносно вищу природну стійкість сорту Кіра, що проявляється у нижчих значеннях інтенсивності ураження на контрольних

варіантах. Узагальнюючи, результати теплової карти вказують на високу ефективність систем захисту та дозволяють наочно порівняти реакцію обох сортів на комплекс шкідників в умовах змін клімату.

Для деталізації структури ураження окремими групами шкідників було побудовано радарну діаграму (**рис. 3**), яка дозволяє одночасно оцінити внесок кожного типу фітофагів у формування сумарного індексу шкодочинності при різних системах захисту. Такий підхід є зручним для візуального порівняння ефективності біологічних і хімічних

заходів у межах кожного сорту, а також дає змогу виявити ключові вразливі фази фітоценозу. Радарна діаграма виразно демонструє різну чутливість схем захисту до основних груп шкідників та

підкреслює диференційовану реакцію сортів Зехавіт і Кіра, що особливо помітно щодо трипсів, мінуючої мухи та зерноїда.

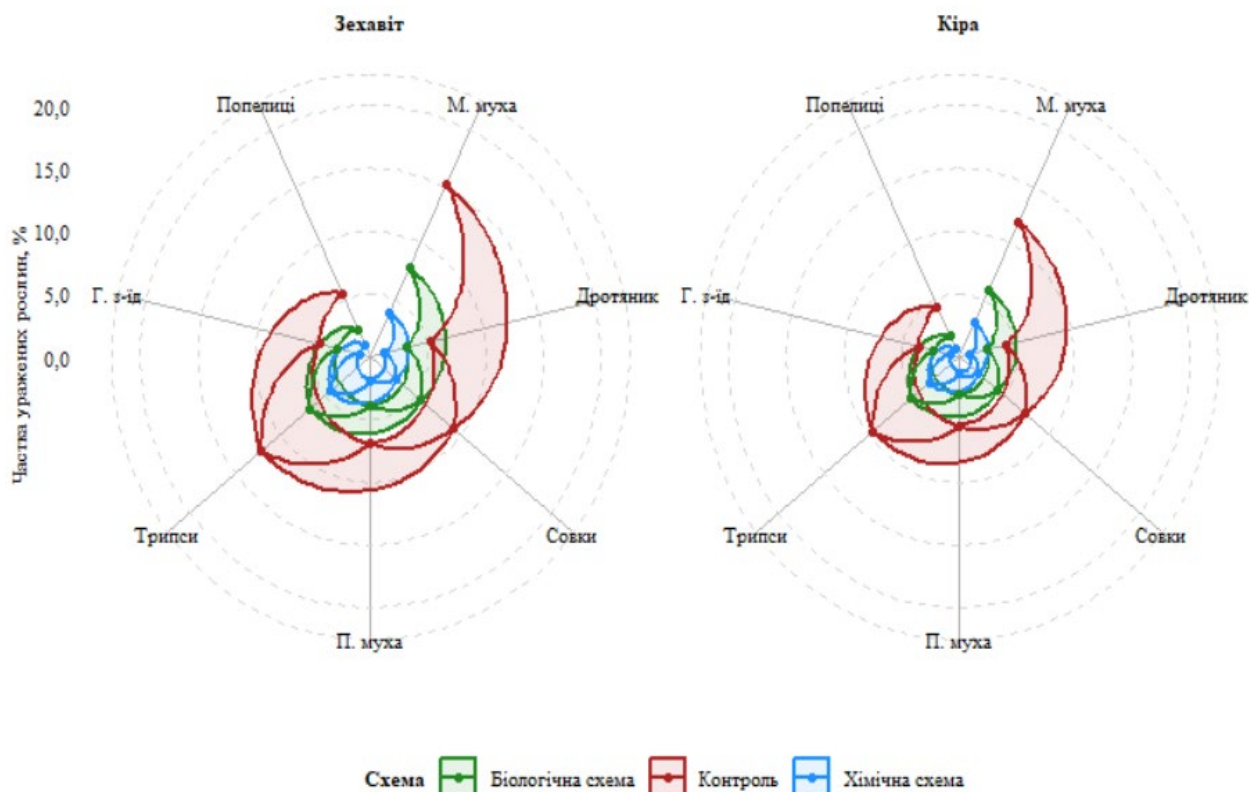


Рис. 3. Розподіл інтенсивності ураження рослин нуту дослідних сортів основними групами шкідників при різних схемах захисту

Примітки: П. муха – паросткова муха; М. муха – мінуюча муха; Г. з-їд – гороховий зерноїд.

Порівняння двох років досліджень дає змогу чітко окреслити взаємозв'язок між погодними умовами й інтенсивністю фітофагічного навантаження на нут у Лівобережному Лісостепу України. 2023 року рівень ураження шкідниками був помірним, а різниця між сортами проявлялася досить виразно, що дало змогу ефективно оцінити фон сортової стійкості. 2024 року екстремальна посуха у травні та високі температури сформували значно сприятливіші умови для розвитку мінуючих мух, трипсів і совок, що призвело до достовірного зростання сумарного індексу ураження на контролі на 26–28 % для обох сортів ($p < 0,05$). Отже, погодний чинник виявився першим і провідним фактором, що визначає амплітуду щорічних коливань шкідливості.

Своєю чергою, ефективність систем захисту проявилася стійкою між роками. Біологічна схема у середньому забезпечувала зниження шкодочинності на 44,6–45,8 % незалежно від року, що свідчить про її відносну стабільність навіть у стресових умовах. Проте посушливого 2024 р. вона виявилася менш ефективною у стримуванні окремих груп фітофагів, чутливих до мікроклімату (особливо мінуючих мух). Натомість хімічна схема про-

демонструвала найвищу стабільність дії: її ефективність залишалася на рівні 72,6–74,0 % в обидва роки ($p < 0,01$) незалежно від сортових характеристик і погодних умов.

Важливим результатом є те, що на контрольних варіантах обох років сорт Кіра мав достовірно нижчий рівень фонового ураження порівняно із сортом Зехавіт ($p < 0,05$), що підтверджує його відносно вищу природну стійкість до комплексу шкідників (рис. 4). Проте після застосування як біологічної, так і хімічної схем різниця між сортами зменшувалася, що свідчить про домінуючу роль системи захисту над сортовими відмінностями у формуванні кінцевого рівня фітосанітарної стабільності посівів.

Сукупно результати двох років підтверджують, що адаптивні схеми захисту нуту забезпечують високий рівень фітосанітарного контролю навіть при різних погодних сценаріях, однак у роки з екстремальною посухою роль інтенсивних інсектицидних заходів істотно зростає. Такий висновок має важливе практичне значення для оптимізації технологій вирощування нуту в умовах посилення кліматичних ризиків.

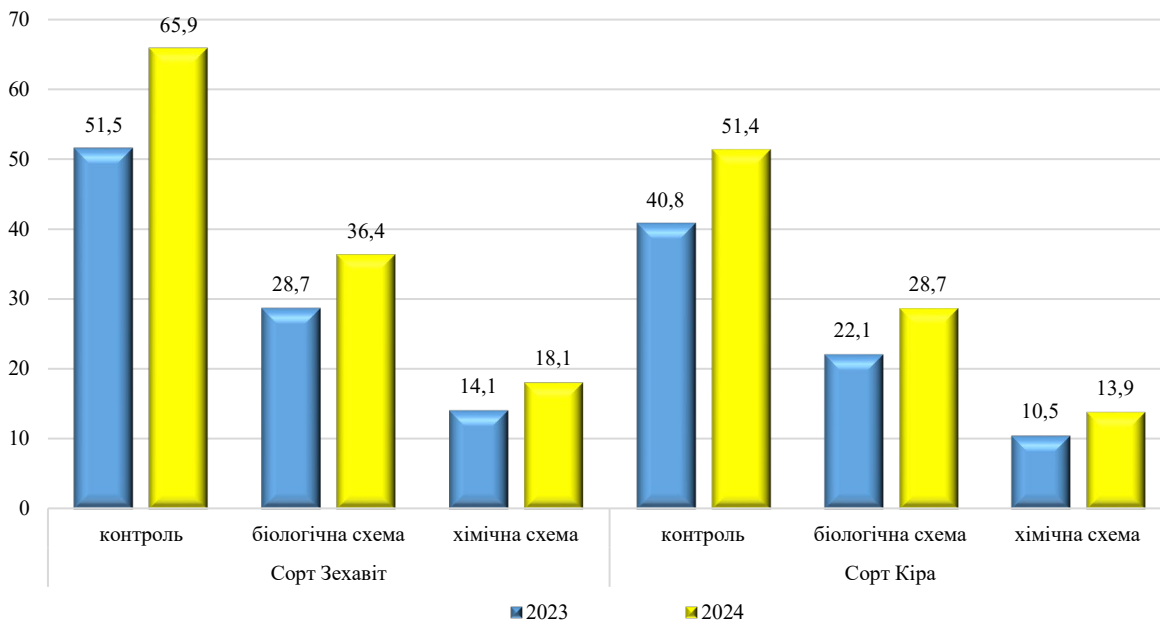


Рис. 4. Загальний рівень ураження дослідних сортів нуту шкідниками залежно від системи захисту, 2023–2024 рр.

Отримані результати узгоджуються з даними досліджень, зокрема польових випробувань, у яких інсектициди на основі хлорантраніліпролу демонстрували дуже високу ефективність проти *Helicoverpa armigera* на нуті – зниження чисельності гусениць і пошкодження бобів [27].

У дослідженнях, що поєднували хлорантраніліпрол із біопрепаратами, також зафіксовано синергетичний ефект: наприклад, у польових умовах при одночасному внесенні хлорантраніліпролу й *Beauveria bassiana* знижувалась популяція шкідника [28].

Водночас ефективність ентомопатогенних грибів, таких як *Metarhizium anisopliae* і *B. bassiana*, виявляє значну змінність залежно від екологічних умов. Наприклад, дослідження з полів у Непалі показали, що рідні ізоляти цих грибів можуть інфікувати *H. armigera*, але швидкість загибелі комах (LT_{50}) та загальна смертність залежить від вологості й температури [29].

Особливо значущі дані наведені в дослідженні, де *B. bassiana* поєднували із хлорантраніліпролом: такий підхід демонстрував кращий контроль шкідника, ніж застосування кожного засобу окремо, і позитивно вплинув на збереження корисних ентомофагів [30].

Ця відповідність між результатами нашої роботи та міжнародними дослідженнями підкреслює універсальність ключових закономірностей у реакції шкідників нуту на різні системи захисту. Зокрема, це свідчить про можливість адаптації міжнародних підходів інтегрованого захисту до контрастних умов клімату Лівобережного Лісостепу України.

Висновки

За результатами дворічних досліджень встановлено, що погодні умови мають провідну роль у формуванні шкідливості комплексу фітофагів на нуті. В екстремально посушливому 2024 р. сумарний

індекс ураження на контрольних варіантах зріс на 26–28 % відносно попереднього року, що було зумовлено істотним зростанням чисельності мінуючих мух, трипсів і совок. До того ж сорт Кіра продемонстрував вищу природну стійкість до шкідників порівняно із сортом Зехавіт. Однак застосування схем захисту (особливо хімічної) нівелювало сортові відмінності, що підтверджує домінуючий вплив системи захисту над сортовими особливостями.

Визначено, що біологічна схема забезпечила середнє зниження сумарного індексу ураження на 44–46 %. Її ефективність була стабільною проти мінуючих мух, трипсів і совок, але дещо знижувалася у посушливі роки через несприятливі умови для ентомопатогенних агентів. Хімічна схема захисту продемонструвала найвищу стабільність і результативність, зменшуючи рівень ураження на 72–74 %, незалежно від сорту та погодних умов. Це свідчить про здатність інсектицидів ефективно компенсувати вразливість чутливих генотипів у роки підвищеного фітосанітарного ризику.

Отримані результати підтверджують необхідність адаптивного підходу до захисту нуту. Біологічні препарати доцільні у роки з помірним рівнем стресу, тоді як в умовах посухи для забезпечення стабільного рівня захисту культури необхідне застосування більш інтенсивних хімічних заходів.

Перспективи подальших досліджень передбачають вивчення впливу інтегрованих систем захисту, які поєднують біологічні засоби та низькодозові інсектициди, для мінімізації екологічного навантаження та зниження резистентності фітофагів.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Chernik, I. V., & Tryhuba, O. V. (2023). Common chickpea (*Cicer arietinum* L.) – A prospective legume culture of the Western Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 83 (3–4), 117–123. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.23.3-4.13>
2. Chaika, T., Lohvynenko, V., & Pshenyshnyi, A. (2023). The impact of soil tillage systems on soybean yield capacity. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 54–59. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.10>
3. Patil, S. B., Goyal, A., Chitgupekar, S. S., Kumar, S., & El-Bouhssini, M. (2017). Sustainable management of chickpea pod borer. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 20. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0428-8>
4. Bajya, D. R., Ranjith, M., & Raza, S. K. (2015). Evaluation of *Beauveria bassiana* against chickpea pod borer, *Helicoverpa armigera* and its safety to natural enemies. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85 (3), 378–381. <https://doi.org/10.56093/ijas.v85i3.47122>
5. Kumari, N., & Malik, D. (2024). Status, growth and variability of chickpea production in India. *Agricultural Science Digest*. <https://doi.org/10.18805/ag.D-6065>
6. Singh, K. A., Yadav, K. D., Vishwakarma, A., Gourav, K. B., & Dwivedi, P. (2025). Eco-friendly management of gram pod borer, *Helicoverpa armigera* in chickpea. *Journal of Eco-Friendly Agriculture*, 20 (2), 382–386. <https://doi.org/10.48165/jefa.2025.20.2.20>
7. Kanouni, H., Ahari, S. D., & Khoshro, H. H. (2018). Chickpea research and production in Iran. *7th International Food Legume Research Conference (IFLRC-VII)*. Marrakech, Morocco.
8. Adamenko, T. (2006). Zmina agroklimatichnyh umov ta ih vplyv na zernove gospodarstvo. *Agronom*, 3, 12–15 [in Ukrainian]
9. Chernik, I. V., & Tryhuba, O. V. (2023). Nut zvychainyi (*Cicer arietinum* L.) – perspektyvnabobova kultura zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Naukovi Zapysky TNPU. Seriya: Biolohtia*, 83 (3–4), 117–126. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.23.3-4.13> [in Ukrainian]
10. Drobotko, A., Kachanova, T., Markova, N., Manushkina, T., & Tarabrina, A.-M. (2024). Aspects of legume growth in Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28 (2), 9–20. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2024.09>
11. Pysarenko, V. M., Pysarenko, P. V., Pysarenko, V. V., Gorb, O. O., & Chaika T. O. (2019). Droughts in the context of climate changes in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 134–146. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.18>
12. Melnyk, A. V., Romanko, Yu. O., Brunov, M. I., Sorokolit, Ye. M., & Kubrak, T. M. (2020). Rist ta rozvytok nutu v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Sums'koho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 2 (40), 38–46 [in Ukrainian]
13. Chandrashekar, K., Gupta, O., Yelshetty, S., Sharma, O. P., Bhagat, S., Chattopadhyay, C., Sehgal, M., Kumari, A., Amaresan, N., Sushil, S. N., Sinha, A. K., Asre, R., Kapoor, K. S., Satyagopal, K., & Jeyakumar, P. (2014). *Integrated Pest Management for Chickpea* (pp. 43). Directorate of Plant Protection, Quarantine & Storage; National Centre for Integrated Pest Management. Retrieved from <https://nipm.gov.in/IPMPackages/Chickpea.pdf>
14. El Fakhouri, K., Boulamtat, R., Sabraoui, A., & El Bouhssini, M. (2022). The chickpea pod borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner): Yield loss estimation and biorational insecticide assessment in Morocco. *Agronomy*, 12 (12), 3017. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123017>
15. Chouhan, S. S., Tomar, R. K. S., Awasthi, A. K., Kerketta, A., Pandey, D., & Chaure, N. K. (2023). To evaluate the bioefficacy of different biopesticides and insecticides against *Helicoverpa armigera* (Hubner) at Bilaspur (Chhattisgarh). *The Pharma Innovation Journal*, SP-12 (8), 431–435.
16. Akhtar, M., Mahmood, M. T., Khalid, M. J., Amin, A., Zafar, M. N., Aziz, A., Rasool, I., & Qadeer, Z. (2022). Efficacy of some new chemistry insecticides against the chickpea pod borer (*Helicoverpa armigera*) [Hubner]. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 23 (9–10), 1–6. <https://doi.org/10.56557/pcbmb/2022/v23i9-107479>
17. Ahmed, K., & Awan, M. S. (2013). Integrated management of insect pests of chickpea *Cicer arietinum* (L. Walp) in South Asian countries: Present status and future strategies – A review. *Pakistan Journal of Zoology*, 45 (4), 1125–1145.
18. Singh, A., & Tayde, A. R. (2023). Determining the effect of biopesticides and chemicals against pod borer [*Helicoverpa armigera* (L.)] on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 35 (18), 1971–1976. <https://doi.org/10.9734/ijps/2023/v35i183481>
19. Stavrakaki, M., Ilias, A., Simoglou, K. B., Mironidis, G. K., Zimmer, C. T., Souza, D., & Roditakis, E. (2024). Revision of *Helicoverpa armigera* insecticide resistance status in Greece. *Crop Protection*, 175, 106446. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106446>
20. Ravicharan, C., & Tayde, A. R. (2023). Field efficacy of selected insecticides against pod borer, *Helicoverpa armigera* (H.) in chick pea (*Cicer arietinum* Linnaeus). *Biological Forum – An International Journal*, 15 (6), 220–223.
21. Saeedi, G. D., Sediqi, A. N., & Niazyar, A. (2023). Effect of some chemical and biorational compounds against chickpea pod borer, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*, 3 (2), 1022–1025.
22. Kalenska, S. M., Yermakova, L. M., & Palamarchuk, V. D. (2015). *Systemy suchasnykh intensyvykh tekhnolohii u roslinnystvii*. Vinnytsia: Rohalska I. O. [in Ukrainian]
23. BINITRO NUT. (n.d.). *ENZIM Agro*. Retrieved from: <https://agro.enzim.biz/docs/preparat/binitro-nut.pdf> [in Ukrainian]
24. Koval, I. M., & Bräuning, A. (2024). The effect of climate change on the radial growth of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus robur* L. in the stands of Kharkiv green zone. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 41, 130–142. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-41-10>
25. Pysarenko, V. M., Pishchalenko, M. A., Horb, O. O., Pospelova, H. D., Kovalenko, N. P., & Sherstiuk, O. L. (2020). *Intehrovanyi zakhyst roslin*. Poltava [in Ukrainian]
26. Koul, B., Sharma, K., Sehgal, V., Yadav, D., Mishra, M., & Bharadwaj, C. (2022). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) biology and biotechnology: From domestication to biofortification and biopharming. *Plants*, 11 (21), 2926. <https://doi.org/10.3390/plants11212926>
27. Chitrakleha, Yadav, G. S., & Verma, T. (2018). Efficacy of insecticides against *Helicoverpa armigera* on chickpea. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6 (3), 1058–1061.
28. Barwa, J., & Kumar, A. (2022). Field efficacy of chlorantraniliprole with some biopesticides against pod borer [*Helicoverpa armigera* (Hubner)] on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Pharma Innovation Journal*, SP-11 (6), 1912–1916.
29. Rijal, J. P., GC, Y. D., Thapa, R. B., & Kafle, L. (2008). Efficacy of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Helicoverpa armigera* in Chickpea, under Field Conditions in Nepal. *Formosan Entomologist*, 28, 249–258.
30. Younas, A., Wakil, W., Khan, Z., Shaaban, M., & Prager, S. M. (2017). The efficacy of *Beauveria bassiana*, jasmonic acid and chlorantraniliprole on larval populations of *Helicoverpa armigera* in chickpea crop ecosystems. *Pest Management Science*, 73 (2), 418–424. <https://doi.org/10.1002/ps.4297>

ORCID

V. Shuleshenko 

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



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

Formation of symbiotic activity of soybean depending on plant irrigation in the Forest-Steppe of Ukraine

V. Kravchenko✉ | D. Akinchyts | L. Vyshnevskaya | A. Yatsenko

Article info

Correspondence Author

V. Kravchenko

E-mail:

vitaliikrav22@gmail.comUman National University,
Instyutyska Str., 1, Building
No. 4, Office 174, Uman,
20300, Ukraine

Citation: Kravchenko, V., Akinchyts, D., Vyshnevskaya, L., & Yatsenko, A. (2025). Formation of symbiotic activity of soybean depending on plant irrigation in the Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 74–79. doi: 10.31210/spi2025.28.04.10

The study investigated the effects of different irrigation regimes on productivity, symbiotic activity, and seed quality formation of soybean (*Glycine max* (L.)) under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine. Field experiments were conducted during 2023–2025 at the experimental field of Uman National University. The aim of the research was to identify an optimal soil moisture regime that ensures high yield and effective biological nitrogen fixation while minimizing irrigation water consumption. The experimental design included four irrigation treatments: a non-irrigated control, limited irrigation (50 % of field capacity), moderate irrigation (70 %), and full irrigation (100 %). Irrigation was applied when soil moisture in the plow layer decreased to 60–65 % of field capacity. Total irrigation rates ranged from 1,200 to 2,400 m³/ha depending on the treatment. After irrigation, soil moisture increased to 28–32 % under moderate irrigation and to 30–33 % under full irrigation, creating favorable conditions for plant growth and reproductive development. Soybean yield increased proportionally with irrigation level and reached a maximum of 3.05 t/ha under full irrigation. However, moderate irrigation provided a yield of 2.90 t/ha, which was statistically comparable while reducing water consumption by 25 %, indicating higher water-use efficiency. Irrigation also significantly enhanced symbiotic nitrogen fixation. Seed inoculation with the biological preparation Rhizogumin-Plus stimulated nodule formation and nitrogen fixation in both studied cultivars (ES Mentor and Halleck). At the optimal concentration of 0.75 %, nodule mass in ES Mentor increased from 0.36 to 0.49 g per plant, and nitrogen fixation rose from 77.38 to 79.06 kg/ha. The Halleck cultivar exhibited higher overall symbiotic activity, with nodule mass reaching 0.91 g per plant and nitrogen fixation of 124.56 kg/ha. The results demonstrate that maintaining soil moisture at 70–80 % of field capacity in combination with biological inoculation ensures balanced interaction between water availability and symbiotic nitrogen fixation, promotes protein-rich seed formation, and improves environmental sustainability. Moderate irrigation combined with seed inoculation is therefore recommended as a resource-efficient strategy for soybean cultivation in the Forest-Steppe zone of Ukraine.

Keywords: soybean, seeds, quality, irrigation, yield, Forest-Steppe of Ukraine.

Формування симбіотичної активності сої залежно від зрошення рослин у зоні Лісостепу України

В. С. Кравченко | Д. Л. Акінчиц | Л. В. Вишневіська | А. О. Яценко

Уманський національний
університет,
м. Умань, Україна

У статті наведено результати досліджень впливу різних режимів зрошення на продуктивність, симбіотичну активність і якість насіння сої (*Glycine max* (L.)) в умовах Лісостепу України. Польові дослідження проводили 2023–2025 років на дослідному полі Уманського національного університету. Метою роботи було визначення оптимального водного режиму ґрунту, який забезпечує високу врожайність і ефективну азотофіксацію за умови раціонального використання поливної води. Схема досліду включала варіанти без зрошення (контроль), обмежене зрошення (50 % НВ), помірне (70 % НВ) і повне (100 % НВ). Полив здійснювали за умови зниження вологості ґрунту в орному шарі до 60–65 % НВ. Загальні витрати поливної води становили 1200–2400 м³/га. У результаті зрошення вологість ґрунту підвищувалася до 28–32 % за умови помірного та до 30–33 % за умови повного зрошення, що забезпечувало сприятливі умови для росту і формування генеративних органів. Урожайність сої зростала зі збільшенням рівня зрошення і досягала 3,05 т/га у разі повного зрошення. Водночас помірне зрошення забезпечило урожайність 2,90 т/га за умови на 25 % менше витрати води, що свідчить про його вищу ресурсну ефективність. Зрошення істотно активізувало симбіотичні процеси. Передпосівна інокуляція насіння біопрепаратом Різогумін-Плюс (0,75 %) сприяла збільшенню маси бульбочок і обсягів фіксованого азоту. У сорту ЕС Менсор маса бульбочок зросла з 0,36 до 0,49 г/рослину, а фіксація азоту – з 77,38 до 79,06 кг/га. Сорт Галлек характеризувався вищою симбіотичною активністю (0,91 г/рослину; 124,56 кг/га). Встановлено, що поєднання оптимального рівня зволоження ґрунту (70–80 % НВ) із біологічною інокуляцією забезпечує підвищення врожайності, покращення якості насіння та екологічну стабільність технології вирощування сої в умовах Лісостепу України.

Ключові слова: соя, зрошення, симбіотична активність, азотофіксація, урожайність, Лісостеп України.

Бібліографічний опис для цитування: Кравченко В. С., Акінчиц Д. Л., Вишневіська Л. В., Яценко А. О. Формування симбіотичної активності сої залежно від зрошення рослин у зоні Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 74–79.

Вступ

Соя (*Glycine max* L.) є однією з найважливіших стратегічних культур України, що набуває дедалі більшого поширення у структурі посівних площ завдяки високій харчовій, кормовій та економічній цінності. Проте, незважаючи на стабільне зростання інтересу до цієї культури, показники урожайності та якості насіння сої залишаються нестійкими, особливо в умовах Степу та Лісостепу, де вирішальним лімітуючим чинником є водозабезпечення у поєднанні з температурним режимом вегетаційного періоду [1, 2].

У дослідному полі Уманського району Черкаської області, як і в більшості регіонів Лісостепу України, відсутність систематичного зрошення та дефіцит ґрунтової вологи у критичні фази розвитку рослин (цвітіння, формування та налив бобів) зумовлюють зниження продуктивності посівів, погіршення якісних показників насіння, зменшення його фракційної однорідності та маси 1000 насінин [3].

Зрошення є одним із ключових агротехнічних факторів, що визначає інтенсивність ростових процесів, формування врожаю та накопичення білків, олій і інших поживних речовин у насінні сої. Недостатнє зволоження призводить до водного стресу, порушення фізіолого-біохімічних процесів і формування щуплого насіння зі зниженими якісними показниками [4]. Водночас надмірне зрошення може спричинити розвиток хвороб, зниження вмісту олій, погіршення схожості насіння та деградацію ґрунтів унаслідок закислення або вторинного перезволоження. Тому забезпечення оптимального водного режиму протягом усього вегетаційного періоду, особливо у критичні фази онтогенезу, є необхідною умовою одержання високоякісного насіннєвого матеріалу [5–7].

Сортові особливості сої також відіграють визначальну роль у реалізації продуктивного потенціалу культури. Більшість сортів характеризуються обмеженою екологічною пластичністю, що зумовлює необхідність їх адаптації до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Для Лісостепу України найбільш придатними є середньоранні та середньостиглі сорти, які здатні ефективно використовувати доступну вологу та елементи мінерального живлення і водночас уникати негативного впливу несприятливих погодних чинників завдяки оптимальній тривалості вегетаційного періоду [8, 9].

Водночас скоростиглі сорти потребують більш точного регулювання елементів технології вирощування, оскільки обмежена тривалість вегетації зменшує можливості компенсації дії абіотичних стресів. Сорти пізніших строків досягання, навпаки, характеризуються вищою адаптивною пластичністю, що дозволяє частково нівелювати нестачу вологи або поживних речовин за рахунок змін структури врожаю. Отже, ефективність реалізації сортового потенціалу сої безпосередньо залежить від умов вирощування, насамперед рівня зволоження ґрунту та застосованих агротехнічних заходів [10].

Зважаючи на це, актуальним є наукове обґрунтування оптимальних режимів зрошення сої в умовах Лісостепу України з урахуванням їх впливу не лише

на урожайність, а й на формування якісних показників насіння. Особливого значення набуває поєднання водного режиму з біологічними факторами продуктивності, зокрема активністю симбіотичної азотофіксації, що безпосередньо впливає на білкову цінність насіння та екологічну стійкість агроєкосистем [11, 12].

Наукова новизна дослідження полягає у з'ясуванні закономірностей формування якісних показників насіння сої та рівня симбіотичної активності залежно від різних режимів зрошення в умовах Лісостепу України. Уперше для цієї природно-кліматичної зони обґрунтовано ресурсозберігаючий режим зрошення (70–80 % НВ), який забезпечує оптимальне поєднання врожайності, якості насіння та ефективності біологічної азотофіксації у сучасних сортів сої.

Мета дослідження

Метою дослідження є встановлення впливу режимів зрошення на формування врожайності, якісних показників насіння та симбіотичної активності сої в умовах Лісостепу України з метою обґрунтування оптимальних умов вирощування культури.

Завданнями дослідження було з'ясувати вплив різних режимів зрошення на водний стан ґрунту, продуктивність та якісні показники насіння сої в умовах Лісостепу України; визначити оптимальний рівень зволоження орного шару ґрунту за показником найменшої вологоємності (НВ), який забезпечує максимальну реалізацію врожайного потенціалу культури у разі раціонального використання водних ресурсів; оцінити ефективність застосування біологічного препарату Ризогумін-Плюс у різних концентраціях щодо формування бульбочкової системи, активного симбіотичного потенціалу та рівня біологічно фіксованого азоту у рослин сої різних сортів; встановити взаємозв'язок між водним режимом ґрунту, інтенсивністю симбіотичних процесів і формуванням урожайності та білковості насіння; обґрунтувати ресурсощадну технологічну схему вирощування сої, що поєднує помірне зрошення (70–80 % НВ) з передпосівною обробкою насіння біопрепаратом для умов Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи

Польові дослідження з вивчення впливу режимів зрошення на формування врожайності, якісних показників насіння та симбіотичної активності сої проводили 2023–2025 років на дослідному полі Уманського національного університету (Черкаська область, Уманський район). Територія досліджень розташована у центральній частині Правобережного Лісостепу України, яка характеризується помірно теплим кліматом із періодичними проявами посушливих умов у літній період.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим малогумусним, крупнопилувато-середньосуглинковим за гранулометричним складом. Уміст гумусу в орному шарі (за Тюрнімом)

становив 4,4–4,6 %, реакція ґрунтового розчину – рН 6,8–7,2, сміність катіонного обміну – 30–32 мг-екв на 100 г ґрунту. Уміст загального азоту (за К'ельдалем) – 0,28–0,31 %, фосфору – 0,16–0,24 %, калію – 2,3–2,5 %. Рухомі форми елементів живлення (за Мачигінім) становили: фосфору – 4,5–5,3 мг, калію – 9,8–10,2 мг на 100 г ґрунту [1, 13].

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень характеризувалися значною міжрічною мінливістю кількості опадів і температурного режиму (рис. 1). Загальна кількість опадів за вегетаційні роки становила 583,5 мм (2022–2023 рр.), 487,2 мм (2023–2024 рр.) та 525,5 мм (2024–2025 рр.). Найбільший дефіцит вологи спостерігали у весняно-літній період, зокрема в червні–липні, що збігалось з критичними фазами розвитку сої. Середньорічна температура повітря коливалася в межах 9,9–11,8 °С, а в літні місяці досягала 22,8–24,3 °С, що у разі недостатнього зволоження посилювало абіотичний стрес рослин.

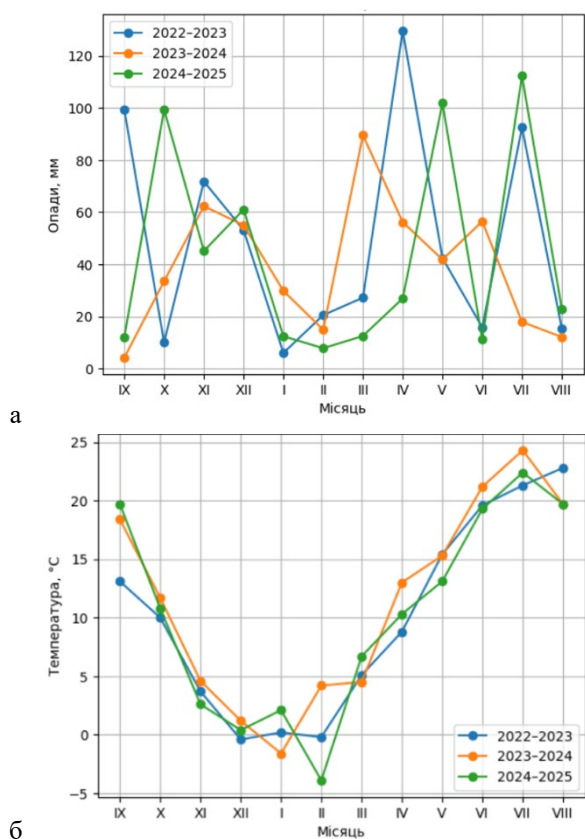


Рис. 1. Кількість опадів (а) та середньомісячна температура повітря (б) за вегетаційні роки 2022–2025 рр.

(за даними метеостанції Умань)

Дослідження проводили за схемою двофакторного польового дослідження у триразовій повторності. Фактор А – рівень зрошення: без зрошення (контроль); крапельне зрошення – 50 % НВ; крапельне зрошення – 70 % НВ.

Фактор В – сорт сої:

- ES Mentor – середньоранній сорт, оригінатор – *Euralis Semences* (Франція);
- Halleck – середньостиглий сорт, оригінатор – *AgReliant Genetics* (США).

Сорти відрізняються за тривалістю вегетаційного періоду та рівнем адаптивності до умов недостатнього зволоження, що дозволяло об'єктивно оцінити їх реакцію на різні режими зрошення.

Попередником культури була озима пшениця. Основний обробіток ґрунту включав зяблеву оранку на глибину 22–25 см. Навесні проводили закриття вологи боронуванням і передпосівну культивуацію.

Сівбу сої здійснювали у другій декаді травня за умови прогрівання ґрунту на глибині 10 см до 10–12 °С. Спосіб сівби – рядковий із шириною міжрядь 45 см. Норма висіву становила 600 тис. схожих насінин на 1 га, глибина загортання насіння – 4–5 см.

Система захисту рослин передбачала застосування ґрунтових і страхових гербіцидів залежно від рівня забур'яненості посівів. Інсектицидні та фунгіцидні обробки проводили за потреби відповідно до фітосанітарного стану посівів. Збирання врожаю здійснювали у фазі повної стиглості насіння методом прямого комбайнування.

Зрошення здійснювали крапельним способом. Поливи проводили у разі зниження вологості ґрунту в орному шарі до 60–65 % НВ з доведенням її до запланованого рівня (50 або 70 % НВ залежно від варіанта). Загальна норма поливної води за вегетаційний період становила 1200–2400 м³/га.

Перед сівбою насіння сої обробляли біопрепаратом Ризогумін-Плюс, що містить активні штами *Bradyrhizobium japonicum*. Інокуляцію проводили в день сівби методом напівсухої обробки. Норма витрати препарату становила 0,75 % від маси насіння. Після обробки насіння витримували у затіненому місці протягом 30–40 хв і висівали у ґрунт.

Урожайність визначали методом суцільного обліку з облікових ділянок із перерахунком на стандартну вологість насіння (14 %) і 100 % чистоту. Симбіотичну активність оцінювали за масою бульбочок та кількістю фіксованого азоту.

Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням програм Microsoft Excel та Statistica 10 з визначенням середніх значень, середньої похибки та достовірності різниць між варіантами дослідження ($p \leq 0,05$).

Результати та їх обговорення

У ході дослідження було проведено облік та порівняння кількості води, використаної при різних режимах зрошення. Максимальний обсяг зрошувальної води був застосований у варіанті повного зволоження (70 % НВ), тоді як мінімальний – у варіанті обмеженого зрошення (50 % НВ). Результати показали, що врожайність сої за умови повного та помірного зрошення була близькою між собою, однак у варіанті з меншим водоспоживанням досягали більш економного використання водних ресурсів без суттєвого зниження продуктивності рослин [16].

Поливи проводили тоді, коли вологість орного шару ґрунту знижувалася до 60–65 % від найменшої вологості, підтримуючи водний режим у межах, оптимальних для росту сої. У контрольному (незрошуваному) варіанті вологість ґрунту впродовж вегетації знижувалася до критичних значень (10–14 %

об'єму), що призводило до в'янення листків і зменшення кількості бобів на рослині [21, 22].

Після проведення зрошення вміст вологи в ґрунті у зрошуваних варіантах зростав до 28–32 %, що забезпечувало активний ріст рослин та інтенсивне формування генеративних органів. У варіанті з помірним

рівнем зрошення (50 % НВ) спостерігали коливання вологості в межах 15–24 %, тоді як за відсутності зрошення вологість орного шару не перевищувала 10–14 %, що свідчило про недостатнє зволоження кореневої зони та обмеження реалізації продуктивного потенціалу культури (*табл. 1*).

Таблиця 1

Урожайність сої залежно від режиму зрошення та сорту (середнє за 2023–2025 рр., Уманський НУ)

Режим зрошення	Урожайність, т/га (ES Mentor)	Урожайність, т/га (Галлек)	Середнє по фактору А
Без зрошення (контроль)	1,72±0,06	1,88±0,05	1,80
50% НВ	2,55±0,07	2,75±0,06	2,65
70% НВ	2,78±0,08	3,02±0,07	2,90
100% НВ	2,90±0,09	3,20±0,08	3,05
Середнє по фактору В	2,49	2,71	-
НІР _{0,05} : фактор А – 0,14 т/га; фактор В – 0,11 т/га; взаємодія А×В – 0,19 т/га.			

Примітка: дані наведено як середнє значення ± стандартна похибка.

Отримані результати свідчать про чітко виражений вплив режиму зрошення на врожайність сої, а також про наявність статистично достовірної взаємодії факторів «режим зрошення × сорт». У всіх варіантах досліді сорт Галлек формував вищу урожайність порівняно з сортом ES Mentor.

За відсутності зрошення різниця між сортами становила 0,16 т/га, тоді як за помірного (70 % НВ) та повного (100 % НВ) зрошення вона зростала до 0,24–0,30 т/га, що перевищувало значення НІР_{0,05} для

фактору В. Це свідчить про вищу чутливість сорту Галлек до поліпшення водного режиму ґрунту.

Найвищий приріст урожайності порівняно з контролем забезпечував режим зрошення 70 % НВ: для сорту ES Mentor – 1,06 т/га, для сорту Галлек – 1,14 т/га. Подальше підвищення рівня зволоження до 100 % НВ не супроводжувалося статистично достовірним зростанням урожайності, що вказує на доцільність використання помірного режиму зрошення як ресурсощадного (*табл. 2*).

Таблиця 2

Вплив різних режимів зрошення на вологість ґрунту (середнє за 2023–2025 рр., Уманський НУ)

Варіант зрошення	Рівень зволоження, % НВ	Вологість ґрунту до поливу, %	Вологість ґрунту після поливу, %	Витрата води, м ³ /га
Без зрошення (контроль)	0	10–14	12–15	–
Обмежене зрошення	50	15–24	25–28	1200
Помірне зрошення	70	20–26	28–32	1800
Повне зрошення	100	22–27	30–33	2400

Примітка: НВ – найменша вологоємність; зрошення проводили при зниженні вологості орного шару до 60–65 % НВ.

Покращення водного режиму ґрунту позитивно впливало не лише на ріст і розвиток рослин сої, а й на активність симбіотичних процесів. Зрошення створювало сприятливі умови для формування бульбачкової системи та підвищення ефективності біологічної фіксації атмосферного азоту, що безпосередньо відображалось на формуванні врожайності та якості насіння (*табл. 3*).

Застосування біопрепарату Ризогумін-Плюс,

особливо в концентрації 0,75 %, забезпечувало максимальні показники маси бульбочок та біологічно фіксованого азоту в обох досліджуваних сортах, що корелювало з підвищенням урожайності за умов оптимального зрошення.

Збільшення симбіотичної активності позитивно впливало на формування білка в насінні та на підвищення загальної урожайності за умов оптимального зрошення.

Таблиця 3

Симбіотична ефективність сої залежно від технологічних прийомів на досліджуваному полі Уманського національного університету (середнє за 2023–2025 рр.)

Сорт	Обробка насіння	Концентрація ретарданту, %	Маса бульбочок, г/росл.	Активний симбіотичний потенціал, тис. кг·дн/га	Маса біологічно фіксованого азоту, кг/га
Ментор	Без обробки	–	0,36	221	77,38
		0,5	0,42	226	77,87
	Ризогумін-Плюс	0,75	0,49	232	79,06
		1,0	0,44	229	78,23
Галлек	Без обробки	–	0,69	453	117,54
		0,5	0,76	470	119,87
	Ризогумін-Плюс	0,75	0,91	489	124,56
		1,0	0,80	476	120,70

Отже, найвищу ефективність симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій та максимальне накопичення біологічного азоту забезпечувала обробка насіння препаратом Ризогумін-Плюс (0,75 %) за умов помірного зрошення (70–80 % НВ). Такий варіант сприяв формуванню насіння з підвищеним вмістом білка, що підтверджує тісний зв'язок між водним режимом, біологічним азотним живленням і якістю насіння сої в Лісостепу України.

Отримані результати підтверджують, що оптимальний водний режим у поєднанні із стимулюванням симбіотичної фіксації азоту суттєво впливає на формування якості насіння сої в умовах Лісостепу України. Зокрема, наші дані показують, що при зрошенні на рівні 70 % НВ урожайність досягала 2,90 т/га, що практично не відрізняється від результату при 100 % НВ (3,05 т/га), але при цьому використано меншу кількість водних ресурсів. Це узгоджується з висновками Prysiazhniuk et al., (2018), де зазначено, що оптимальні агротехнічні прийоми в зоні Лісостепу суттєво підвищують продуктивність культури, зокрема завдяки кращому забезпеченню вологості ґрунту [17, 19].

Крім того, наша оцінка симбіотичної активності показала, що обробка насіння біопрепаратом Ризогумін-Плюс у концентрації 0,75 % забезпечує найвищі показники маси бульбочок і кількості фіксованого азоту (наприклад, для сорту Галлек маса бульбочок 0,91 г/росл., азоту 124,56 кг/га). Це відповідає результатам інших досліджень: у роботі Krutylo (2023) описано приріст маси вузликів на 11–86 % і збільшення фіксації азоту в 1,2–4,2 рази після інокуляції [20].

Наші дані також демонструють, що недостатня волога в ґрунті (10–14 % об'єму у варіантах без зрошення) спричиняє зменшення активності симбіозу, що підтверджується у дослідженні Маменко (2019), у якому в умовах дефіциту води спостерігали значне гальмування утворення бульбочок та зниження фіксації азоту [21].

Якщо порівняти наші результати з дослідженнями Shevnikov et al., (2022), то зазначимо: там, при різних способах сівби, нормах висіву й агроекологічних умовах, приріст урожайності становив 15–25 % завдяки кращому азотному живленню [22]. У нашому випадку приріст урожайності за зрошеним режимом склав до +69 % порівняно з контролем, що вказує на особливу чутливість сої до водозабезпечення в зоні Лісостепу та важливість водного режиму.

Отже, поєднання помірного зрошення та біологічно орієнтованих технологій інокуляції є перспективним напрямом для формування високоякісного насінневого матеріалу сої в Лісостепу України. Подальші дослідження доцільно зосередити на взаємодії водного режиму, мінерального живлення та біологічної азотфіксації з метою розробки адаптивних технологій, максимально пристосованих до умов змінного клімату.

Висновки

У результаті проведених польових досліджень з'ясовано, що рівень зрошення істотно впливає на формування якісних показників насіння сої та

ефективність симбіотичної азотфіксації в умовах Лісостепу України. Оптимальним виявився режим помірного зрошення (70–80 % НВ), який забезпечував високий рівень урожайності без надмірних витрат водних ресурсів. Зрошення сприяло покращенню розвитку бульбочкових бактерій і підвищенню активного симбіотичного потенціалу рослин, що, своєю чергою позитивно впливало на накопичення біологічно фіксованого азоту. Найвищі показники спостерігали за умови обробки насіння біопрепаратом Ризогумін-Плюс у концентрації 0,75 %, що забезпечувало збільшення маси бульбочок і підвищення вмісту азоту порівняно з контролем. Виявлено, що поєднання біологічної інокуляції з помірним зрошенням є ефективною технологією підвищення якості насіння та білкової продуктивності сої. Результати дослідження підтверджують взаємозв'язок між водним режимом, біологічним азотним живленням і якістю насіння, що має важливе практичне значення для оптимізації систем вирощування сої у зоні Лісостепу України.

Конфлікт інтересів




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

References

1. Zhao, J., Bindi, M., Eitzinger, J., Ferrise, R., Gaile, Z., Gobin, A., Holzkämper, A., Kersebaum, K.-C., Kozyra, J., Kriauciūniene, Z., Loit, E., Nejedlik, P., Nendel, C., Niinemet, Ü., Palosuo, T., Peltonen-Sainio, P., Potopová, V., Ruiz-Ramos, M., Reidsma, P., Rijk, B., Trnka, M., van Ittersum, M. K., & Olesen, J. E. (2022). Priority for climate adaptation measures in European crop production systems. *European Journal of Agronomy*, 138, 126516. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126516>
2. Shcherbyna, O. Z., Tkachyk, S. O., Tymoshenko, O. O., & Shostak, N. O. (2020). Assessment of various soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merrill.] on the stability of manifestation of economically valuable traits. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16 (1), 90–96. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.1.2020.201331>
3. Bellaloui, N., Bruns, H. A., Gillen, Anne. M., Abbas, H. K., Zablutowicz, R. M., Mengistu, A., & Paris, R. L. (2010). Soybean seed protein, oil, fatty acids, and mineral composition as influenced by soybean-com rotation. *Agricultural Sciences*, 1 (3), 102–109. <https://doi.org/10.4236/as.2010.13013>
4. Ivaniuk, S. V., Storozhuk, V. V., Kucher, D. I., Musienko, M. M., & Onopriienko, V. V. (2017). Adaptivnist ta selektsiina tsinnist sortiv soi selektsii Instytutu kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia NAAN. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 83, 10–17. [in Ukrainian]
5. Biliavska, L. H. (2018). Kolektsiini zrazky soi – tsinniy vykhidnyi material dlia selektsii. *Tavriiskiyi Naukoviyi Visnyk*, 101, 9–15. [in Ukrainian]
6. Bakhmat, O. M. (2009). *Soia – kultura maibutnoho, osoblyvosti formuvannya vysokoho vrozhaiv: monohrafiia*. Kamianets-Podilskiyi : PP Moshak M. I. [in Ukrainian]
7. Derzhavnyi reestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. (n.d.). *Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv Roslyn*. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/ua/derzavniy-reestr> [in Ukrainian]
8. Lykhochvor, V. V., Prots, R. R., & Myhal, I. B. (2004). *Soia*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii. [in Ukrainian]
9. Boydak, E., Alpaslan, M., Hayta, M., Gerçek, S., & Simsek, M. (2002). Seed Composition of soybeans grown in the Harran region of Turkey as affected by row spacing and irrigation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (16), 4718–4720. <https://doi.org/10.1021/jf0255331>

10. Kaminskiy, V. (2006). Ahrometeorologichni osnovy vyrobnytstva zerbobobovykh kultur v Ukraini. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 7, 20–25. [in Ukrainian]
11. Kobak, S., Kolisnyk, S., Serevnyk, O., & Chorna, V. (2017). Abortyvniist u soi: prychny ta shliakhy vyrishennia problemy. *Propozytsiia*, 6, 90–94. [in Ukrainian]
12. Nidzelskyi, V. A., Novytska, N. V., & Shutyi, O. (2012). Spriamuvannia tekhnologichnykh zakhodiv na stabilizatsiiu vrozhaiiv soi. *Naukovyi Visnyk NUBiP Ukrainy. Seriiia Agronomiia*, 176, 74–78. [in Ukrainian]
13. Osypchuk, A. M., & Osypchuk, O. S. (2011). Osoblyvosti formuvannia urozhaiu soi. *Ahrobiolohiia*, 6, 45–48. [in Ukrainian]
14. Pawlewicz, A., Brodzinska, K., Zvirbule, A., & Popluga, D. (2020). Trends in the development of organic farming in Poland and Latvia compared to the EU. *Rural Sustainability Research*, 43 (338), 1–8. <https://doi.org/10.2478/plua-2020-0001>
15. Shi, X., Zhang, J., Mao, X., Wang, W., & Xie, D. (2013). Effects of soil water deficit on the physiological characteristics and dry matter accumulation of soybean seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(2), 557–567.
16. 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>
17. Kostyukievych, 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>
18. Ganzha, V. V., & Ivaniv, M. O. (2021). Seed quality of soybean varieties depending on the elements of technology under drip irrigation. *Taurian Scientific Herald*, 120, 11–18. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.2>
19. Prysiashniuk, O. I., Hryhorenko, S. V., & Polovynchuk, O. Yu. (2018). Realization of soybean biological potential as affected by agronomical practices under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14 (2), 215–223. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134773>
20. Krutylo, D. (2023). Symbiotic interaction between a mixture of Bradyrhizobium japonicum strains and different soybean cultivars. *Agricultural Science and Practice*, 9 (3), 36–48. <https://doi.org/10.15407/agrisp9.03.036>
21. Mamenko, T. P. (2019). The reaction of soybean symbiotic apparatus to losses of water content in leaves and roots, induced by continuous action of drought. *Ecology and Noospherology*, 30 (1), 44–49. <https://doi.org/10.15421/031908>
22. Shevnikov, M., Milenko, O., Lotysh, I., Shevnikov, D., & Shovkova, O. (2022). The effect of cultivation conditions on the nitrogen fixation and seed yield of three Ukrainian varieties of soybean. *Scientific Horizons*, 25 (8), 17–27. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(8\).2022.17-27](https://doi.org/10.48077/scihor.25(8).2022.17-27)

ORCID

- V. Kravchenko  <https://orcid.org/0000-0003-4873-5367>
D. Akinchyts  <https://orcid.org/0009-0007-8994-1040>
L. Vyshnevskia  <https://orcid.org/0000-0001-9470-9050>
A. Yatsenko  <https://orcid.org/0000-0002-4755-9675>



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

Prospects for nitrogen fertilization management of corn crops: a review of modern concepts

K. Kuriacha✉

Article info

Correspondence Author

K. Kuriacha

E-mail:

kateryna.kuriacha@pdaa.edu.ua

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

Citation: Kuriacha, K. (2025). Prospects for nitrogen fertilization management of corn crops: a review of modern concepts. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 80–86. doi: 10.31210/spi2025.28.04.11

The main purpose of this review was the problem of optimizing nitrogen fertilization of corn crops in the light of recent trends, taking into account the requirements of the ecological and economic approach to the development of cultivation technologies. Based on the review of the research results by Ukrainian and foreign scientists, modern methods of nitrogen fertilization management are described. In particular, this concerns the differentiated application of nitrogen fertilizers using complex organic-mineral fertilizers, which comprise humic compounds, nitrification inhibitors and urease inhibitors. The review draws attention to controversial issues of corn crops' fertilization and contradictions regarding the effectiveness of the use. These include the rate of nitrification of the soil rhizosphere, inhibition of nitrification processes and the effectiveness of the impact on yield formation. The information on the efficacy of using 3, 4-dimethylpyrazole phosphate and thiophosphoric triamide as nitrification inhibitors from economic and environmental points of view is given in the article. A brief analysis of the use of the group of 2-(3, 4-dimethyl-1H-pyrazol-1-yl) isomeric mixture of succinic acid, nitrapyrin or pronitridine is conducted. Attention is paid to the peculiarities of the behavior of nitrification inhibitor substances depending on the properties of soils and climatic factors. The conclusion is made as to the simultaneous use of two strategies – the application of urease inhibitor and nitrification inhibitor. The presented review of scientific sources does not indicate the unanimity of opinions concerning the use of nitrogen inhibitors. Scientists are overwhelmingly inclined to the usefulness of applying inhibitors to reduce greenhouse gas emissions into the atmosphere and the economic efficiency of reducing the rates of nitrogen fertilizers' application, but there are also data on the questionable impact of inhibitors on nitrogen losses into the atmosphere and their impact on yield formation. On the one hand, nitrogen inhibitors can be crucial in reducing nutrient losses and increasing the effectiveness of the use of expensive nitrogen fertilizers and raising plant productivity by 41–79 %, especially when applying stabilized nitrogen fertilizers of increased efficacy. They play an important role in the 4R cultivation concept, which envisages ecological and economic approach to growing crops. On the other hand, while reducing nitrogen losses, they do not increase yields in any way, especially in combination with the use of such fertilizers.

Keywords: corn, fertilization, fertilizers, nitrogen, inhibitors, humin.

Перспективи управління азотним живленням посівів кукурудзи: огляд сучасних концепцій

K. О. Куряча

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Головною метою цього огляду була проблематика оптимізації азотного живлення посівів кукурудзи у світлі останніх тенденцій з огляду на вимоги еколого-економічного підходу до розробки технологій вирощування. На основі огляду результатів досліджень вітчизняних і закордонних учених описано сучасні методи управління азотним живленням. Зокрема це стосується диференційованого внесення азотних добрив із застосуванням комплексних органо-мінеральних добрив, до складу яких вводять гумінові сполуки, інгібітори нітрифікації та інгібітори уреаз. В розвідці приділено увагу дискусійним питанням удобрення посівів кукурудзи та протиріччям стосовно ефективності використання. До таких відносять швидкість нітрифікації ризосфери ґрунту, пригнічення процесів нітрифікації та ефективність впливу на формування урожайності. У статті подано інформацію щодо ефективності застосування як інгібіторів нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфату та тіофосфорного триаміду з економічної та екологічної точок зору. Проведено короткий аналіз використання групи 2-(3,4-диметил-1H-піразол-1-іл) ізомерної суміші бурштинової кислоти, нітрапірину або пронітридину. Звернено увагу на особливості функціонування речовин інгібіторів нітрифікації залежно від властивостей ґрунтів, кліматичних факторів. Зроблено висновок про одночасне застосування двох стратегій – використання інгібітора уреаз та інгібітора нітрифікації. Наведений огляд наукових джерел свідчить про неоднотайність думок щодо використання інгібіторів азоту. Вчені переважно погоджуються з думкою щодо користі застосування інгібіторів для зменшення викидів парникових газів у атмосферу та економічної ефективності від зменшення норм внесення азотних добрив, але існують і дані про сумнівний вплив інгібіторів на втрати азоту в атмосферу й їхній вплив на формування врожайності. З одного боку, інгібітори азоту можуть мати вирішальне значення, зменшуючи втрати поживних речовин та збільшуючи ефективність застосування вартісних азотних добрив і збільшувати продуктивність рослин на 41–79 %, особливо якщо використовувати стабілізовані азотні добрива підвищеної ефективності. Вони відіграють важливу роль у концепції вирощування 4R, яка передбачає еколого-економічний підхід до вирощування сільськогосподарських культур. З іншого боку, зменшуючи втрати азоту, вони жодним чином не збільшують урожайність, до того ж і разом із застосуванням таких добрив.

Ключові слова: кукурудза, удобрення, добрива, азот, інгібітори, гумін.

Бібліографічний опис для цитування: Куряча К. О. Перспективи управління азотним живленням посівів кукурудзи: огляд сучасних концепцій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 80–86.

The role of nitrogen fertilization in corn yield formation is well known. In modern agronomy, the attention is paid to optimizing fertilizers' application in order to improve the efficiency of using expensive nitrogen fertilizers and reducing the harmful effect of nitrogen on the environment.

It is also well known that for growing corn it is expedient to use differentiated nitrogen application or apply complex fertilizers. According to S. M. Kalenska and R. V. Hovenka's data, plastic corn hybrids were able to increase the yield by almost 16 % when using diammonium phosphate at the rate of $N_{22}P_{57}K_{57}$, and additional nitrogen application contributed to further yield increase by 8–18.6 % [1].

The use of complex organic-mineral fertilizers, which include humic compounds, neem oil (*Azadirachta indica*), moringa (*Moringa oleifera*), pomegranate leaves (*Punica granatum*), etc., is quite promising [2, 3]. In the latter case, the coating of carbamide granules with these substances delayed nitrification for up to 30 days, which significantly reduced nitrogen losses and contributed to better plant productivity. Nitrogen losses were reduced from 48 to 2 %.

The greatest concern of scientists is the growing greenhouse effect, which is provoked by emissions of greenhouse gases into the atmosphere, including N_2O and NH_3 . The main sources of emissions, in the agronomic aspect, are the use of nitrogen fertilizers, which are also not fully absorbed by plants and, thus, reduce the economic effect. To reduce these negative processes, the use of nitrification inhibitors and urease inhibitors is proposed. Not only the aforementioned plant components or products can be used as inhibitors.

The inhibition of nitrification processes can be achieved by both chemical and natural substances, as well as biological preparations. 3, 4-dimethylpyrazole phosphate is one of the chemicals used as nitrification inhibitors. The use of this inhibitor in combination with UAN-32 at a rate of 300 kg/ha against the background of $N_{32}P_{30}K_{42}$ gave the increase in the yield by 17–19.8 %, i.e. by 1.11–1.68 c/ha, which was quite convincingly demonstrated by field diagnostics using NDVI. The yield capacity also depended to a large extent on the sum of active temperatures [4].

As J. Muller et al. note, the use of urea coated with 3, 4-dimethylpyrazole phosphate at a rate lower by 20 % reduced N_2O emissions by 51 % without reducing the yield capacity [5]. The use of 3, 4-dimethylpyrazole phosphate for two years allowed a 23 % reduction in nitrogen fertilizers' rates in the second year, which gives the prospect of using this substance to reduce nitrogen fertilizers' rates [6].

However, there are less optimistic scenarios of the action of 3, 4-dimethylpyrazole phosphate. For example, in the studies of X.-L. Wang et al., the use of this inhibitor reduced the rate of the soil rhizosphere nitrification, which negatively influenced the growth of corn plants and the effectiveness of their water consumption [7].

In these studies, an increase in corn yields by 8.1–21.2 % was also registered. On the whole, it was possible to speak about the effectiveness of using nitrogen inhibitors: 3, 4-dimethylpyrazole phosphate and thiophosphoric triamide from the economic and environmental points of view [8]. Thiophosphoric triamide gave relatively better results concerning nitrogen content in the soil and increased yield capacity [9]. The use of 3, 4-dimethylpyrazole phosphate together with digestate increased plant biomass by almost half – 49 % in the experiments conducted to determine the

effectiveness of the combined use of inhibitors with organic fertilizers [10].

Both of the above mentioned nitrification inhibitors can reduce nitrogen emissions into the atmosphere and increase corn yields, but their effect can largely depend on the conditions of the year, the agrochemical characteristics of the soils at the location of application, the term and many other factors [11]. The corn yields increase by 1.85 c/ha was possible, but under high temperatures, the use of such inhibitors may be generally insignificant, not exceeding 4–7 % [12, 13].

Similar data were obtained in the studies with 3, 4-dimethylpyrazol succinic acid. In most cases, lower nitrogen losses of 25 % due to leaching were observed, but no differences in plant development between the variants were observed [14]. In case of using the substance from the same group, 2-(3,4-dimethyl-1H-pyrazol-1-yl) isomeric mixture of succinic acid, a significant decrease in residual nitrogen in fertilizers was observed, although a significant increase in root mass was registered – up to 64 % [15]. In other studies, the effectiveness of the inhibitors' use largely depended on the method of soil cultivation – after plowing, NH_3 emissions decreased by up to 64 %, and in case of no-till – up to 53 % and more [16].

Quite widespread are the studies on determining the effect of nitrapyrin or pronitridine as the nitrification inhibitor, which also significantly softens environmental consequences [17] that are considered by some authors to be almost equivalent in effectiveness. In favorable years, to obtain yields at the level of the use of inhibitors, the rate of UAN had to be increased by 14–19 %. The use of nitrification inhibitors of this group inhibits the activity of microbial enzymes that catalyze the first stage of the transition of ammonium to nitrite. From the ecological point of view, the impact of nitrapyrin on the environment has not yet been studied and it is quite possible that the use of inhibitors has only economic benefits [18].

The use of these preparations is considered to be one of the most effective strategies for applying nitrogen fertilizers due to the possibility of saving them and reducing emissions into the atmosphere. According to the research results by B. Ren et al., the use of nitrapyrin increased the yield capacity by 3.4–5.7 % and compensated the differentiated application of nitrogen fertilizers, and sometimes increased it by 19 % [19].

The addition of inhibitors to organic fertilizers also has its prospects, as it significantly reduced ammonia emissions from the soil by 46 % if cattle manure or straw was used, and the addition of straw was an important element of nitrogen fertilization management [20]. There are also data of the positive effect of applying inhibitors together with poultry manure for plants' phosphorus fertilization management [21].

Pakistan's scientists recorded the data when urea treatment with pronitridine reduced nitrogen emissions into the atmosphere of N_2O by 39–43 %. At the same time, plant biomass, grain yield and total nitrogen uptake increased by 23, 17 and 15 %, respectively [22].

In the experiments of Singh G., Nelson K.A, the use of pronitridine in the fall increased the corn yields by 7 % in a lean year [23]. Other research results indicate the same effect of application in the spring [24], although there is evidence of the need to increase the rates of nitrogen application in the

fall [25]. The autumn application of nitrapyrin increased the NH_4N content by 21–63 % and ensured a higher content of total mineral nitrogen in the spring by 10–19 %, while the spring application increased it by 25 % [26]. It should also be mentioned that nitrification inhibitors can have a positive effect in the years with high precipitation [27].

At the same time, there are also alternative results to the above presented ones, which indicate the absence of a positive effect from the use of nitrification inhibitors on the formation of yield and its quality. Based on 1,248 observations, R. Cook et al. found that the effectiveness of the use of inhibitors can be influenced by soil and climatic factors, methods of cultivation technologies and many others, which, however, does not deny the prospects for the use of inhibitors [28]. According to Omonode R.A, Vyn T.J, nitrapyrin did not increase corn yields, but reduced cumulative seasonal N_2O emissions [29].

An important role in the use of nitrification inhibitors is played by weather factors that also influence the terms of conducting technological operations, including sowing and applying inhibitors. Late treatment with nitrapyrin contributed to an increase in such indicators as the length and diameter of the corn ear, the number of rows in it, grains, but did not affect the formation of thousand-kernel weight [30]. According to G. Guardia et al. nitrogen inhibitors did not affect grain yields in case of rainy conditions, but may affect nitrogen content [31].

There is insufficient information on the behavior peculiarities of nitrification inhibitors' substances depending on soil properties, although a positive effect on reducing NH_3 and N_2O evaporation was registered on black soils; positive results were also obtained on poorly drained clay soils. The use of nitrapyrin turned out to be effective in V5 phase of corn development, increasing its yield capacity by 1.5 t/ha at the same time reducing N_2O emissions [32].

In the works of Ukrainian scientists, it was noted that the use of Stabiluren 30 inhibitor with Aminomax and Aidamin fertilizers and Stim Organic destructor, 2 l/ha used for foliar application in the period of 15 leaves – flowering, assisted in enlarging the leaf area. The use of this method in the milky ripeness phase did not give positive results. The effect of the nitrogen inhibitor on grain quality indicators, in particular protein content, was not observed [33]. In the conditions of Poltava region, the use of nitrification inhibitor based on 1H-pyrazole, 3, 4-dimethylphosphate (DMPP) delayed the release of nitrogen, which contributed to a decrease in the use of machinery and had a positive impact on the distribution of nitrogen in the soil – the content of ammonium nitrogen exceeded the control variant by 38–85 % [34].

In the studies by C.F Drury et al., B. Ren et al. with urea on the variants with the use of urease inhibitors, ammonia losses were reduced by 64 %, but N_2O emissions increased by 30 %. Thus, it was concluded that the simultaneous use of two strategies – the application of urease inhibitor and nitrification inhibitor – was effective. In this case, corn yield increased by 19 %, significantly reducing greenhouse gas emissions [35, 36]. The so-called dual strategy may also be effective in case of the use of cattle manure.

The use of the nitrification inhibitor dicyandiamide and 1, 2, 4-triazole reduced the soil nitrate nitrogen content by 7–32 % and increased the ammonium nitrogen content by 10–59 %. Dicyandiamide contributes to an increase

in the mineral nitrogen content in the soil in 30 days after sowing [37]. The application of this substance together with pig manure did not increase corn yields in case of zero tillage, in contrast to the effect on wheat. This was apparently connected with the time of fertilizer application [38]. When this substance was used as a coating for urea granules, N_2O -N emissions into the atmosphere were reduced by 75 % [39].

In warm, humid climates, the use of dicyandiamide together with pig manure can be very effective in reducing nitrogen emissions into the atmosphere and better managing phosphorous nutrition of plants [40]. The application of digestate as an organic component for plant nutrition also requires the use of inhibitors that can reduce nitrogen losses by two to four times and become a valuable replacement of mineral fertilizers [41]. Dicyandiamide had little impact on yield formation and its use probably had environmental advantages. However, in humid conditions, nitrogen emissions can be high, regardless of the use of the substance, and the impact of the preparation on the yields was not observed. As it can be seen, this somewhat contradicts the previously presented material on the expediency of applying dicyandiamide in humid conditions.

According to M. Ahmed et al., the use of dicyandiamide contributed to better nitrogen assimilation effectiveness and an increase in corn yield capacity by 15–20 % compared to the variants in which untreated urea was used [42].

In the studies by Brazilian scientists, it was observed that adding a nitrification inhibitor to urea increased nitrogen losses as a result of NH_3 -N evaporation by up to 46 %, although when ammonium sulfate or ammonium nitrate with the addition of an inhibitor was used, these losses were reduced by 54–80 % [43].

The use of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide with urea at concentrations of 20, 26.7 and 30 % reduced the total ammonia loss because of evaporation by 35.4–81.9 %, 77.3–87.4 % and 59.1–83.3 % within 20 days after nitrogen application, while the yields increased by 12.9–34.8 %, 18.7–19.9 % and 14.6–41.1 %, respectively. It is mentioned that the use of inhibitors is effective in technologies when fertilizers are surface applied. The use of this inhibitor with UAN contributed to an increase in corn yields by 16.6 % [44].

The use of inhibitors is a promising method for reducing greenhouse gas emissions into the atmosphere and increasing crop yields. However, as it is noted by A.A Pawlick et al., no fertilizers applied with urease inhibitors reduced NO_3 -N leaching [45]. But long-term and large-scale studies are necessary to find the patterns and mechanisms of nitrogen inhibitors' action.

The time of nitrogen fertilizers' application plays an important role. When urease inhibitors were used with fertilizers before sowing, ammonia losses were reduced by 34–99 % and this increased grain yield capacity by 83 % compared to the unfertilized control variant, and in other studies, NH_3 -N losses were reduced by 46–80 %. As it was previously mentioned, the use of nitrogen inhibitors can contribute to a decrease in the frequency of nitrogen fertilizers' applications, since a single application of nitrogen-sulfur fertilizer with nitrogen inhibitors contributed to a growth in corn yields by 21.8 % [46, 47]. It has also been observed that nitrogen inhibitors are more effective when used for lower nitrogen fertilizers' rates [48].

To improve the efficacy of nitrogen fertilization management, various types of organic substances are also used – bio-char, humic acids and their salts or, for example, some plants – *Brassica juncea*, coarse litter for livestock, etc. The use of bio-char is effective for improving the physical properties of the soil – hydraulic conductivity, structure, bulk density, porosity and electrical conductivity [49]. Even herbicides based on glyphosate can have an inhibitory effect [50]. It should be taken into account that the correct application of various organic fertilizers contributes to the growth of the number of useful microorganisms in the soil, capable of retaining various forms of nitrogen without the use of chemical inhibitors.

The use of urea in combination with potassium humate was able to increase the yields of corn grain by 7–30.5 %, and also contributed to the accumulation of vegetative mass, on the basis of which conclusions were drawn about the high effectiveness of urea treated with potassium humate. The suspensions of humic and fulvic acids made it possible to obtain an increase in corn yields while simultaneously reducing the rates of nitrogen fertilizers [51].

The above presented review of scientific sources indicates that the opinions on the use of nitrogen inhibitors are different. The majority of scientists are inclined to the usefulness of applying inhibitors to reduce greenhouse gas emissions into the atmosphere and the economic efficiency of reducing nitrogen fertilizers' application rates, but there are also data of the doubtful effect of inhibitors on nitrogen losses into the atmosphere and their impact on yield formation [52].

On the one hand, nitrogen inhibitors can be crucial in reducing nutrient losses and raising the efficacy of applying expensive nitrogen fertilizers and increasing plant productivity by 41–79 %, especially when using stabilized nitrogen fertilizers of increased effectiveness [53–56]. They play an important role in the 4R cultivation concept, which envisages the ecological and economic approach to crop cultivation. On the other hand, while reducing nitrogen losses, they do not increase yield in any way [57], moreover, in combination with the use of such fertilizers [58].

In light of the fact that nitrogen fertilizers are very important for yields increase, their widespread use has global impacts. They have become the main source of nitrous oxide and its various oxides' emissions into the atmosphere therefore it is considered that a significant reduction in this negative phenomenon can be achieved through the use of urease and nitrification inhibitors [59].

A much more effective decrease in nitrogen emissions into the atmosphere can be achieved by combining the use of nitrogen inhibitors with soil cultivation methods [29, 57] or fertigation. In terms of obtaining a high yield, urea with an inhibitor gave high results in only one of the three research years.

Recently, Ukrainian farmers have been resorting to using anhydrous ammonia in their fields, but there are a number of cautions when using this fertilizer, because of the high nutrient losses. In the studies by W. Neels et al. it was found that the sources of nitrogen supply played a significant role in the yield formation and the amount of losses. The retention of $\text{NH}_4 + \text{-N}$ in the soil on anhydrous ammonia was by 340 % higher compared to urea. The inhibitor ensured the similar indicator at the level of 14–50 % [60].

Nitrogen inhibitors can play an important role in improving the efficacy of phosphorus fertilizers' use. Delaying the process of nitrification probably results in phosphorus release and its better utilization by 29 % [61, 62], and sometimes also contributes to better magnesium use indicators. The use of inhibitors with simultaneous use of sulfur containing fertilizers also favors the assimilation of this important nutrient element, increasing not only the yields but also the protein content in the grain [46].

Thus, the issue of effective nitrogen management is a global challenge. Despite more than 50 years of the experience in using nitrogen inhibitors in crop growing, there are opposite opinions and views on the effectiveness of their use. Meta-analyses of the data indicate both the positive role of these preparations in the yield formation and the neutrality of their use or even the negative impact. Some sources emphasize the prospects of applying them as a promising method to reduce the negative influence from the use of mineral nitrogen fertilizers however it is not always possible to achieve the effect even from the combined application of inhibitors with fertilizers of increased efficacy.

The absence of the positive effect from the use of nitrogen inhibitors with fertilizers may be connected with soils peculiarities, weather conditions, and, moreover, there may even be a complete absence of any agronomic advantages. Many scientists emphasize the need for long-term studies to clarify as many nuances of the use of such substances as possible. Interpreting the conclusions of D. Fan et al., obtained as a result of meta-regression and multivariate data analyses [63], it can be concluded about the probable result of using nitrogen inhibitors. This probabilistic effect may largely depend on changes in weather conditions or time of fertilizer' application and it may also happen that even the use of highly effective new fertilizers may not lead to an increase in yields.

Conclusions

The main purpose of this review was the problem of optimizing nitrogen fertilization of corn crops in the light of recent trends, taking into account the requirements of the ecological and economic approach to the development of cultivation technologies.

The use of nitrogen inhibitors is a promising direction of research and production testing. The effectiveness of inhibitors from the theoretical point of view is scientifically substantiated. However, in the process of conducting field experiments, the results are often obtained that are difficult to interpret clearly. In Ukraine, the use of inhibitors is still a relatively new topic. The complexity of conducting research is often associated with the absence of specialized machinery for field studies. In the author's opinion, it is necessary to continue the investigation in long-term experimental programs.

The relevance of correcting nitrogen nutrition and developing its effective management is especially important in the context of climate change, especially since the use of nitrogen fertilizers may be one of the factors of these changes. Thus, this direction contains an important environmental aspect in terms of reducing greenhouse gas emissions, including nitrogen oxides and ammonia. The analysis of literary sources indicates a predominantly considerable effect of inhibitors on reducing nitrogen losses.

The generalization of the literature data indicates a variety of statements and results of the experimental data on the effect of urease or nitrification inhibitors on increasing the yields. According to the published materials, both a significant increase in yield capacity and neutrality of the effect of such substances were recorded. In some publications, the data on the negative effect of inhibitors on corn yields can be found.

In Ukraine, the topic of using nitrogen inhibitors is relatively new. Taking into account the soil and climatic diversity of our country's territory, it is expedient to form long-term research programs to establish the peculiarities of using nitrogen inhibitors in production conditions, where modern machines for using inhibitors with various types of fertilizers are available.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

- Kalenska, S. M., & Hovenko, R. V. (2022). Productivity of corn as affected by the accumulation of heat units and different nitrogen fertilizers. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 33–43. <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268943>
- Hotskyi, Ya. H., & Stepaniuk, A. R. (2019). Advantages of use of the granular organic-mineral slow release fertilizers. *Proceedings of the NTUU "Igor Sikorsky KPI". Series: Chemical Engineering, Ecology and Resource Saving*, 1, 61–67. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171044>
- Ashraf, M. N., Aziz, T., Maqsood, M. A., Bilal, H. M., Raza, S., Zia, M., Mustafa, A., Xu, M., & Wang, Y. (2025). Evaluating organic materials coating on urea as potential nitrification inhibitors for enhanced nitrogen recovery and growth of maize (*Zea mays*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 22 (5), 1101–1108. <https://doi.org/10.17957/ijab/15.1175>
- Muntian, S. V., & Fedorchuk, M. I. (2024). Vplyv meteorolohichnykh umov na urozhainist pshenytsi ozymoi, kukurudzjata ripaku ozymoho z vykorystanniam inhibitora nitryfikatsii za poiednanoho vykorystannia z KAS-32. *Ahrarni Innovatsii*, 21, 64–69. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.9> [in Ukrainian]
- Muller, J., De Rosa, D., Friedl, J., De Antoni Migliorati, M., Rowlings, D., Grace, P., & Scheer, C. (2022). Combining nitrification inhibitors with a reduced N rate maintains yield and reduces N₂O emissions in sweet corn. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 125 (2), 107–121. <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10185-y>
- Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J. L., & Quemada, M. (2016). Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. *European Journal of Agronomy*, 80, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.008>
- Wang, X.-L., Duan, P.-L., Yang, S.-J., Liu, Y.-H., Qi, L., Shi, J., Li, X.-L., Song, P., & Zhang, L.-X. (2020). Corn compensatory growth upon post-drought rewatering based on the effects of rhizosphere soil nitrification on cytokinin. *Agricultural Water Management*, 241, 106436. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106436>
- Li, X., Zhang, X., Wang, S., Hou, W., & Yan, L. (2023). The combined use of liquid fertilizer and urease/nitrification inhibitors on maize yield, nitrogen loss and utilization in the Mollisol region. *Plants*, 12 (7), 1486. <https://doi.org/10.3390/plants12071486>
- Atav, V., Gürbüz, M. A., Kayali, E., & Yalinkiliç, E. (2024). Optimizing nitrogen management in maize (*Zea mays* L.) using urease and nitrification inhibitors. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4455360/v1>
- Regueiro, I., Siebert, P., Liu, J., Müller-Stöver, D., & Jensen, L. S. (2020). Acidified animal manure products combined with a nitrification inhibitor can serve as a starter fertilizer for maize. *Agronomy*, 10 (12), 1941. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121941>
- Lasisi, A. A., Akinremi, O. O., & Kumaragamage, D. (2021). Efficiency of fall versus spring applied urea-based fertilizers treated with urease and nitrification inhibitors II. Crop yield and nitrogen use efficiency. *Soil Science Society of America Journal*, 85 (2), 299–313. Portico. <https://doi.org/10.1002/saj2.20126>
- Lucas, F. T., Borges, B. M. M. N., & Coutinho, E. L. M. (2019). Nitrogen fertilizer management for maize production under tropical climate. *Agronomy Journal*, 111 (4), 2031–2037. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0665>
- Zhao, Z., Wu, D., Bol, R., Shi, Y., Guo, Y., Meng, F., & Wu, W. (2017). Nitrification inhibitor's effect on mitigating N₂O emissions was weakened by urease inhibitor in calcareous soils. *Atmospheric Environment*, 166, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.07.034>
- Allende-Montalbán, R., Martín-Lammerding, D., del Mar Delgado, M., Porcel, M. A., & Gabriel, J. L. (2022). Nitrate leaching in maize (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated cropping systems under nitrification inhibitor and/or intercropping effects. *Agriculture*, 12 (4), 478. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040478>
- Guardia, G., Vallejo, A., Cardenas, L. M., Dixon, E. R., & García-Marco, S. (2018). Fate of 15 N-labelled ammonium nitrate with or without the new nitrification inhibitor DMPSA in an irrigated maize crop. *Soil Biology and Biochemistry*, 116, 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.10.013>
- Guardia, G., Cangani, M. T., Andreu, G., Sanz-Cobena, A., García-Marco, S., Álvarez, J. M., Recio-Huetos, J., & Vallejo, A. (2017). Effect of inhibitors and fertigation strategies on GHG emissions, NO fluxes and yield in irrigated maize. *Field Crops Research*, 204, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.009>
- Havryliuk, V. A. (2017). Shliakhy mozhlyvoho zabrudnennia navkolyshnoho seredovyschcha dobryvamy i zakhody shchodo yoho zapobihannia. *Ekolohichni Notatky*, 5, 77–84. [in Ukrainian]
- Jackson, K. (2019). Impact of nitrification inhibitor use on corn yield and soil nitrogen levels from liquid hog manure applied at various fall timings / *Master's thesis*. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Ren, B., Ma, Z., Zhao, B., Liu, P., & Zhang, J. (2022). Influences of split application and nitrification inhibitor on nitrogen losses, grain yield, and net income for summer maize production. *Frontiers in Plant Science*, 13, 982373. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.982373>
- Dong, D., Yang, W., Sun, H., Kong, S., & Xu, H. (2022). Effects of animal manure and nitrification inhibitor on N₂O emissions and soil carbon stocks of a maize cropping system in Northeast China. *Scientific Reports*, 12 (1), 15202. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19592-9>
- Corrêa, J. C., Grohskopf, M. A., Nicoloso, R. da S., Lourenço, K. S., & Martini, R. (2016). Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51 (8), 916–924. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000800003>
- Dawar, K., Sardar, K., Zaman, M., Müller, C., Sanz-Cobena, A., Khan, A., Borzouei, A., & Pérez-Castillo, A. G. (2021). Effects of the nitrification inhibitor nitrapyrin and the plant growth regulator gibberellic acid on yield-scale nitrous oxide emission in maize fields under hot climatic conditions. *Pedosphere*, 31 (2), 323–331. [https://doi.org/10.1016/s1002-0160\(20\)60076-5](https://doi.org/10.1016/s1002-0160(20)60076-5)
- Singh, G., & Nelson, K. A. (2019). Pronitridine and nitrapyrin with anhydrous ammonia for corn. *Journal of Agricultural Science*, 11 (4), 13. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n4p13>
- Kaur, H., Nelson, K. A., Wikle, C. K., Ferguson, R., & Singh, G. (2024). Nitrogen fertilizer and pronitridine rates for corn production in the Midwest U.S. *Field Crops Research*, 306, 109200. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109200>
- Vetsch, J. A., Randall, G. W., & Fernández, F. G. (2019). Nitrate loss in subsurface drainage from a corn-soybean rotation as affected by nitrogen rate and nitrapyrin. *Journal of Environmental Quality*, 48 (4), 988–994. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.11.0415>
- Degenhardt, R. F., Juras, L. T., Smith, L. R. A., MacRae, A. W., Ashigh, J., & McGregor, W. R. (2016). Application of nitrapyrin with banded urea, urea ammonium nitrate, and ammonia delays nitrification and reduces nitrogen loss in Canadian soils. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 2 (1), 1–11. <https://doi.org/10.2134/cftm2016.03.0027>
- Johnson II, F. E., Nelson, K. A., & Motavalli, P. P. (2016). urea fertilizer placement impacts on corn growth and nitrogen utilization in a poorly-drained claypan soil. *Journal of Agricultural Science*, 9 (1), 28. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n1p28>

28. Cook, R., Nail, A., Vigarid, A., Trlica, A., Hagarty, B., Williams, T., & Wolt, J. (2015). Meta-analysis of enhanced efficiency fertilizers in corn systems in the Midwest. *International Plant Nutrition Institute Report*.
29. Omonode, R. A., & Vyn, T. J. (2019). Tillage and nitrogen source impacts on relationships between nitrous oxide emission and nitrogen recovery efficiency in corn. *Journal of Environmental Quality*, 48 (2), 421–429. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.05.0188>
30. Rácz, D., Gila, B., Horváth, É., Illés, Á., & Széles, A. (2021). The efficiency of nitrogen stabilizer at different soil temperatures on the physiological development and productivity of maize (*Zea mays* L.). *Agronomy Research*, 19 (4), 1888–1900.
31. Guardia, G., Sanz-Cobena, A., Sanchez-Martín, L., Fuertes-Mendizábal, T., González-Murua, C., Álvarez, J. M., Chadwick, D., & Vallejo, A. (2018). Urea-based fertilization strategies to reduce yield-scaled N oxides and enhance bread-making quality in a rainfed Mediterranean wheat crop. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 265, 421–431. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.033>
32. Martins, M. R., Sant'Anna, S. A. C., Zaman, M., Santos, R. C., Monteiro, R. C., Alves, B. J. R., Jantalia, C. P., Boddey, R. M., & Urquiaga, S. (2017). Strategies for the use of urease and nitrification inhibitors with urea: Impact on N₂O and NH₃ emissions, fertilizer-15N recovery and maize yield in a tropical soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.021>
33. 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>
34. Chajka, O. V., & Levchenko, S. O. (2024). The influence of the nitrification inhibitor DMPP on the processes of nitrogen distribution in the soil. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 102 (4), 53–59. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-08>
35. Drury, C. F., Yang, X., Reynolds, W. D., Calder, W., Oloya, T. O., & Woodley, A. L. (2017). Combining urease and nitrification inhibitors with incorporation reduces ammonia and nitrous oxide emissions and increases corn yields. *Journal of Environmental Quality*, 46 (5), 939–949. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.03.0106>
36. Ren, B., Huang, Z., Liu, P., Zhao, B., & Zhang, J. (2023). Urea ammonium nitrate solution combined with urease and nitrification inhibitors jointly mitigate NH₃ and N₂O emissions and improves nitrogen efficiency of summer maize under fertigation. *Field Crops Research*, 296, 108909. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108909>
37. Basso, C. J., Pinto, M. A. B., Gonzatto, R., Pujol, S. B., & Souza, F. M. de. (2020). Management of liquid swine manure: impact on mineral nitrogen dynamics and corn yield. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50, e64790. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5064790>
38. Gonzatto, R., Aita, C., Bélanger, G., Chantigny, M. H., Miola, E. C. C., Pujol, S. B., Dessbesel, A., & Giacomini, S. J. (2017). Response of no-till grain crops to pig slurry application methods and a nitrification inhibitor. *Agronomy Journal*, 109 (4), 1687–1696. <https://doi.org/10.2134/ajonj2016.09.0547>
39. Tian, Z., Wang, J. J., Liu, S., Zhang, Z., Dodla, S. K., & Myers, G. (2015). Application effects of coated urea and urease and nitrification inhibitors on ammonia and greenhouse gas emissions from a subtropical cotton field of the Mississippi delta region. *Science of The Total Environment*, 533, 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.147>
40. Gonzatto, R., Chantigny, M. H., Aita, C., Giacomini, S. J., Rochette, P., Angers, D. A., Pujol, S. B., Zirbes, E., De Bastiani, G. G., & Ludke, R. C. (2016). Injection and nitrification inhibitor improve the recovery of pig slurry ammonium nitrogen in grain crops in Brazil. *Agronomy Journal*, 108 (3), 978–988. <https://doi.org/10.2134/ajonj2015.0462>
41. Chiodini, M. E., Perego, A., Carozzi, M., & Acutis, M. (2019). The nitrification inhibitor Vizura® reduces N₂O emissions when added to digestate before injection under irrigated maize in the Po Valley (Northern Italy). *Agronomy*, 9 (8), 431. <https://doi.org/10.3390/agronomy90804310>
42. Ahmed, M., Yu, W., Lei, M., Raza, S., Elyrs, A. S., & Zhou, J. (2023). Effect of urease and nitrification inhibitors on nitrogen transformation and nitrogen use efficiency of rain-fed summer maize (*Zea mays*) at loess plateau of China. *International Journal of Agriculture and Biology*, 30 (5), 317–328. <https://doi.org/10.17957/ijab/15.2090>
43. Cassim, B. M. A. R., Besen, M. R., Kachinski, W. D., Macon, C. R., de Almeida Junior, J. H. V., Sakurada, R., Inoue, T. T., & Batista, M. A. (2022). Nitrogen fertilizers technologies for corn in two yield environments in South Brazil. *Plants*, 11 (14), 1890. <https://doi.org/10.3390/plants11141890>
44. Liu, S., Wang, X., Yin, X., Savoy, H. J., McClure, A., & Essington, M. E. (2019). Ammonia Volatilization loss and corn nitrogen nutrition and productivity with efficiency enhanced UAN and urea under no-tillage. *Scientific Reports*, 9 (1), 6610. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42912-5>
45. Pawlick, A. A., Wagner-Riddle, C., Parkin, G. W., & Berg, A. A. (2019). Assessment of nitrification and urease inhibitors on nitrate leaching in corn (*Zea mays* L.). *Canadian Journal of Soil Science*, 99 (1), 80–91. <https://doi.org/10.1139/cjss-2018-0110>
46. Ložek, O., & Slamka, P. (2016). Effect of nitrogen-sulphur nutrition and inhibitors of nitrification on the yield and quality of maize grain. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 19 (2), 45–50. <https://doi.org/10.15414/afz.2016.19.02.45-50>
47. Venterea, R. T., Coulter, J. A., & Dolan, M. S. (2016). Evaluation of intensive “4R” strategies for decreasing nitrous oxide emissions and nitrogen surplus in rainfed corn. *Journal of Environmental Quality*, 45 (4), 1186–1195. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.01.0024>
48. Drulis, P., Kriauciūnienė, Z., & Liakas, V. (2022). The Influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*, 12 (3), 741. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030741>
49. Purwanto, Minardi, S., & Supriyadi (2015). Optimization of Nitrogen Fertilization Input on *Zea mays* L. cultivation through the biological inhibition of nitrification. *Agricultural Sciences*, 06 (2), 201–207. <https://doi.org/10.4236/as.2015.62019>
50. Jenkins, M., Locke, M., Reddy, K., McChesney, D. S., & Steinriede, R. (2017). Glyphosate applications, glyphosate resistant corn, and tillage on nitrification rates and distribution of nitrifying microbial communities. *Soil Science Society of America Journal*, 81 (6), 1371–1380. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.02.0063>
51. Drulis, P., Kriauciūnienė, Z., & Liakas, V. (2022). The effect of combining N-fertilization with urease inhibitors and biological preparations on maize biological productivity. *Agronomy*, 12 (10), 2264. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102264>
52. De Laporte, A., Banger, K., Weersink, A., Wagner-Riddle, C., Grant, B., & Smith, W. (2021). Economic and environmental nitrate leaching consequences of 4R nitrogen management practices including use of inhibitors for corn production in Ontario. *Journal of Environmental Management*, 300, 113739. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113739>
53. Souza, T. L. de, Guelfi, D. R., Silva, A. L., Andrade, A. B., Chagas, W. F. T., & Cancellier, E. L. (2017). Ammonia and carbon dioxide emissions by stabilized conventional nitrogen fertilizers and controlled release in corn crop. *Ciência e Agrotecnologia*, 41 (5), 494–510. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017415003917>
54. Qi, Z., Dong, Y., He, M., Wang, M., Li, Y., & Dai, X. (2021). Coated, stabilized enhanced-efficiency nitrogen fertilizers: preparation and effects on maize growth and nitrogen utilization. *Frontiers in Plant Science*, 12, 792262. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.792262>
55. Abalos, D., Jeffery, S., Drury, C. F., & Wagner-Riddle, C. (2016). Improving fertilizer management in the U.S. and Canada for N₂O mitigation: Understanding potential positive and negative side-effects on corn yields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.044>
56. Gagnon, B., Ziadi, N., & Bélanger, G. (2019). Nitrogen nutrition indicators in corn fertilized with different urea-nitrogen forms. *Agronomy Journal*, 111 (6), 3281–3290. <https://doi.org/10.2134/ajonj2018.10.0675>
57. Santos, C., Pinto, S. I. do C., Guelfi, D., Rosa, S. D., da Fonseca, A. B., Fernandes, T. J., Ferreira, R. A., Satil, L. B., Nunes, A. P. P., & e Silva, K. P. (2023). Corn cropping system and nitrogen fertilizers technologies affect ammonia volatilization in Brazilian tropical soils. *Soil Systems*, 7 (2), 54. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7020054>
58. Torralbo, F., Boardman, D., Houx, J. H., & Fritsch, F. B. (2022). Distinct enhanced efficiency urea fertilizers differentially influence ammonia volatilization losses and maize yield. *Plant and Soil*, 475 (1–2), 551–563. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05387-4>

59. Cui, X., Wang, J., Wang, J., Li, Y., Lou, Y., Zhuge, Y., & Dong, Y. (2022). Soil available nitrogen and yield effect under different combinations of urease/nitrate inhibitor in wheat/maize rotation system. *Agronomy*, 12 (8), 1888. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081888>
60. Neels, W., Jhala, A., Maharjan, B., Patel, S., Slator, G., & Iqbal, J. (2024). Nitrogen source affects in-season nitrogen availability more than nitrification inhibitor and herbicide in a fine-textured soil. *Soil Science Society of America Journal*, 88 (2), 419–433. <https://doi.org/10.1002/saj2.20617>
61. Vogel, C., Sekine, R., Huang, J., Steckenmesser, D., Steffens, D., Huthwelker, T., Borca, C. N., Pradas del Real, A. E., Castillo-Michel, H., & Adam, C. (2020). Effects of a nitrification inhibitor on nitrogen species in the soil and the yield and phosphorus uptake of maize. *Science of The Total Environment*, 715, 136895. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136895>
62. Malakshahi Kurdestani, A., Francioli, D., Ruser, R., Piccolo, A., Maywald, N. J., Chen, X., & Müller, T. (2024). Optimizing nitrogen fertilization in maize: the impact of nitrification inhibitors, phosphorus application, and microbial interactions on enhancing nutrient efficiency and crop performance. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1451573. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1451573>
63. Fan, D., He, W., Smith, W. N., Drury, C. F., Jiang, R., Grant, B. B., Shi, Y., Song, D., Chen, Y., Wang, X., He, P., & Zou, G. (2022). Global evaluation of inhibitor impacts on ammonia and nitrous oxide emissions from agricultural soils: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 28 (17), 5121–5141. <https://doi.org/10.1111/gcb.16294>

ORCID

K. Kuriacha 

<https://orcid.org/0009-0008-4665-9835>



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

Assessment of the economic and energy efficiency of giant miscanthus biomass production depending on cultivation methods and crop fertilization

M. Kulyk | O. Kalinichenko | V. Lesiuk | I. Rozhko | R. Teteriuk

Article info

Correspondence Author
M. Kulyk
E-mail:
kulykmaksym@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Kulyk, M., Kalinichenko, O., Lesiuk, V., Rozhko, I., & Teteriuk, R. (2025). Assessment of the economic and energy efficiency of giant miscanthus biomass production depending on cultivation methods and crop fertilization. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 87–93. doi: 10.31210/spi2025.28.04.12

In the context of the global energy transition and the depletion of fossil resources, research focused on the comprehensive justification for using alternative energy sources is becoming particularly relevant. Among perennial energy crops considered a sustainable source of biofuel, Giant Miscanthus (*Miscanthus × giganteus*) occupies a special position due to its high adaptability and ability to produce a substantial amount of biomass. Optimizing its cultivation technology is a key task for improving the economic and energy efficiency of its production. The aim of the study was to determine the efficiency of Giant Miscanthus biomass production depending on the improvement of cultivation technology in binary plantations with a legume component. The research was conducted during 2020–2024 on podzolized chernozems under the soil and climatic conditions of the Poltava region. Field experiments were established according to a two-factor design using a randomized block method. The accounting plot area was 50 m², with four replications. In binary Miscanthus-lupine plantations, various rates of spring nitrogen fertilization (from N₀ to N₁₂₀) were applied. The energy efficiency of Miscanthus production was assessed considering the energy content of the biomass and the energy inputs required for production. The results showed that binary plantations ensured higher biomass productivity (up to 21.2 t/ha) compared with monoculture plantations (up to 19.9 t/ha), primarily due to more efficient nutrient utilization. The highest economic indicators in binary plantations were recorded at N₃₀ (profit – 15651.2 UAH/ha; profitability – 179.3%), whereas monoculture plantations were most efficient at N₉₀ (profit – 14238.8 UAH/ha; profitability – 164.7%). The maximum energy efficiency coefficient in binary plantations was obtained at N₃₀₋₆₀ (1.91–1.95), significantly exceeding the corresponding values in monocultures (1.18–1.23). These findings confirm the feasibility of using binary cropping systems and differentiated nitrogen fertilization as effective measures to increase Miscanthus biomass productivity and energy output. It was established that binary plantations of Giant Miscanthus with a legume component are more productive and economically efficient than monocultures. The optimized cultivation technology, particularly rational nitrogen fertilization, allows for a significant increase in yield, profitability, and overall energy efficiency of biomass production. These results are of considerable importance for the further implementation of Miscanthus as a promising biofuel source in Ukraine, especially on low-productivity lands, thereby contributing to energy independence and the sustainable development of regions.

Keywords: giant miscanthus, biofuel production, biomass productivity, binary plantations, nitrogen fertilization, energy efficiency, economic efficiency, sustainable agriculture.

Оцінка економічної та енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування і підживлення насаджень

M. I. Кулик | O. B. Калініченко | B. C. Лесюк | I. I. Рожко | P. C. Тетерюк

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Серед багаторічних енергетичних культур, які розглядають як ресурс для виробництва біопалива, міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus*) посідає важливе місце завдяки високій адаптивності та здатності формувати значний обсяг біомаси. Оптимізація технології його вирощування є основним завданням для підвищення економічної та енергетичної ефективності виробництва. Метою дослідження є оцінка ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від удосконалення технології його вирощування в бінарних насадженнях із бобовим компонентом. Дослідження проводили 2020–2024 років на опідзолених чорноземах у ґрунтово-кліматичних умовах Полтавського регіону. Польові досліди закладали за двофакторною схемою з використанням методу рандомізованих блоків. Облікова площа ділянки становила 50 м², у чотирьох повтореннях. У бінарних насадженнях міскантусу гігантського з люпином застосовували різні норми весняного азотного підживлення (від N₀ до N₁₂₀). Енергетичну ефективність виробництва міскантусу гігантського оцінювали зважаючи на енергоемію біомаси та енергетичні витрати на її виробництво. Встановлено, що бінарні насадження забезпечують вищу врожайність біомаси (до 21,2 т/га) порівняно з одновидовими (до 19,9 т/га) завдяки більш ефективному використанню елементів живлення. Визначено, що найбільші економічні показники у бінарних насадженнях забезпечує внесення азоту в дозі N₃₀ (прибуток – 15651,2 грн/га; рентабельність – 179,3%), тоді як в одновидових оптимальною є доза N₉₀ (прибуток – 14238,8 грн/га; рентабельність – 164,7%). Максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності також зафіксовано у бінарних агроценозах за умови внесення N₃₀₋₆₀ (1,91–1,95), що перевищує показники одновидових насаджень (1,18–1,23). Результати підтверджують доцільність застосування бінарних насаджень та диференціації норм азотних добрив як чинників підвищення продуктивності та енерговіддачі міскантусу гігантського. З'ясовано, що бінарні насадження міскантусу гігантського з бобовим компонентом є більш продуктивними та економічно доцільними порівняно з одновидовими. Удосконалена технологія вирощування, зокрема раціональне азотне підживлення, дозволяє істотно підвищити врожайність, прибутковість та енергетичну ефективність виробництва біомаси. Отримані результати мають важливе значення для подальшого впровадження міскантусу гігантського як перспективного джерела біопалива в Україні, особливо на малопродуктивних землях, що сприятиме енергетичній незалежності та сталому розвитку регіонів.

Ключові слова: міскантус гігантський, виробництво біопалива, продуктивність біомаси, бінарні насадження, азотне удобрення, енергетична ефективність, економічна ефективність, сталий розвиток сільського господарства.

Бібліографічний опис для цитування: Кулик М. І., Калініченко О. В., Лесюк В. С., Рожко І. І., Тетерюк Р. С. Оцінка економічної та енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування і підживлення насаджень. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 87–93.

Вступ

Актуальність вивчення економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus*) обумовлена його значенням у сучасній біоенергетиці та аграрній науці як перспективного джерела відновлюваної енергії [1–3]. Ця проблема зумовлена вичерпністю традиційних викопних енергетичних ресурсів, що створює довгострокові ризики для світової економіки та енергетичної безпеки [4–6]. У відповідь на ці виклики відбувається стратегічний перехід до альтернативних, відновлюваних джерел енергії, що має основне значення для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки.

Міжнародний і вітчизняний досвід свідчить, що енергетичні культури є перспективною сировиною для виробництва біопалива [7–9]. З-поміж них міскантус гігантський виділяється високими адаптивними властивостями та здатністю формувати значний обсяг біомаси протягом багаторічного циклу, що робить його однією з найперспективніших енергетичних культур у секторі відновлюваної енергетики. Системне дослідження економічної та енергетичної ефективності виробництва міскантусу гігантського створює науково-методичну основу для оптимізації технологій його вирощування. Це передбачає розробку та впровадження агротехнічних прийомів, які дозволяють зменшити виробничі витрати та максимізувати вихід біомаси.

Використання міскантусу гігантського як сировини для біопалива дозволяє скоротити викиди парникових газів і залежність від традиційних викопних ресурсів, що сприятиме не лише зростанню “зеленої” економіки, а й виконанню кліматичних зобов’язань України. Окрім цього, важливим є вивчення впливу різних чинників, таких як клімат, ґрунти, добрива, полив, на продуктивність культури [10–13]. Науково підтверджено, що внесення добрив і регулярний полив можуть стимулювати ріст і збільшити врожайність, а правильний вибір сорту, адаптованого до конкретних умов, є важливим для отримання стабільних урожаїв [14–16].

Встановлено, що у разі багаторічного циклу вирощування міскантусу гігантського двох видів сукупні витрати енергетичних ресурсів, пов’язані з виробництвом обох багаторічних кореневищних трав, становлять 13,6–15,7 ГДж/га (*M. × giganteus*) та 16,9–17,5 ГДж/га (*M. sacchariflorus*) [17]. Інші автори з’ясували, що врожайність міскантусу гігантського може перевищувати 20,0 т/га сухої маси на рік. Зокрема, дослідження показують, що за сприятливих умов вона становить 20,0–35,0 т/га, що підтверджує високий енергетичний потенціал цієї культури [18].

Дослідження, проведені в ЄС та США, підтверджують ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського, особливо при вирощуванні на маргінальних землях, за умов наявності налагодженої логістики та стабільного попиту на отриману продукцію [19–21].

Економічна оцінка виробництва міскантусу гігантського свідчить, що найбільші витрати при-

падають на закладання посівів. Вони включають вартість садивного матеріалу (ризом або саджанців) та витрати на спеціалізовану техніку для садіння [22–23]. У наступні роки витрати стабілізуються й залишаються відносно невисокими. Це зумовлено мінімальною потребою в засобах захисту рослин, відсутністю необхідності в міжрядній обробці та повторному пересіві. Окупність інвестицій у виробництво міскантусу гігантського є чутливою до таких основних чинників: ціни біомаси, врожайності (особливо на 2–4-му роках) та витрати на логістичне забезпечення виробництва [24–25].

Результати довготривалих досліджень у країнах ЄС свідчать про високий енергетичний вихід та позитивний енергетичний баланс міскантусу гігантського навіть у прохолодних регіонах Європи [26–27]. Культура генерує значно більше енергії, ніж витрачається на її вирощування, що сприяє зниженню питомих витрат на одиницю отриманої енергії. Забезпечення рослин поживними речовинами та повернення поживних решток у ґрунт є важливими елементами оптимізації технології вирощування. Застосування цього агротехнічного заходу покращує азотний баланс ґрунту, що дає змогу суттєво скоротити витрати на мінеральні добрива без зниження врожайності [28]. Крім того, використання новітніх інформаційних систем дає змогу оптимізувати агротехнології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й енергетичних [31, 32].

Результати польових досліджень демонструють, що оптимізація технології вирощування має позитивний вплив на стабільність врожаю та економічні показники, особливо при культивуванні на малопродуктивних ґрунтах [33, 34].

Збирання врожаю ранньою весною є ефективним агротехнічним прийомом. Це дозволяє знизити вологість біомаси, що значно скорочує витрати на сушіння. Однак цей метод потребує збалансованого підходу, оскільки може призвести до незначної втрати загальної маси врожаю через природне висихання та опадання листків [30].

Визначено, що вартість заготівлі, переробки (пресування/пелетування, сушіння) та транспортування є основними чинниками, які суттєво впливають на собівартість кінцевої продукції. Тому для досягнення економічної ефективності критично важливими є: короткі радіуси доставки, кооперація виробників і сезонне вирівнювання постачань [29].

Для досягнення комерційної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського необхідними є довгострокові контракти збуту, доступ до якісного садивного матеріалу та державні інвестиційні стимули [35–36].

Мета дослідження

Мета дослідження – визначити економічну та енергетичну ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від удосконалення технології вирощування культури у бінарних насадженнях з бобовим компонентом.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання:

1. Визначити вплив удосконалених елементів технології вирощування бінарних насаджень на врожайність біомаси міскантусу гігантського.

2. Оцінити економічну ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від удосконалення технології вирощування культури у бінарних насадженнях.

3. Визначити енергетичну ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від удосконалення технології вирощування культури у бінарних насадженнях.

Матеріали і методи

Дослід проводили за двофакторною схемою впродовж 2020–2024 рр. Польові досліді закладено й проведено у ґрунтово-кліматичних умовах Полтавської області (зона центрального Лісостепу країни) на чорноземах опідзолених.

Загальна площа ділянки становила 60 м², облікової – 50 м². Загальна площа досліду – 960 м². Дослід закладали за методом систематичних повторень із чотириразовою повторюваністю: в кожному повторенні варіанти досліді розміщували на ділянках рандомізовано.

У одновидових та бінарних насадженнях міскантусу гігантського з люпином застосовували весняні підживлення азотом: варіант 1 – без підживлення (контроль N₀); варіант 2 – весняне підживлення N₃₀; варіант 3 – весняне підживлення N₆₀; варіант 4 – весняне підживлення N₉₀; варіант 5 – весняне підживлення N₁₂₀.

Під час проведення багаторічних досліджень застосовували як загальнонаукові методи, так і спеціальні. Закладка дослідних ділянок та проведення польових експериментів здійснено відповідно до методики дослідної справи в агрономії [37–38]. Використано схеми двофакторного експерименту, з огляду на рекомендації щодо вирощування енергетичних культур [39].

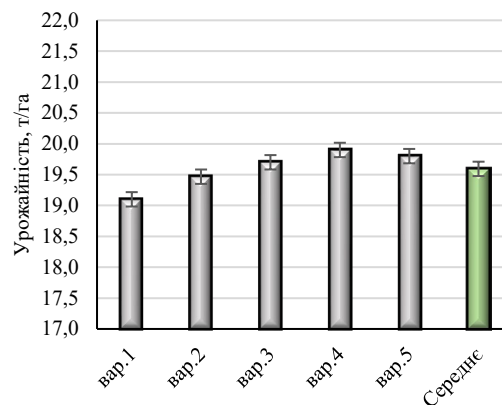
Економічна ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського визначали відповідно до авторської методики [40], яка передбачає комплексну оцінку натуральних та вартісних показників. Енергетичну ефективність оцінювали за методичними рекомендаціями [41], що включають розрахунок сукупних енергетичних витрат, сукупної енергії, акумульованої в біомасі міскантусу гігантського, а також енергетичного прибутку та коефіцієнта енергетичної ефективності.

Результати та їх обговорення

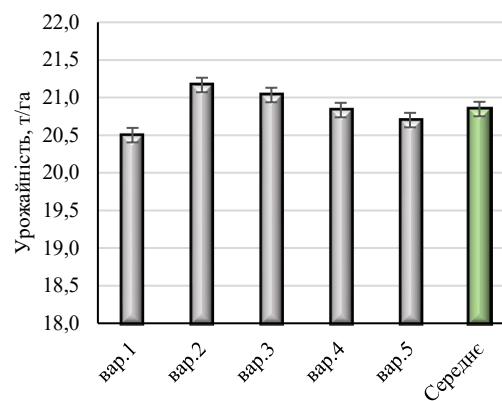
У середньому за роки досліджень урожайність становила від 19,11 до 21,2 т/га, що свідчить про високу продуктивність міскантусу гігантського як перспективної енергетичної культури, здатної формувати значні обсяги сухої біомаси при різних умовах вирощування (рис. 1).

Аналізуючи отримані дані – рис. 1, в одновидових насадженнях зафіксовано відносно стабільний урожай у межах 19,11–19,9 т/га, проте зростання

величини економічних показників було нерівномірним залежно від дози підживлення. Для бінарних насаджень характерним є вищий рівень урожайності – 20,5–21,2 т/га, що перевищує одновидові насадження на 5,0–10,0 %. Саме це створює потенціал для більшого економічного ефекту.



а



б

Рис. 1. Урожайність міскантусу гігантського у одновидових (а) і бінарних (б) насадженнях, середнє значення за 2020–2024 рр.

Примітки: варіант 1 – без підживлення (контроль N₀); варіант 2 – весняне підживлення N₃₀; варіант 3 – весняне підживлення N₆₀; варіант 4 – весняне підживлення N₉₀; варіант 5 – весняне підживлення N₁₂₀.

В одновидових насадженнях виробнича собівартість коливається незначно – від 7763,4 грн/га до 7796,4 грн/га, тобто різниця становить лише 33,0 грн/га, що вказує на стабільність витрат при різних нормах удобрення. Показник повної собівартості у одновидових насадженнях змінюється в межах 8524,2–8676,3 грн/т. Найнижче значення зафіксовано без підживлення – 8524,2 грн/т, а найвище у разі використання підживлення дозою N₁₂₀ – 8676,3 грн/т. У бінарних насадженнях виробнича собівартість є вищою, однак рівномірною – 7885,4–7899,4 грн/га, тобто різниця складає лише 14,0 грн/га. Показник повної собівартості становить 8705,3–8747,0 грн/т, проте важливим є співвідношення з виручкою від реалізації. За умови підживлення дозою N₃₀ повна собівартість – 8728,8 грн/т, а виручка – 24380,0 грн/га, тобто навіть за умови вищої собівартості ці насадження забезпечують кращі цінові умови (табл. 1).

Таблиця 1

Оцінка економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського третього року вегетації, середнє значення за 2020–2024 рр.

Вид насадження	Варіант*	Урожайність, т/га	Показники економічної ефективності**				
			C_v	C_n	B_p	P_p	$P_{вип}$
Одновидове	варіант 1	19,11	7763,4	8524,2	21976,5	13452,3	157,81
	варіант 2	19,47	7773,2	8542,7	22390,5	13847,8	162,1
	варіант 3	19,7	7782,4	8576,2	22655,0	14078,8	164,16
	варіант 4	19,9	7796,4	8646,2	22885,0	14238,8	164,68
	варіант 5	19,77	7788,4	8676,3	22735,5	14059,2	162,04
Бінарне	варіант 1	20,5	7885,4	8705,5	23575,0	14869,5	170,81
	варіант 2	21,2	7899,4	8728,8	24380,0	15651,2	179,31
	варіант 3	21,0	7894,4	8747,0	24150,0	15403,0	176,1
	варіант 4	20,8	7893,4	8722,2	23920,0	15197,8	174,24
	варіант 5	20,7	7892,4	8705,3	23805,0	15099,7	173,45

Примітки: * – варіант 1 – без підживлення (контроль N_0); варіант 2 – весняне підживлення N_{30} ; варіант 3 – весняне підживлення N_{60} ; варіант 4 – весняне підживлення N_{90} ; варіант 5 – весняне підживлення N_{120} ; ** – C_v – виробнича собівартість, грн/га; C_n – повна собівартість, грн/т; B_p – виручка від реалізації біомаси, грн/т; P_p – прибуток від реалізації біомаси, грн/га; P – рівень рентабельності виробництва біомаси, %.

Оцінка економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського свідчить, що в одновидових насадженнях найбільш економічно доцільним є застосування азотних добрив у дозі N_{90} , за якої забезпечується прибутковість – 14238,8 грн/га при рівні рентабельності 164,7 %. Це свідчить про оптимальне поєднання витрат на мінеральне живлення з отриманим приростом урожайності біомаси. У бінарних насадженнях найвищу

економічну ефективність забезпечило внесення азоту в дозі N_{30} , що зумовило отримання прибутку 15651,2 грн/га та рівня рентабельності 179,3 %. Отримані результати свідчать про доцільність адаптації доз азотних добрив залежно від типу агроценозу, оскільки бінарні насадження ефективніше використовують внесений азот і формують вищу продуктивність біомаси порівняно з одновидовими (рис. 2).

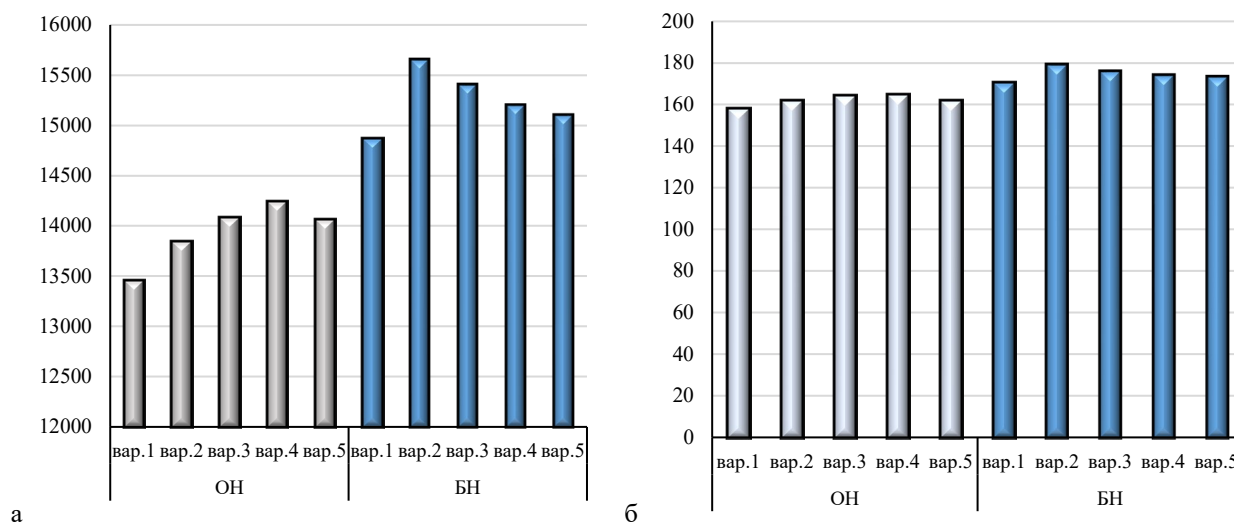


Рис. 2. Показники економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського у одновидових і бінарних насадженнях (а – прибуток, грн; б – рівень рентабельності, %), середнє значення за 2020–2024 рр.

Примітки: варіант 1 – без підживлення (контроль N_0); варіант 2 – весняне підживлення N_{30} ; варіант 3 – весняне підживлення N_{60} ; варіант 4 – весняне підживлення N_{90} ; варіант 5 – весняне підживлення N_{120} ; OH – одновидові насадження; BH – бінарні насадження.

Оцінка енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського свідчить, що суттєвий вплив має рівень азотного живлення та тип агроценозу, що впливають на формування енергетичних показників культури. Найбільша сукупна енергія, накопичена в біомасі, спостерігається в одновидових насадженнях при внесенні азотних добрив у дозі N_{60-120} – 381,5–385,4 ГДж/га, що свідчить про високу реакцію культури на інтенсифікацію живлення. У бінарних насадженнях найвищий рівень сукупної енергії, накопиченої в біопаливі, зафіксовано при внесенні значно нижчої

дозы N_{30-60} – 411,2–414,7 ГДж/га, що свідчить про оптимальне використання ресурсів у змішаному агроценозі з бобовим компонентом та синергетичним ефектом між видами. Найменші сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га в одновидових насадженнях забезпечує контрольні варіанти (N_0) – 312,4 ГДж/га, тоді як найбільші – при внесенні найбільшої дози азоту N_{120} – 319,6 ГДж/га. У бінарних насадженнях найменші енергетичні витрати спостерігали при внесенні дози N_{30} – 212,5 ГДж/га, а найбільші – при дозі N_0 – 285,4 ГДж/га (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського у одновидових і бінарних насадженнях, середнє значення за 2020–2024 рр.

Вид насадження	Варіант*	Урожайність, т/га	Показники енергетичної ефективності**					
			V_6	E_{np}	E_c	EM	Π_p	K_{ce}
Одновидове	1	19,11	21,0	367,5	312,4	14,88	55,1	1,18
	2	19,47	21,5	376,3	317,8	14,78	58,5	1,18
	3	19,7	21,7	381,9	313,2	14,43	68,7	1,22
	4	19,9	21,9	385,4	314,1	14,34	71,3	1,23
	5	19,77	21,8	381,5	319,6	14,66	69,9	1,19
Бінарне	1	20,5	22,6	397,8	285,4	12,63	112,4	1,39
	2	21,2	23,3	414,7	212,5	9,12	202,2	1,95
	3	21,0	23,1	411,2	215,7	9,34	195,5	1,91
	4	20,8	22,9	403,0	225,4	9,84	177,6	1,79
	5	20,7	22,8	399,0	226,7	9,94	172,3	1,76

Примітки: * – варіант 1 – без підживлення (контроль N_0); варіант 2 – весняне підживлення N_{30} ; варіант 3 – весняне підживлення N_{60} ; варіант 4 – весняне підживлення N_{90} ; варіант 5 – весняне підживлення N_{120} ; ** – V_6 – вихід біопалива, т/га; E_{np} – сукупна енергія, накопичена в біопаливі, ГДж/га; E_c – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га, ГДж/га; EM – енергомiсткість технології виробництва, ГДж/т; Π_p – енергетичний прибуток виробництва біомаси, ГДж/га; K_{ce} – коефіцієнт енергетичної ефективності.

В одновидових насадженнях міскантусу гігантського найменший коефіцієнт енергетичної ефективності – на контрольних варіантах та на варіантах внесення азотних добрив дозою N_{30} і становив 1,18. Максимальних значень коефіцієнти енергетичної ефективності отримано при внесенні дози N_{60-90} і становив 1,22–1,23. У бінарних насадженнях максимальне значення коефіцієнта енергетичної ефективності – при внесенні зменшених доз азоту N_{30-60} і коефіцієнт становив 1,91–1,95, що свідчить про оптимальне співвідношення між витратами енергетичних ресурсів і накопиченою енергією в біомасі

саме за цієї дози підживлення. Усі інші варіанти бінарних насаджень мали нижчі коефіцієнти (1,39–1,79), що вказує на збільшення енергетичних витрат без пропорційного збільшення енергоємності. Найбільший вихід біопалива у одновидових насадженнях становив 21,9 т/га при підживленні у дозі N_{90} , тоді як у бінарних насадженнях максимальний вихід біопалива становив 23,3 т/га при підживленні нижчою дозою азоту N_{30} , що підтверджує вищу продуктивність змішаних агроценозів за оптимальних умов живлення (рис. 3).

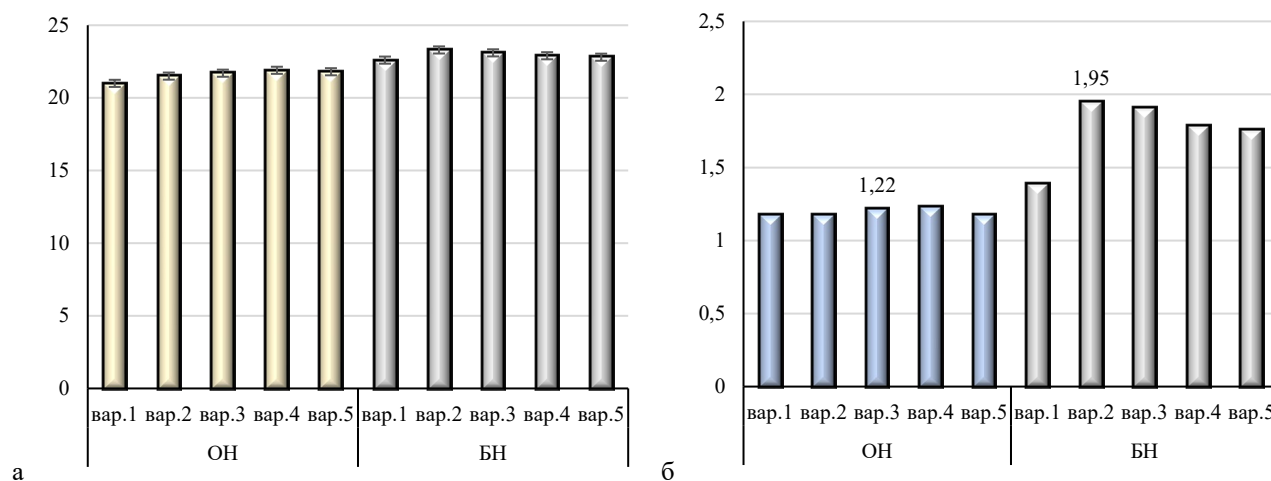


Рис. 3. Показники енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського у одновидових і бінарних насадженнях (а – вихід біопалива, т/га; б – коефіцієнт енергетичної ефективності), середнє значення за 2020–2024 рр.

Примітки: варіант 1 – без підживлення (контроль N_0); варіант 2 – весняне підживлення N_{30} ; варіант 3 – весняне підживлення N_{60} ; варіант 4 – весняне підживлення N_{90} ; варіант 5 – весняне підживлення N_{120} ; OH – одновидові насадження; BH – бінарні насадження.

Отже, бінарні насадження міскантусу гігантського забезпечують вищу врожайність біомаси, що підтверджується максимальними значеннями виходу біопалива (до 23,3 т/га при внесенні N_{30}). Встановлено, що згідно з отриманими розрахунками, енергетична ефективність бінарних насаджень є вищою,

ніж у одновидових, що зумовлено меншими сукупними енергетичними витратами та більшими значеннями коефіцієнта енергетичної ефективності (1,39–1,95 порівняно з 1,18–1,23 у одновидових).

На підставі отриманих результатів обґрунтовано, що оптимальні норми азотного підживлення для

забезпечення більшої продуктивності та енерго-віддачі біомаси міскантусу гігантського становлять: N_{90-120} – для одновидових насаджень та N_{30-60} – для бінарних, що дозволяє суттєво підвищити врожайність біомаси. Отримані результати мають практичне значення для аграрного сектору України, особливо в контексті використання малопродуктивних та деградованих земель для виробництва біопалива та формування ефективних моделей біоенергетичного виробництва.

Висновки

1. Встановлено, що бінарні насадження міскантусу гігантського забезпечують вищу врожайність сухої біомаси порівняно з одновидовими, що свідчить про ефективнішу реалізацію продукційного потенціалу рослин у змішаних агрофітоценозах. Застосування весняного азотного підживлення додатково підсилює цей ефект: найвищі показники врожайності біомаси у бінарних насадженнях отримано при дозі N_{30-60} , де урожайність становила 21,2 та 21,0 т/га відповідно. В одновидових насадженнях міскантусу гігантського підживлення вищими дозами азоту N_{90-120} забезпечило нижчу врожайність біомаси – 19,9 та 19,77 т/га. Це свідчить про те, що бінарні агроценози здатні ефективніше використовувати елементи живлення, демонструючи вищу біологічну продуктивність при помірних рівнях азотного забезпечення.

2. Для одновидових насаджень міскантусу гігантського найвищі значення прибутку та рівня рентабельності отримано за умови внесення добрив у дозі N_{60-90} , де рівень рентабельності становив 164,16–164,68 %. У бінарних насадженнях оптимальними є варіанти зі зменшеними дозами підживлення N_{30-60} , що забезпечили підвищення урожайності біомаси до 21,0–21,2 т/га та найбільший рівень рентабельності – до 179,31 %.

3. Встановлені максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності – у варіантах із внесення азоту N_{60} – 1,22 та при дозі N_{90} – 1,23 в одновидових насадженнях міскантусу гігантського. У бінарних агроценозах коефіцієнт енергетичної ефективності становив 1,95 при внесенні зменшеної дози N_{30} та при дозі N_{60} – 1,91, що вказує на оптимальне співвідношення між витратами енергетичних ресурсів та накопиченою у біомасі енергією для цього типу насаджень.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на поглиблене вивчення довгострокового впливу бінарних насаджень енергетичних культур на родючість ґрунту та його мікробіологічну активність. Не менш важливим завданням у перспективі є оптимізація агротехнічних заходів виробництва біомаси міскантусу гігантського при різних ґрунтових умовах вирощування.

Конфлікт інтересів

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

References

- Lohosha, R., Palamarchuk, V., Krychkovskiy, V., Kolisnyk, O., & Vasyliov, O. (2025). Specifics of cultivation, productivity, and energy efficiency of miscanthus giganteus for solid biofuel production. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 28 (1), 99–112. <https://doi.org/10.33223/ejpi/196384>
- Shepherd, A., Littleton, E., Clifton-Brown, J., Martin, M., & Hastings, A. (2020). Projections of global and UK bioenergy potential from *Miscanthus × giganteus* – Feedstock yield, carbon cycling and electricity generation in the 21st century. *Global Change Biology Bioenergy*, 12 (4), 287–305. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12671>
- Littleton, E. W., Shepherd, A., Harper, A. B., Hastings, A. F. S., Vaughan, N. E., Doelman, J., van Vuuren, D. P., & Lenton, T. M. (2023). Uncertain effectiveness of *Miscanthus* bioenergy expansion for climate change mitigation explored using land surface, agronomic and integrated assessment models. *Global Change Biology Bioenergy*, 15 (3), 303–318. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12982>
- Kupchuk, I., Yemchuk, T., Gontaruk, Y., Tarasova, O., Shevchuk, H., & Okhota, Y. (2023). *Production of biofuels as a direction to ensure energy independence of Ukraine under martial law. Monograph.* International Science Group ISG – Konf.com. <https://doi.org/10.46299/979-8-89269-755-2>
- Kaletnik, H. M. (2013). Rozvytok rynku biopalyv v Ukraini. *Bioenerhetyka*, 1, 11–16. [in Ukrainian]
- Dey, S., Sreenivasulu, A., Veerendra, G. T. N., Rao, K. V., & Babu, P. S. S. A. (2022). Renewable energy present status and future potentials in India: An overview. *Innovation and Green Development*, 1 (1), 100006. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2022.100006>
- Heaton, E. A., Dohleman, F. G., Miguez, A. F., Juvik, J. A., Lozovaya, V., Widholm, J., Zabolina, O. A., McIsaac, G. F., David, M. B., Voigt, T. B., Boersma, N. N., & Long, S. P. (2010). *Miscanthus. Advances in Botanical Research*, 56, 75–137. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-381518-7.00003-0>
- Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Ivashchenko, O. O., Pyrkyn, V. I., Kvak, V. M., Humentyk, M. Ya., Hanzhenko, O. M., Sabluk, V. T., Hryshchenko, O. M., Fuchylo, Ya. D., Honcharuk, H. S., Furman, V. A., Suslyk, L. O., Makukh, Ya. P., Remeniuk, S. O., Ivanina, V. V., Fursa, A. V., Bondar, V. S., Bekh, N. S., Kotsar, M. I., Tsvihun, H. V., Kovalchuk, N. S., Nediak, T. M., Vorozhko, S. P., Doronin, V. A., Dryha, V. V., Buzynnyi, M. V., Dubovyi, Yu. P., Pedos, V. P., Balahura, O. V., Smirnykh, V. M., Zaimenko, N. V., Rakhmetov, D. B., Shcherbakova, T. O., Rakhmetov, S. D., & Katelevskiy, V. M. (2019). *Miscanthus v Ukraini.* Kyiv: TOV «TsP «Komprint» [in Ukrainian]
- Kurylo, V. L., Rakhmetov, D. B., & Kulyk, M. I. (2018). Biological features and potential of yield of energy cultures of the family of thick-skinned in the conditions of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 11–17. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.01>
- Kulyk, M. I., Kurylo, V. L., Kalinichenko, O. V., & Galytska, M. A. (2019). *Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects: monograph.* Poltava: Astraya
- Prisyazhniuk, O. I., & Honcharuk, O. M. (2022). Peculiarities of the biomass yield and quality formation in giant miscanthus under the effect of agricultural technology components. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 53–60. <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268944>
- Vir'ovka, V., Opanasenko, O., & Perets', S. (2019). Features of growing *Miscanthus large* on sowed organogenic soils of Left-bank Forest-steppe. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 97 (8), 60–66. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908-10>
- Nedilska, U. I. (2023). Rist, rozvytok i produktyvnist miskantusu hihantskoho. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 31, 15–22. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-2> [in Ukrainian]
- Milovanović, J., Babović, N., Đorđević, A., Spasić, S., Marišová, E., Končková, L., Kotrla, M., & Tóthová, M. (2011). *External and internal factors influencing the growth and biomass production of short rotation woods genus Salix and perennial grass Miscanthus.* Belgrade: Faculty of Applied ecology FUTURA, Singidunum University Belgrade.
- Skachok, L. M., Potapenko, L. V., & Horbachenko, N. I. (2018). Influence of fertilizing systems and microbial preparations on capacity of bioenergetic cultures. *Agricultural Microbiology*, 28, 70–76. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.28.70-76>

16. Vergun, O., Rakhmetov, D., Rakhmetova, S., & Fishchenko, V. (2019). Distribution of nutrients in different organs of plants of *Miscanthus Anderss.* genotypes. *Plant Introduction*, 81, 75–81.
17. Dubis, B., Jankowski, K. J., Załuski, D., Bórawski, P., & Szempliński, W. (2019). Biomass production and energy balance of *Miscanthus* over a period of 11 years: A case study in a large-scale farm in Poland. *Global Change Biology Bioenergy*, 11 (10), 1187–1201. Portico. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12625>
18. Clifton-Brown, J. C., Lewandowski, I., Andersson, B., Basch, G., Christian, D. G., Kjeldsen, J. B., Jørgensen, U., Mortensen, J. V., Riche, A. B., Schwarz, K.-U., Tayebi, K., & Teixeira, F. (2004). Performance of *Miscanthus* species and hybrids in Europe. *Agronomy Journal*, 94, 1013–1019.
19. Clifton-Brown, J., Schwarz, K.-U., Awty-Carroll, D., Iurato, A., Meyer, H., Greef, J., Gwyn, J., Mos, M., Ashman, C., Hayes, C., Huang, L., Norris, J., Rodgers, C., Scordia, D., Shafiei, R., Svanace, M., Swaller, T., Youell, S., Cosentino, S., Flavell, R., Donnison, I., & Robson, P. (2019). Breeding strategies to improve *Miscanthus* as a sustainable source of biomass for bioenergy and biorenewable products. *Agronomy*, 9 (11), 673. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110673>
20. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J. C., Scurlock, J. M. O., & Huisman, W. (2000). *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*, 19 (4), 209–227. [https://doi.org/10.1016/s0961-9534\(00\)00032-5](https://doi.org/10.1016/s0961-9534(00)00032-5)
21. Lewandowski, I., Scurlock, J. M. O., Lindvall, E., & Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25 (4), 335–361. [https://doi.org/10.1016/s0961-9534\(03\)00030-8](https://doi.org/10.1016/s0961-9534(03)00030-8)
22. Khanna, M., Dhungana, B., & Clifton-Brown, J. (2008). Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois. *Biomass and Bioenergy*, 32 (6), 482–493. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.11.003>
23. Boehmel, C., Lewandowski, I., & Claupein, W. (2008). Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. *Agricultural Systems*, 96 (1–3), 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.08.004>
24. Kiesel, A., Nunn, C., Iqbal, Y., Van der Weijde, T., Wagner, M., Özgüven, M., Tarakanov, I., Kalinina, O., Trindade, L. M., Clifton-Brown, J., & Lewandowski, I. (2017). Site-Specific management of miscanthus genotypes for combustion and anaerobic digestion: A comparison of energy yields. *Frontiers in Plant Science*, 8, 347. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00347>
25. Styles, D., Thorne, F., & Jones, M. B. (2008). Energy crops in Ireland: An economic comparison of willow and *Miscanthus* production with conventional farming systems. *Biomass and Bioenergy*, 32 (5), 407–421. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.10.012>
26. Angelini, L. G., Ceccarini, L., Nassi o Di Nasso, N., & Bonari, E. (2009). Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33 (4), 635–643. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.10.005>
27. Hastings, A., Clifton-Brown, J., Wattenbach, M., Mitchell, C. P., Stampfl, P., & Smith, P. (2009). Future energy potential of *Miscanthus* in Europe. *Global Change Biology Bioenergy*, 1 (2), 180–196. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2009.01012.x>
28. Haines, S. A., Gehl, R. J., Havlin, J. L., & Ranney, T. G. (2014). Nitrogen and phosphorus fertilizer effects on establishment of giant *Miscanthus*. *BioEnergy Research*, 8 (1), 17–27. <https://doi.org/10.1007/s12155-014-9499-4>
29. Searcy, E., Flynn, P., Ghafoori, E., & Kumar, A. (2007). The relative cost of biomass energy transport. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 137, 639–652. <https://doi.org/10.1007/s12010-007-9085-8>
30. Boakye-Boaten, N. A., Kurkalova, L., Xiu, S., & Shahbazi, A. (2017). Techno-economic analysis for the biochemical conversion of *Miscanthus x giganteus* into bioethanol. *Biomass and Bioenergy*, 98, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.01.017>
31. Prysiashniuk, O. I., Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Cherniak, M. O., Maliarenko, O. A., & Kononiuk, N. O. (2024). *Tsyfrovii tekhnologii v ahronomii – vid teorii do praktyky: monohrafiia*. Vinnytsia: Tvory [in Ukrainian]
32. Humentyk, M. Ya. (red.). (2024). *Tekhnologii vyroshchuvannia bioenerhetychnykh kultur*. Kyiv: Komprynt [in Ukrainian]
33. Kaletnik, G., & Pryshliak, N. (2021). Development of the biofuel industry as a determinant of sustainable development of Ukraine. *Ekonomika APK*, 316 (2), 71–81. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202102071>
34. Kulyk, M. I. (Ed.). (2023). *Enerhetychni kultury: sortyment, biolohiia, ekolohiia, ahrotekhnolohiia*. Poltava: Astraia [in Ukrainian]
35. Dekovets, V. O., Kulyk, M. I., & Halytska, M. A. (2022). Biolohizatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia miskantusu hihantskoho na biopalyvo. *Ahrarni Innovatsii*, 10, 23–28. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2021.10.4> [in Ukrainian]
36. Kulyk, M. I., Rozhkov, A. O., Kalinichenko, O. V., Taranenko, A. O., & Onopriienko, O. V. (2020). Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*, 18 (3), 2103–2116. <https://doi.org/10.15159/ar.20.187>
37. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 knykhakh. – Knyha 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
38. Rozhkov, A. O. (Ed.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 knykhakh. – Knyha 2. Statystychna obrobka rezultativ doslidzhen*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
39. Rakhmetov, D. B., Kalenska, S. M., Fedorchuk, M. I., Rakhmetov, S. D., Kokovikhin, S. V., Fedorchuk, Ye. M., Fedorchuk, V. H., & Polyvoda, O. M. (2017). *Metodychni rekomendatsii z optymizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia miskantusu v riznykh gruntovo-klimatychnykh zonakh Ukrainy*. Kherson: DVNZ «Khersonskiy derzhavnyi ahrarnyi universytet» [in Ukrainian]
40. Kalinichenko, O. V., & Kulyk, M. I. (2019). *Naukovyi tvir “Ekspres-analiz ekonomichnoi efektyvnosti vyroshchuvannia enerhetychnykh kultur v umovakh Lisostepu Ukrainy”*. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 93178 vid 18.10.2019 [in Ukrainian]
41. Kalinichenko, O. V., & Kulyk, M. I. (2019). *“Metodychni zasady otsinky enerhetychnoi efektyvnosti vyroshchuvannia enerhetychnykh kultur v umovakh Lisostepu Ukrainy”*. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 93177 vid 18.10.2019. [in Ukrainian]

ORCID

- M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>
- O. Kalinichenko  <https://orcid.org/0000-0003-2688-859X>
- V. Lesiuk  <https://orcid.org/0000-0002-8370-6513>
- I. Rozhko  <https://orcid.org/0000-0002-0646-4004>
- R. Teteriuk  <https://orcid.org/0009-0003-1715-8824>



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

Blue cornflower (*Centaurea cyanus* L.) as a component of agroecosystem: analysis of allelopathic mechanisms, agroecological consequences and control strategies

I. Pospelov | V. Onipko

Article info

Correspondence Author

V. Onipko

E-mail:

valentyna.onipko@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Pospelov, I., & Onipko, V. (2025). Blue cornflower (*Centaurea cyanus* L.) as a component of agroecosystem: analysis of allelopathic mechanisms, agroecological consequences and control strategies. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 94–100. doi: 10.31210/spi2025.28.04.13

This review presents an analysis of the results of experimental studies on the nature of the allelopathic interaction of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) with winter agricultural crops. The purpose of the work was to summarize current knowledge on the biochemical mechanisms of phytotoxicity, allelochemicals of cornflower, agroecological consequences of weed infestation, and strategies for integrated control of cornflower in agroecosystems. Differential crop sensitivity to cornflower allelochemicals was established in winter grain crops. In this regard, the phenomenon of hormesis was identified, where the action of low concentrations of aqueous leaf extract of cornflower (5–12 %) increased seed germination of grains by 8–16 %, while increasing to 25 % decreased it by 38–40 % compared with the control. Based on research results conducted in various countries, the profile of cornflower allelochemicals was found to include volatile organic compounds, phenolic acids (chlorogenic acid 15–45 mg/100 g dry weight), flavonoids (apigenin 10–30 mg/100 g), and anthocyanins. The phytotoxicity mechanisms of the complex of these compounds involve disruption of cell membrane permeability, inhibition of ATP synthesis in mitochondria, suppression of DNA topoisomerases, and activity of key glycolysis enzymes. Meanwhile, allelochemicals can spread through root exudates (concentration 100–500 µM in rhizosphere fluid), microbiological decomposition of residues, and gas diffusion of volatile compounds. It was also established that cornflower limits the impact on the rhizosphere microbiocenosis and demonstrates autotoxicity, inhibiting its own seed germination (by 15–22 % at densities exceeding 30–40 plants/m²). It was concluded that the allelopathic activity of cornflower can cause a yield reduction (up to 65 %) when exceeding the economic threshold of harmfulness (ETH) in agroecosystems. Moreover, there is a problem of cornflower resistance to herbicides, as well as the phenomenon of enhanced allelopathic activity due to increased synthesis of phenolic compounds. Therefore, strategies for integrated control of cornflower in agroecosystems of agricultural crops are recommended, including rotation of winter crops with spring crops to disrupt the cornflower life cycle; use of cover crops with allelopathic properties (barley, rye, sorghum), which suppress cornflower germination by 20–35 %; agronomic practices (delayed sowing, increasing the seeding rate by 15–25 %, alternating deep plowing with minimal tillage); and regular population monitoring.

Keywords: cornflower, *Centaurea cyanus*, allelopathy, allelochemicals, winter grain crops, herbicide resistance, integrated weed control.

Волошка синя (*Centaurea cyanus* L.) як компонент агроценозу: аналіз алелопатичних механізмів, агроекологічних наслідків та стратегій контролю

I. С. Поспелов | В. В. Оніпко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У представленому огляді представлено аналіз результатів експериментальних досліджень щодо природи алелопатичної взаємодії волошки синьої (*Centaurea cyanus* L.) з озимими сільськогосподарськими культурами. Метою роботи було узагальнення сучасних знань біохімічних механізмів фітотоксичності, алелохімікатів волошки, агроекологічних наслідків забур'яненості та стратегій інтегрованого контролю волошки в агроценозах. Встановлено диференційована чутливість культур до алелохімікатів волошки у озимих зернових культур. При цьому встановлений феномен гормезису, коли за дії понижених концентрацій водного екстракту листків волошки (5–12 %) схожість насіння зернових збільшувалась на 8–16 %, а їх збільшенні до 25 % – знижувалась на 38–40 % відносно контролю. За результатами досліджень, проведених у різних країнах встановлено, що профіль алелохімікатів волошки включає леткі органічні сполуки, фенольні кислоти (хлорогенова 15–45 мг/100 г сухої маси), флавоноїди (апігенін 10–30 мг/100 г) та антоціани. Механізми фітотоксичності комплексу вказаних сполук включають порушення проникності клітинних мембран, інгібування синтезу АТФ у мітохондріях, пригнічення ДНК-топоізомераз та активності ключових ферментів гліколізу. При цьому алелохімікати можуть поширюватися через кореневі екsudати (концентрація 100–500 мкМ у ризосферній рідині), шляхом мікробіологічного розкладання решток та газову дифузію летких сполук. Встановлено також, що волошка може впливати на мікробіоценоз ризосфери, а також демонструє аутоксичність, пригнічуючи проростання власного насіння (при щільності >30–40 рослин/м² на 15–22 %). Зроблений висновок, що алелопатична активність волошки може спричинити зниження рівня урожаю (до 65 %) при перевищенні економічного порогу шкідливості (ЕПШ) в агроценозах. До того ж, існує проблема резистентності волошки до гербіцидів, а також явище посилення її алелопатичної активності за рахунок посиленого синтезу фенольних сполук. В зв'язку з цим рекомендовані стратегії інтегрованого контролю волошки в агроценозах сільськогосподарських культур, що включають чергування озимих культур з ярими для розриву життєвого циклу волошки; використання покривних культур з алелопатичними властивостями (ячмінь, жито, сорго), які пригнічують проростання волошки на 20–35 %; агротехнічні заходи (відтермінування сівби, підвищення норми висіву на 15–25 %, чергування глибокої оранки з мінімальним обробітком); регулярний моніторинг популяцій.

Ключові слова: волошка синя, *Centaurea cyanus*, алелопатія, алелохімікати, озимі зернові, гербіцидна стійкість, інтегрований контроль бур'янів.

Бібліографічний опис для цитування: Поспелов І. С., Оніпко В. В. Волошка синя (*Centaurea cyanus* L.) як компонент агроценозу: аналіз алелопатичних механізмів, агроекологічних наслідків та стратегій контролю. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 94–100.

Рід *Centaurea* L. вважається одним із найбільших в родині Айстрові (*Asteraceae*). Її представники зустрічаються в Азії, Америці, Північній Африці, широко розповсюджені в Європі [4]. Різні види роду знаходять своє застосування в народній та офіциальній медицині як лікарські рослини, високодекоративні культури, що цінуються у квітникарстві, ландшафтному дизайні та озелененні [26], навіть для приваблювання фітофагів в овочевих фітоценозах [2]. Найвідомішим видом є *Centaurea cyanus* L. – волошка синя, що походить з Кавказу [4, 41]. Ця однорічна рослина має розгалужене стебло з ланцетними листками, що почергово розташовані на стеблові, стрижневу кореневу систему. Квітує з кінця травні до середини серпня [4]. Суцвіття кошики, мають стерильні крайові язичкові квітки синього кольору та фертильні трубчасті квітки, плід сім'янка [10]. Лікарською сировиною є суцвіття, які містять низку фармакологічно активних речовин: амінокислоти, ароматичні кислоти, кумарини, похідні флавоноїдів, індольні алкалоїди, фенілкарбоніві кислоти, поліфеноли та полісахариди [22].

Водночас, волошка синя є типовим малорічним бур'яном в посівах озимих зернових культур та ріпаку в Центральній та Східній Європі, особливо в агроценозах України, Польщі, Німеччини. Характерно, що на відміну від простої конкуренції за ресурси (світло, воду, поживні елементи), волошка демонструє виражену алелопатичну активність – здатність виділяти хімічні сполуки, які інгібують проростання й розвиток сусідніх рослин, в тому числі, сільськогосподарські культури. [8, 13, 23, 24, 27, 31, 43].

Алелопатія волошки синьої є складним екофізіологічним явищем, що залежить від численних факторів: виду та генотипу культури-реципієнта, концентрації алелохімікатів, фізико-хімічних властивостей ґрунту, температури, вологості, фази розвитку рослин і видової специфіки механізмів детоксикації. Розуміння цих взаємодій конче важливе для розробки ефективних стратегій інтегрованого контролю забур'яненості в органічному та конвенційному землеробстві [7, 23, 24, 27, 37].

У представленій роботі узагальнені сучасні наукові дослідження щодо природи алелопатичної активності волошки синьої, основних хімічних компонентів, що володіють біологічною активністю, шляхів регуляції волошки в агроценозах.

Диференційована чутливість культур до алелохімікатів волошки.

Експериментальні дослідження, проведені в Інституті ґрунтознавства і рослинництва у Вроцлаві, Польща [23, 24], з використанням як модифікованого тесту *Phytotoxkit*™, так і традиційних ґрунтових методів демонструють виражену видову варіабельність у відповіді пшениці озимої (*Triticum aestivum*) та жита озимого (*Secale cereale*) на взаємодію з насінням волошки. Виявилось, що пшениця озима більш чутливо реагувала на алелопатичний вплив волошки. Свіжа біомаса надземної частини пшениці при прямому контакті з 15 насіннями волошки знижувалась на 16–20 % порівняно з контролем. Довжина кореневої системи при цьому зменшувалась на 18–55 % залежно від концентрації алелохімікатів.

Ці глибокі морфологічні зміни вказують на те, що пшениця має обмежену здатність до інактивації або секвестрації алелохімікатів в клітинах. Жито озиме, навпаки, демонструє більшу толерантність до алелопатичного стресу. Більше того, у деяких дослідних варіантах спостерігається навіть стимуляція вегетативного росту на 14 % порівняно з контролем [23, 24]. Висловлюється припущення, що цей парадоксальний результат найімовірніше пов'язаний із більш ефективним функціонуванням у жита систем глутатіон-S-трансфераз (GSTs) і цитохрому P450-залежних монооксигеназ, що забезпечують деградацію та інактивацію фенольних сполук і терпеноїдів на рівні коренів [7, 27, 36].

Важливим феноменом, виявленим у дослідженнях групи польських дослідників з використанням водних екстрактів волошки, є гормезис – позитивна фізіологічна відповідь рослин на слабо токсичні дози потенційно шкідливих речовин [9]. При концентраціях водного екстракту листків волошки 5–12 % спостерігалось стимулювання схожості насіння пшениці й жита на 8–16 % порівняно з контролем. Однак цей ефект є істотно нелінійним: при збільшенні концентрації екстракту до 25 % схожість обох культур знижувалась на 38–40 % [23, 27, 30]. Дослідники зауважують, що фізіологічний механізм гормезису полягає в активації адаптивних систем рослин: підвищення синтезу антиоксидантних ферментів (супероксид-дисмутази, каталази, пероксидази), посиленні накопичення низькомолекулярних антиоксидантів (аскорбінова кислота, глутатіон) й активація генів відповіді на стрес (HSP70, HSP90). [23, 27, 36]. Аналогічна дія волошки спостерігалась і по відношенню до інших озимих культур, таких як редька олійна [37].

Характеристика та роль алелохімікатів волошки.

Леткі органічні сполуки (VOCs). Оригінальні дослідження секреторних структур у пелюстках волошки синьої виявили складну суміш летких органічних сполук, що виділяються залозистими трихомами і секреторними каналами [16]. Головні компоненти цих ефірних олій включають: сесквітерпени (близько 60 % від суми летких): β -каріофілен (найбільше, до 26 %), α -гумулен (~10 %), α -копаен, δ -кадинен, γ -мууролен, β -мирцен. Ці сполуки здатні інгібувати клітинний цикл в коренях проростків через пригнічення синтезу мікротрубочок і цитоскелету [16, 33]; монотерпени (близько 20 %): борнілацетат, ліналіл, гераніол, мирцен, пінен. Борнілацетат, однак, хоча і являється монотерпеном, в електронних базах часто класифікується як оксигенований монотерпен через наявність естерного угруповання, яке посилює його липофільність та здатність проникати через клітинні мембрани; інші компоненти (близько 20 %): октан, декан й інші алканові вуглеводні, метилсаліцилат (знайдений у слідових кількостях), похідні бензену [16, 25].

Механізм фітотоксичності цих летких сполук полягає в їх здатності розкитувати липідний подвійний шар клітинної мембрани, порушуючи селективну проникність, та інгібувати синтез АТФ у мітохондріях. Крім того, VOCs можуть повільно адсорбуватися на ґрунтові колоїди й піддаватися

подальшому розкладанню мікроорганізмами, утворюючи фенольні метаболіти, які також проявляють фітотоксичність [3, 7, 27, 36].

Фенольні кислоти. Водні екстракти та листяна маса волошки синьої містять широкий спектр фенольних кислот, визначених методом вискоєфективної рідинної хроматографії (HPLC) [13, 25]: хлорогенова кислота (3-О-кафеоїлхінна) – основна фенолокіслота волошки, концентрація якої становить 15–45 mg/100 g сухої маси листя. Вона виявляє виражену фітотоксичність щодо інших видів рослин через інгібування процесів оксидативного фосфорилування й синтезу білків [13, 16]; 5-кафеоїлхінна, 4-гідроксикорична, ферулова, ванілінова й сиригвова кислоти: кожна з цих сполук може мати концентрацію 5–20 mg/100 g сухої маси та проявляти аутоксичну й алелопатичну активність. Особливо цікавим є те, що у гербіцидостійких популяцій волошки (стійких до інгібіторів ацетолактатсинтази, ALS) після дії гербіциду флорасуламу значна інтенсивність синтезу хлорогенової кислоти зростає, що може свідчити про залучення цієї сполуки до механізмів адаптації й стресової відповіді [13, 30]; протокатехова кислота: рідше зустрічається, але визначена в квітках волошки; має антирадикальні й хелатні властивості.

Фізіологічна дія цих фенольних кислот має декілька аспектів: вони не тільки інгібують проростання й ріст коренів, але й впливають на функцію фотосинтезу, знижуючи активність ФП комплексу в хлоропластах через взаємодію з білками світлозбирального комплексу [7, 36].

Флавоноїди. Волошка синя акумулює значну кількість флавоноїдів, визначених як у агліконній, так і в глікозидній формі [13, 16]. Серед них апігенін (домінуючий флавонол): концентрація 10–30 mg/100 g сухої маси. Це сполука одна з найактивніших у гальмуванні клітинного циклу в зоні ризогенезу проростків через інгібування циклін-залежних кіназ (CDKs); кверцетин, кемпферол, ізорамнетин: концентрація кожного 5–15 mg/100 g. Ці сполуки здатні утворювати міцні комплекси з іонами важких металів (Cd, Cu, Pb, Zn), що особливо важливо при розгляді ролі волошки у фітореємедіації забруднених ґрунтів [21]; глікозидні похідні: апігенін-7-О-глюкозид, кверцетин-3-О-глюкозид, рутин. При гідролізі під час мацерації у воді або при розкладанні мікроорганізмами в ґрунті агліконні форми звільнюються й виявляють вищу фітотоксичність через підвищену ліпофільність [7, 13].

Механізм дії флавоноїдів включає: 1) інгібування ДНК-топоізомераз, що призводить до затримання синтезу ДНК й зупинки клітинного циклу; 2) масивне накопичення активних форм кисню (АФК) через прооксидантні властивості їхніх поліфенольних структур; 3) пригнічення активності фосфофруктокінази й інших ключових гліколітичних ферментів [7, 27, 36].

Антоціани й їх роль у хелатуванні металів.

Волошка синя, завдяки своїм синім квіткам, накопичує значні кількості антоціанів, особливо мальвідину й петунідину. Як відомо, синій колір квітів волошки формується через утворення специ-

фічних антоціанін-металевих комплексів (chelate complexes) з участю Mg^{2+} або Al^{3+} іонів. Це спостереження має екологічне значення: в умовах надлишку металів у ґрунті волошка може накопичувати їх через комплексування з антоціанами, проявляючи потенціал для фітореємедіації забруднених ділянок. Однак у разі нестачі металів антоціани можуть переводити накопичені метали на потреби рослини. Зазначається, що це гіпотеза, яка ще потребує експериментальної перевірки [21, 35].

Механізми розповсюдження алелохімікатів в агроєнозі.

Кореневі ексудати й рослинні залишки.

Волошка синя безперервно виділяє низькомолекулярні фенольні сполуки через кореневу систему, причому інтенсивність виділення зростає при водному стресі або механічному розриві корневих волосків. Концентрація фенольних сполук у ризосферній рідині може сягати 100–500 мкМ залежно від віку рослини й умов вирощування [7, 27, 36].

При розкладанні у ґрунті біомаси волошки (листя, стебел, корінь) мікроорганізми (особливо грибки роду *Trichoderma*, *Fusarium*, бактерії *Bacillus* й *Pseudomonas*) гідролізують гліцидні форми фенолів, звільнюючи більш фітотоксичні агліконні форми. Однак цей процес займає 2–4 тижні залежно від температури й вологості ґрунту, що має практичне значення для планування сівби наступної культури [3, 7, 23, 27, 38].

Летючі компоненти. Фізіологічно актуальну роль грають також летючі органічні сполуки (VOCs), що виділяються не тільки з живих органів волошки, але й під час розкладання органічної речовини. Сесквітерпени й монотерпени волошки можуть дифундувати крізь ґрунтові пори й накопичуватися в прикореневій зоні або навіть у повітрі над посівом, особливо у теплих, вологих умовах ранку, як це відбувається у інших випадках [16, 19, 33].

Екологічне значення цього явища полягає в тому, що при щільних популяціях волошки (25–50 рослин на m^2) концентрація VOCs у прикореневій атмосфері посівів може досягати фітотоксичних рівнів, інгібуючи не тільки рослини на суміжних ділянках, але й сприяючи подальшому сповільненню проростання насіння, накопленого у попередні роки, на наступний рік (гіпотеза *autotoxic seed bank*) [12, 42].

Вплив на мікробіологічні процеси прикореневої зони. Алелохімікати волошки, особливо фенольні кислоти й летючі терпеноїди, суттєво впливають на склад мікробіоєнозу ризосфери й прикореневого ґрунту. Дослідження, проведені в Канаді і Китаї показали, що при присутності волошки в посіві відносна чисельність видів *Pseudomonas* й інших оліготрофних протеобактерій, стійких до дії фенолів, збільшується на 15–25 % [1, 20]; видів *Trichoderma*, антагоністичного щодо фітопатогенних грибів, зростає на 10–18 % через прямий селективний ефект фенольних сполук [1, 34]; види *Bacillus* (особливо *B. subtilis*), здатні гідролізувати танини й фенольні комплекси, посилюють свою активність у ризосфері волошки [1, 34].

Натомість популяції чутливих мікроорганізмів (деякі представники роду *Fusarium*, *Alternaria*, *Septoria*) пригнічуються на 20–40 %. Цей селективний ефект має позитивний екологічний наслідок: волошка

потенційно може зменшити популяції фітопатогенних мікроміцетів, однак це явище недостатньо вивчене в умовах поля [1, 34].

Фенольні сполуки волошки можуть як інгібувати, так і стимулювати ріст арбускулярних мікоризних грибів (AMF) родів *Funneliformis*, *Glomus*, *Paraglomus* залежно від концентрації й видового складу. При низьких концентраціях (<50 мкМ) спостерігається можливий гормезисний ефект і стимуляція колонізації коренів культур AMF на 10–15 %. Це може мати позитивне наслідок для фосфорного живлення культур, адже AMF значно підвищують поглинання малорухомого фосфору [1, 20, 34]. Однак ці дослідження переважно проведені *in vitro*, і в умовах поля такий позитивний ефект може бути маскований конкуренцією за світло й воду [34].

Заслуговує на увагу припущення можливості взаємодії волошки синьої з азотфіксуючими бактеріями (не обов'язково в симбіотичній ролі, як у бобових). Деякі фенольні сполуки можуть модулювати активність нітратредуктаз й аміак-оксидувальних бактерій, впливаючи на цикли азоту в ризосфері. Однак волошка як однорічник не формує спеціалізованих симбіотичних структур (на кшталт бульбочок), тому роль азотфіксації залишається переважно непрямую, через вплив на вільноживучі азотфіксатори роду *Azotobacter* й *Klebsiella* [6, 17, 18, 34].

Аутоксичність волошки синьої й внутрішньовидова конкуренція. Важливим феноменом є те, що волошка синя демонструє аутоксичність – інгібування власного проростання й росту поточного рослини при накопиченні алелохімікатів у ризосфері. Це явище особливо виражене у посівах волошки або в насадженнях із високою щільністю (>100 рослин на м²) [12, 42].

Механізм аутоксичності полягає в наступному: залишки волошки з попередніх років (листя на поверхні ґрунту, коріння в ґрунті) розкладаються, звільняючи алелохімікати в ризосферу. На відміну від пшениці чи ячменю, рослини волошки не мають спеціалізованих систем детоксикації, адаптованих саме до власних алелохімікатів (як це спостерігається у люцерни *Medicago sativa* чи деяких видів амаранту). Тому при щільності популяції понад 30–40 рослин на м² спостерігається помітне сповільнення росту молодих рослин волошки на 15–22 % на наступні роки [12, 42].

Однак це явище може мати також екологічне значення: аутоксичність створює певний "натуральний контроль" популяції волошки та запобігає її масовому розмноженню в одному місці протягом декількох років підряд. Таким чином, сівозміни й ротація культур отримують додаткове наукове обґрунтування як ефективний захід управління.

Адаптація волошки до гербіцидного стресу. Дослідження, проведені в Природничому університеті (Люблін, Польща) гербіцидостійких популяцій волошки синьої, стійких до інгібіторів ALS (флорасулам, трибенурон-метил), виявили парадоксальне явище: збільшення вмісту фенольних кислот і флавоноїдів у квітках і листях при гербіцидному стресі. Зокрема, вміст хлорогенової кислоти в квітках резистентних біотипів після обробки гербіцидом зростав на

25–40 % порівняно з необробленими ділянками [13]; концентрація апігеніну (основного флавонола) й кверцетину збільшувалась на 15–30 % у стійких до ALS-інгібіторів популяцій. Водночас, концентрація деяких глікозидованих флавоноїдів (зокрема кверцетин-3-О-рамнозиду) різко зростала до 50–70 % у рослин, оброблених гербіцидом [13].

Як зазначають дослідники, ці зміни найімовірніше пов'язані з активацією неспеціалізованих механізмів детоксикації при контакті з гербіцидом: посилене вивільнення ферментів фітохелатинсинтази, активація систем антиоксидантного захисту, накопичення вторинних метаболітів. Таким чином, гербіцидостійка волошка потенційно може проявляти посилену алелопатичну активність порівняно зі звичайними сприйнятливими біотипами і це явище вимагає ретельного подальшого дослідження [13, 30].

Крім того, гербіцидорезистентні популяції волошки проявляють диверсифіковану стратегію проростання: замість синхронного проростання усіх особин протягом перших чотирьох діб посіву, насіння цих популяцій проростає розтягнена протягом 4–20 днів. Така розтягнута динаміка проростання істотно ускладнює застосування гербіцидів на одному критичному етапі вегетації й робить популяції більш стійкими до хімічного контролю [31].

Агроекономічні наслідки забур'яненості волошкою. Економічний поріг шкідливості (ЕПШ) волошки синьої у зернових культур становить 1–5 рослин/м² залежно від регіону, погодних умов і сорту культури. При перевищенні цього порогу потенційні втрати врожаю становлять: пшениця озима – 16–46 % залежно від щільності волошки (10–30 рослин на м²) [28, 30, 40, 43] жито озиме – 8–22 %, оскільки жито більш конкурентоспроможне й толерантне до алелопатичного впливу [30, 32, 43]; ріпак озимий – 20–65 % залежно від забур'яненості, оскільки ріпак має більш повільний ріст восени й не може ефективно конкурувати з волошкою [28, 40, 43]

На європейських ринках вартість однієї обробки гербіцидом коштує 15–30 EUR/га, тоді як втрати врожаю від недостатнього контролю можуть сягати 200–500 EUR/га в залежності від вартості зерна. Таким чином, економічна доцільність контролю волошки є очевидною [28, 43]. Крім того, через накопичення стійкості волошки до гербіцидів класу сульфонілсечовин в Польщі й деяких регіонах України, аграрії змушені застосовувати альтернативні гербіциди або багатокомпонентні суміші, що підвищує витрати на хімічний контроль на 40–60 % порівняно з 2000-ми роками [15, 28, 30, 43].

Міжвидові взаємодії з іншими видами бур'янів. Волошка синя рідко зустрічається як єдиний вид забур'яненості в посівах; зазвичай вона формує поліспецифічні угруповання із іншими видами сегетальної флори. Волошка демонструє конкурентну перевагу над багатьма іншими бур'янами. При однакових умовах волошка виявляє вищу конкурентоспроможність порівняно з смолкою нічною (*Silene noctiflora*), особливо при дії сублетальних доз гербіцидів [5, 15]. Через алелопатичну активність волошка здатна утримувати свою популяцію навіть у змішаних травостоях з *Thlaspi arvense* (талабан польовий), *Alopecurus*

mysuroides (лисохвіст мишохвостиковий), *Avena fatua* (вівсюг звичайний) [43]; при цьому рослини *Papaver rhoeas* (мак самосійка), *Veronica chamaedrys* (вероніка дібровна) істотно пригнічуються у змішаних посівах із волошкою [43].

В агроценозах більшу конкурентоспроможність виявляють зернові культури ячмінь посівний (*Hordeum vulgare*) й тритикале (*Triticosecale*), вони швидше розвивають кореневу систему в верхньому шарі ґрунту, пригнічуючи проростання волошки на 25–35 % [29, 43]. За рахунок азотфіксації люцерна (*Medicago sativa*) і червона конюшина (*Trifolium pratense*) як покривні культури накопичують азот у ґрунті й конкурують з волошкою за воду й світло [39, 43].

Контроль в агроценозах. На основі аналізу алелопатичних механізмів й агроекологічних наслідків забур'яненості волошкою синьою рекомендують наступні заходи інтегрованого управління.

Чергування озимих культур (пшениця, ячмінь, ріпак) з ярими культурами (горох, люцерна, кукурудза), що розриває життєвий цикл волошки синьої. Доведено, що практика повторних посівів озимих культур прямо корелює з накопиченням волошки [29, 43].

Включення покривних культур із алелопатичними властивостями (ячмінь озимий, жито озиме, сорго) у сівозміну, що пригнічує проростання волошки на 20–35 % [11, 14].

Агротехнічні заходи. Відтермінування терміну сівби озимих культур на 2–3 тижні порівняно з рекомендованими з метою провокації проростання волошки й проведення допосівної механічної обробки без гербіцидів. Підвищена норма висіву (на 15–25 % вище оптимальної для сорту) культур для пригнічення проростання волошки. Чергування систем обробітку ґрунту: поєднання глибокої оранки (на 25–27 см) один раз на 4–5 років з мінімальним обробітком на інші роки гарантує, що велика частина насіння волошки залишається на глибинах, де воно не може проростати [29, 43].

Хімічний контроль. Застосування гербіцидів на основі діючих речовин імазапір, імазомакс, імазетапір тощо (імідазолінонів) або дикамби як альтернатива до сульфонілсечовини при виявленні стійкості. При наявності змішаної флори рекомендуються комбіновані препарати з метою розширення спектру дії й зниження ймовірності розвитку множинної стійкості.

Регулярний моніторинг популяцій волошки з метою виявлення розвитку стійкості й зміни видового складу бур'янів. Адаптивна кількісна норма висіву й терміни внесення гербіцидів на основі фенологічних особливостей локальних популяцій волошки (особливо врахування розтягнутого проростання в стійких популяціях) [5, 31].

Висновки

Наведений аналіз сучасних наукових досліджень дозволяє зробити висновок, що алелопатична взаємодія насіння й вегетативних органів волошки синьої з культурними рослинами є складним екофізіологічним процесом, що залежить від комплексу біохімічних, екологічних й популяційних факторів. Алелохімікати,

а саме: летучі терпеніди, фенольні кислоти, флавоноїди й антоціани, створюють виразний селективний тиск на оточуюче рослинне угруповання й мікробіоценоз ґрунту. Озима пшениця виявляється більш чутливою до цього тиску, ніж жито, що слід враховувати при виборі культур для сівозмін.

Гербіцидна стійкість волошки синьої й асоційована з нею зміна біохімічного профілю (посилення синтезу фенолів й флавоноїдів) створюють нові виклики для агрономів та вимагають розроблення нових, більш інтегрованих стратегій контролю. Найбільш перспективними напрямками є комбінація агротехнічних методів (сівозміни, відтермінування сівби, підвищена норма висіву), селекція конкурентоспроможних сортів культур, застосування покривних культур з алелопатичними властивостями й зважене використання альтернативних гербіцидів при виявленні стійкості.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Aiyer, H., Fofana, B., Fraser, T., Caldwell, C., McKenzie-Gopsill, A., Mills, A., & Foster, A. (2022). Choice of cover crop influences soil fungal and bacterial communities in Prince Edward Island, Canada. *Canadian Journal of Microbiology*, 68 (7), 465–482. <https://doi.org/10.1139/cjm-2021-0360>
2. Balmer, O., Gèneau, C. E., Belz, E., Weishaupt, B., Förderer, G., Moos, S., Ditner, N., Juric, I., & Luka, H. (2014). Wildflower companion plants increase pest parasitism and yield in cabbage fields: Experimental demonstration and call for caution. *Biological Control*, 76, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.04.008>
3. Barte, S. N. (2023). Understanding Crop Residue Decomposition. *Helena Agri-Enterprises, LLC*. Retrieved from: <https://helenaagri.com/fieldlink/blog/understanding-crop-residue-decomposition/>
4. Boršić, I., Susanna, A., Bancheva, S., & Garcia-Jacas, N. (2011). *Centaurea* Sect. *Cyanus*: Nuclear phylogeny, biogeography, and life-form evolution. *International Journal of Plant Sciences*, 172 (2), 238–249. <https://doi.org/10.1086/657645>
5. Boutin, C., Montroy, K., Mathiassen, S. K., Carpenter, D. J., Strandberg, B., & Damgaard, C. (2019). Effects of sublethal doses of herbicides on the competitive interactions between 2 nontarget plants, *Centaurea cyanus* L. and *Silene noctiflora* L. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38 (9), 2053–2064. <https://doi.org/10.1002/etc.4506>
6. Chellem, S. R., Kishore, C. V. L., Reddy, G. S. V., Akshay, D. V. S., Kalpana, K., Lavanya, P., & Choragudi, K. H. (2024). Symbiotic relationships between nitrogen-fixing bacteria and leguminous plants ecological and evolutionary perspectives: A review. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 45 (13), 145–160. <https://doi.org/10.56557/upjz/2024/v45i134143>
7. Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
8. D'Agostino, M., & Abeli, T. (2025). Biological flora of Central Europe: *Centaurea cyanus* L. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 68, 125874. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2025.125874>
9. Dascaluc, A. P. (2018). Hormesis, optimization of screening and practical application of plant growth regulators. In *Materials of the IV International Scientific-Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of variety testing in Ukraine* (Kyiv, June 7, 2018) (p. 139–1142). Kyiv: Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection

10. Denisov, B. (2006). Blooming and pollen production of several representatives of the genus *Centaurea* L. *Journal of Apicultural Science*, 50 (2), 20–31.
11. Dhima, K. V., Vasilakoglou, I. B., Eleftherohorinos, I. G., & Lithourgidis, A. S. (2006). Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. *Crop Science*, 46 (1), 345–352. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005-0186>
12. Friedman, J., & Waller, G. R. (1985). Allelopathy and autotoxicity. *Trends in Biochemical Sciences*, 10 (2), 47–50. [https://doi.org/10.1016/0968-0004\(85\)90224-5](https://doi.org/10.1016/0968-0004(85)90224-5)
13. Gawlik-Dziki, U., Wrzesińska-Krupa, B., Nowak, R., Pietrzak, W., Zypych-Walczak, J., & Obrepalska-Stepłowska, A. (2023). Herbicide resistance status impacts the profile of non-anthocyanin polyphenolics and some phytomedicinal properties of edible cornflower (*Centaurea cyanus* L.) flowers. *Scientific Reports*, 13 (1), 11538. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38520-z>
14. Głąb, L., Sowiński, J., Bough, R., & Dayan, F. E. (2017). Allelopathic potential of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in weed control: A comprehensive review. *Advances in Agronomy*, 145, 43–95. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.05.001>
15. Guillemin, J.-P., Alrustom, B., & Darmency, H. (2021). Estimated effects of cornflower presence on winter wheat. *Biological Agriculture & Horticulture*, 38 (2), 113–123. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.2006783>
16. Haratym, W., Weryszko-Chmielewska, E., & Konarska, A. (2019). Microstructural and histochemical analysis of aboveground organs of *Centaurea cyanus* used in herbal medicine. *Protoplasma*, 257 (1), 285–298. <https://doi.org/10.1007/s00709-019-01437-4>
17. Hnini, M., Rabeh, K., & Oubohssaine, M. (2024). Interactions between beneficial soil microorganisms (PGPR and AMF) and host plants for environmental restoration: A systematic review. *Plant Stress*, 11, 100391. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100391>
18. Ibáñez, F., Wall, L., & Fabra, A. (2016). Starting points in plant-bacteria nitrogen-fixing symbioses: intercellular invasion of the roots. *Journal of Experimental Botany*, erw387. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw387>
19. Kalembe, D., & Synowiec, A. (2019). Agrobiological interactions of essential oils of two menthol mints: mentha piperita and mentha arvensis. *Molecules*, 25 (1), 59. <https://doi.org/10.3390/molecules25010059>
20. Kong, C.-H., Li, Z., Li, F.-L., Xia, X.-X., & Wang, P. (2024). Chemically mediated plant-plant interactions: Allelopathy and allelobiosis. *Plants*, 13 (5), 626. <https://doi.org/10.3390/plants13050626>
21. Landi, M. (2015). Can Anthocyanins be part of the metal homeostasis network in plant? *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 10 (4), 170–177. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2015.170.177>
22. Lim, T. K. (2013). *Centaurea cyanus*. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*, 245–249. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7395-0_16
23. Marczewska-Kolasa, K., Bortniak, M., Sekutowski, T., & Domaradzki, K. (2017). Influence of water extracts from cornflower on germination and growth of cereals seedlings. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 62 (3), 208–211.
24. Marczewska-Kolasa, K., Sekutowski, T., & Bortniak, M. (2012). Determination of allelopathy *Centaurea cyanus* seeds by using bioassays. *Progress in Plant Protection*, 52 (3), 733–736.
25. Marczewska-Kolasa, K., Sekutowski, T., & Bortniak, M. (2012). Determination of allelopathy *Centaurea cyanus* seeds by using bioassays. *Progress in Plant Protection*, 52 (3), 733–736.
26. Pietkova, I., Unhurian, L., & Horiacha, L. (2022). Identification and quantitative content of chlorogenic and rosmarinic acids in *Centaurea cyanus* L. and *Centaurea montana* L. herbs. *Annals of Mechnikov's Institute*, 1, 10–14.
27. Pospielov, I. S., & Onipko, V. V. (2025). Voloshka synia (*Centaurea cyanus* L.): dekoratyvnyi potentsial ta ekolohichni perevahy u landshaftnomu dyzaini ta ozelenenni. *Materialy Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii Bioriznomanittia u konteksti staloho rozvytku: teoriia, praktyka, metodychni aspekty vyvchennia u zakladdakh nauky ta osvity (prysviachena 65-richchiiu zasnuvannia dendroparku zahalnodержavnogo znachennia «Kryvorudskyi»)*. (6 chervnia 2025 r., s. Kryva Ruda, Semenivskiy r-n, Poltavska obl). (pp. 165–169). Poltava: Astraia Retrieved from: <https://zenodo.org/records/15533270> [in Ukrainian]
28. Reigosa, M. J., Pedrol, N., & González, L. (2006). *Allelopathy: A physiological process with ecological implications*. Springer
29. Schumacher, M., Witty, R., & Gerhards, R. (2024). Reintroduction strategies for rare arable weeds in agricultural practice and their influence on yield. *Weed Research*, 64 (5), 384–394. <https://doi.org/10.1111/wre.12659>
30. Sobko, M., Medvid, S., Amons, S., Zakharchenko, E., Nechyporenko, V., Masyk, I., Pylypenko, V., Kolodnenko, N., Rozhko, V., Karpenko, O., Toryanik, V., & Selezhen, O. (2023). Weed infestation of winter wheat in organic crop rotation and economic efficiency of its cultivation. *Modern Phytomorphology*, 17, 127–131. <https://doi.org/10.32782/2226-3063-2023.17.01>
31. Stankiewicz-Kosyl, M., Wińska-Krysiak, M., Wrochna, M., Haliniarz, M., & Marcinkowska, K. (2024). Regional diversity of the ALS gene and hormesis due to tribenuron-methyl in *Centaurea cyanus* L. *Scientific Reports*, 14 (1), 25197. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76345-6>
32. Stankiewicz-Kosyl, M., & Haliniarz, M. (2023). Diversified germination strategies of *Centaurea cyanus* populations resistant to ALS inhibitors. *Plant Protection Science*, 59 (4), 379–388. <https://doi.org/10.17221/62/2023-pps>
33. Stoliar, S. H., & Melnyk, M. V. (2024). Structure of segetal vegetation in hybrid winter rye crops in the Forest-Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 140, 250–257. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.32>
34. Sulborska-Różycka, A., Weryszko-Chmielewska, E., Polak, B., Stefańczyk, B., Matysik-Woźniak, A., & Rejdek, R. (2022). Secretory products in petals of *Centaurea cyanus* L. flowers: A histochemistry, ultrastructure, and phytochemical study of volatile compounds. *Molecules*, 27 (4), 1371. <https://doi.org/10.3390/molecules27041371>
35. Sun, Y., Chen, L., Zhang, S., Miao, Y., Zhang, Y., Li, Z., Zhao, J., Yu, L., Zhang, J., Qin, X., & Yao, Y. (2022). Plant interaction patterns shape the soil microbial community and nutrient cycling in different intercropping scenarios of aromatic plant species. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.888789>
36. Swetha, T. N., Rajasekar, B., Hudge, B. V., Mishra, P., & Harshitha, D. N. (2023). Phytoremediation of heavy metal contaminated soils using various flower and ornamentals. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35 (18), 747–752. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183341>
37. Treutter, D. (2010). Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding – visions and constraints. *International Journal of Molecular Sciences*, 11 (3), 807–857. <https://doi.org/10.3390/ijms11030807>
38. Tsytsiura, Y. (2024). Allelopathic effects of annual weeds on germination and seedling growth of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 27 (1), 77–97. <https://doi.org/10.15414/afz.2024.27.01.77-97>
39. Utilizing Microbes to Accelerate Corn Residue Decomposition. (2025). *Golden Harvest*. Retrieved from: <https://www.goldenharvestseeds.com/agronomy/articles/utilizing-g-microbes-to-accelerate-corn-residue-decomposition>
40. Vinje, E. (2013). Allelopathic Plants & Types of Allelopathy. *Planet Natural*. Retrieved from: <https://www.planetnatural.com/allelopathy/>
41. Wacławowicz, R., Tendziągolska, E., Synowiec, A., Bocianowski, J., Podsiadło, C., Domaradzki, K., Marcinkowska, K., Kwiecińska-Poppe, E., & Piekarczyk, M. (2022). Competition between winter wheat and cornflower (*Centaurea cyanus* L.) resistant or susceptible to herbicides under varying environmental conditions in Poland. *Agronomy*, 12 (11), 2751. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112751>

42. Wagenitz, G., & Hellwig, F. H. (1996). Evolution of characters and phylogeny of the Centaureinae. In D. J. N. Hind & H. G. Beentje (Eds.), *Compositae: Systematics* (pp. 491–510). Kew, London: Royal Botanic Gardens
43. Wang, C., Liu, Z., Wang, Z., Pang, W., Zhang, L., Wen, Z., Zhao, Y., Sun, J., Wang, Z.-Y., & Yang, C. (2022). Effects of autotoxicity and allelopathy on seed germination and seedling growth in *Medicago truncatula*. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.908426>
44. Weed Fact Sheet *Centaurea cyanus*. (2023). *HRAC Europe*, 1–3. Retrieved from: <http://hracglobal.com/europe/files/EHRAC-Weed-Fact-Sheet-CENCY.pdf>

ORCID

I. Pospelov 

<https://orcid.org/0009-0006-7344-7841>

V. Onipko 

<https://orcid.org/0000-0002-2260-971X>



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

Agrotechnical methods for regulating the population of beneficial and harmful entomofauna in pea crops

V. Pysarenko | M. Pischalenko✉ | M. Mulier | V. Lohvynenko | V. Tryhub

Article info

Correspondence Author

M. Pischalenko

E-mail:

marina_pischalenko@ukr.net

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

Citation: Pysarenko, V., Pischalenko, M., Mulier, M., Lohvynenko, V., & Tryhub, V. (2025). Agrotechnical methods for regulating the population of beneficial and harmful entomofauna in pea crops. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 101–105. doi: 10.31210/spi2025.28.04.14

Pea is an important leguminous crop in Ukraine, providing atmospheric nitrogen fixation and high nutritional value; however, its cultivation is associated with significant losses due to pests. The purpose of the work was to review agrotechnical methods for regulating the population of beneficial and harmful entomofauna in pea crops, with an emphasis on biological control through the use of natural enemies. The paper analyzes the main pea pests and their natural enemies: root weevils are controlled by rove beetles, trichogramma, and ladybugs; pea weevils are controlled by trichogramma, ladybugs, and predatory bugs; pea aphids are controlled by rove beetles, ladybugs, and tachinid flies. It has been established that the most effective approach for pest control in pea crops is an integrated protection system that combines biological control with agrotechnical methods. The key agrotechnical methods identified include proper crop rotation, alternating legumes with cruciferous or cereal crops to reduce pest cycles; optimization of sowing and harvesting dates to avoid periods of peak pest activity; creation of favorable conditions for the development of entomophages by ensuring natural shelters and food plants; and the selective use of chemical agents with a narrow spectrum of action only in critical situations. The prospects for further development of agrotechnical methods are substantiated, including the implementation of modern biological control methods, the development of new *Trichogramma* strains to enhance the effectiveness of controlling weevils and aphids, the improvement of crop rotation methods based on pest biology, and the development of integrated pest management systems with pest population monitoring and evaluation of biological control effectiveness. The findings of the study have significant practical importance for the development of ecologically safe agriculture, as they contribute to reducing dependence on chemical pesticides and ensuring the sustainable development of Ukraine's agricultural sector during post-war recovery.

Keywords: pests, beneficial entomophages, crop rotation, biological control, ecological balance, integrated pest management systems.

Агротехнічні прийоми регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху

В. М. Писаренко | М. А. Піщаленко | М. О. Мулер | В. В. Логвиненко | В. В. Тригуб

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Горох є важливою зернобобовою культурою України, яка забезпечує фіксацію атмосферного азоту та має високу харчову цінність, проте під час його вирощування рослини зазнають значних втрат від шкідників. Мета роботи полягає в огляді агротехнічних прийомів регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху з акцентом на біологічному контролі завдяки використанню природних ворогів. У статті проаналізовано основні шкідники гороху та їх природні вороги: бульбочкові довгоносики контролюються журчалками, трихограмами та сонечками; гороховий зерноїд – трихограмами, сонечками та хижими клопами; горохова попелиця – журчалками, сонечками і тахіновими мухами. З'ясовано, що найефективнішим підходом для боротьби зі шкідниками на посівах гороху є інтегрована система захисту, яка поєднує біологічний контроль з агротехнічними прийомами. Основними агротехнічними методами визначено такі: правильна сівозмінна з чергуванням зернобобових із хрестоцвітними або зерновими культурами для зниження циклічності шкідників; оптимізація строків сівби та збору для уникнення періодів максимальної активності шкідників; створення умов для розвитку ентомофагів через забезпечення природних укриттів і кормових рослин; вибіркоче застосування хімічних засобів із вузьким спектром дії лише у критичних ситуаціях. Обґрунтовано перспективи розвитку агротехнічних прийомів, які включають впровадження новітніх біологічних методів контролю, виведення нових штамів трихограм для підвищення ефективності боротьби із зерноїдами та попелицями, вдосконалення методів сівозміни з урахуванням біології шкідників, розвиток інтегрованих систем захисту рослин з моніторингом чисельності шкідників та оцінкою ефективності біологічних методів. Результати дослідження мають важливе практичне значення для розвитку екологічно безпечного землеробства, оскільки дозволяють знизити залежність від хімічних пестицидів і забезпечити сталий розвиток агросектору України в умовах післявоєнного відновлення.

Ключові слова: шкідники, корисні ентомофаги, сівозмінна, біологічний контроль, екологічна рівновага, інтегровані системи захисту.

Бібліографічний опис для цитування: Писаренко В. М., Піщаленко М. А., Мулер М. О., Логвиненко В. В., Тригуб В. В. Агротехнічні прийоми регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 101–105.

Сільське господарство України традиційно орієнтоване на вирощування зернобобових культур, серед яких горох (*Pisum sativum*) має важливе місце завдяки своїм агрономічним, харчовим і кормовим властивостям [1]. Горох є важливим елементом сівозміни [2], оскільки він здатний фіксувати атмосферний азот завдяки симбіозу з азотфіксуючими бактеріями [3], збагачуючи ґрунт і підвищуючи родючість. Це дасть змогу знизити залежність від хімічних азотних добрив, що є важливим для сталого розвитку агросектору [4].

Згідно з дослідженнями, горох є висококалорійною культурою, яка містить значну кількість білка,

що робить його важливим джерелом корму для тварин і їжі для людей. Крім того, він має високу харчову цінність завдяки високому вмісту амінокислот, вітамінів і мінералів, таких як кальцій і фосфор [5, 6].

Виробництво гороху в Україні поступово відновлюється після впливу військових дій і вже повертається до довоєнного рівня. За даними [7], 2025 року площі під горохом збільшилися до 270 тис. га, що на 11,6 % більше, ніж 2021 року, що дозволило отримати рекордні за останні 5 років 0,63 млн т валового врожаю (рис. 1).

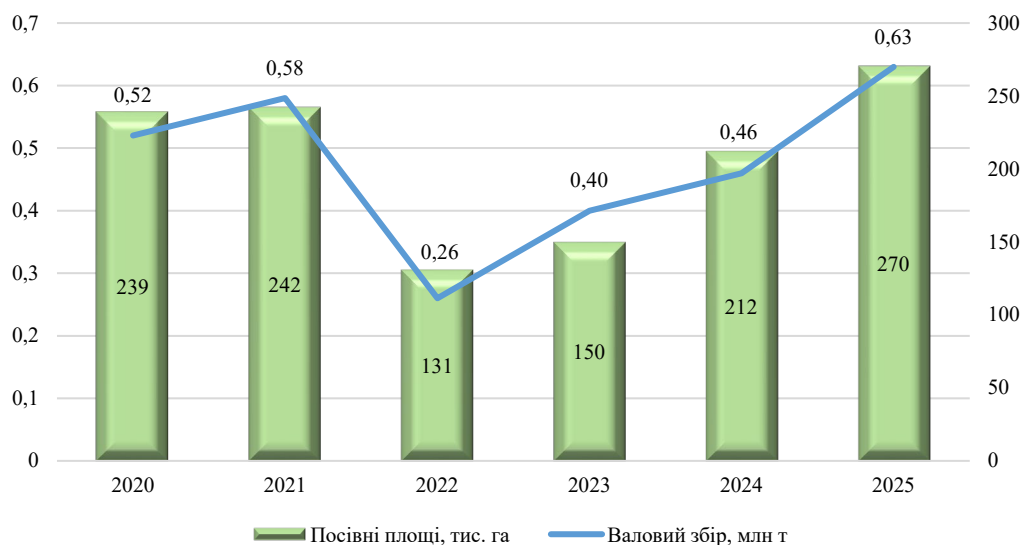


Рис. 1. Динаміка посівних площ і валового збору гороху, 2020–2025 рр.

Джерело: побудовано за даними [7, 8].

Основна частина врожаю експортується, зокрема до таких країн, як Туреччина, Індія, Італія, ОАЕ, Пакистан, Бангладеш і Малайзія, що разом купують понад 62 % українського гороху. Відкриття ринку Китаю 2025 року дає нові можливості для українських виробників, оскільки вони отримали конкурентну перевагу після введення 100 % мита на канадський горох. Це сприятиме зростанню цін на українську продукцію та стабільності доходів фермерів. Збільшення обсягів переробки гороху та високий попит на бобові у світі створюють сприятливі умови для подальшого розвитку цієї галузі, і експерти прогнозують успішний сезон для українських виробників гороху [9].

Однак, попри численні переваги, вирощування гороху зіштовхується з низкою труднощів, зокрема через шкоду, яку завдають шкідники. Серед основних шкідників гороху можна виділити горохову совку (*Helicoverpa armigera*), горохову попелицю (*Aphis craccivora*) й інших комах, які значно знижують урожайність і погіршують якість зерна [10, 11]. Це може призвести до значних фінансових втрат для фермерів, особливо в умовах кліматичних змін, які сприяють розповсюдженню цих шкідників [12].

Шкідники гороху можуть спричинити дефоліацію, пошкодження бобів і зниження їх харчової цінності, що негативно впливає на кінцевий продукт

як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках. Згідно з дослідженнями, збільшення чисельності шкідників гороху може також бути спричинене недостатньою боротьбою з ними на етапі сходів або недотриманням сівозміни, що призводить до поширення їх популяцій на більшій території [13].

Отже, аграрії потребують комплексних рішень, що поєднують агротехнічні методи, біологічний контроль [14] та інноваційні підходи в управлінні чисельністю шкідників [15]. Використання ентомофагів як засобу контролю чисельності шкідників є однією з ефективних та екологічно безпечних стратегій, яка дозволяє значно зменшити вплив шкідників на врожайність.

Загальна характеристика ентомофауни на посівах гороху

Ентомофауна посівів гороху включає як шкідливі, так і корисні види комах, що активно впливають на розвиток культури. Шкідники, як правило, належать до різних родин і класів, зокрема до жуків, лускокрилих, двокрилих та перетинчастокрилих. Вони завдають шкоди шляхом поїдання рослинних тканин, відкладання яєць у плоди або пошкодження кореневої системи. Наприклад, бульбочкові довгоносики, гороховий зерноїд, попелиці та трипси завдають значної шкоди посівам гороху, знижуючи їх врожайність [16].

Корисні ентомофаги включають хижих комах, паразитів і патогенів, що регулюють чисельність шкідників. Це можуть бути сонечка, трихограми, журчалки, тахінові мухи, золотоочки, які поїдають або паразитують на шкідниках гороху [17]. Ентомофаги допомагають зберігати екологічну рівновагу в агроєкосистемах, знижуючи потребу в хімічних обробках і мінімізуючи вплив на довкілля [18].

Ентомофаги відіграють важливу роль у регуляції чисельності шкідників (табл. 1). Вони активно знижують популяцію шкідників гороху, поїдаючи їх личинок, яйця, дорослих особин або паразитуючи на них. Сонечка, наприклад, є ефективними знищувачами попелиць [19], а трихограми використовуються для боротьби з яйцями шкідників, таких як зерноїд [20]. Золотоочки й хижі клопи також є важливими агентами для контролю трипсів, кліщів та інших комах [21].

Таблиця 1

Шкідники гороху та їх природні вороги

Шкідники гороху	Природні вороги
Бульбочкові довгоносики (<i>Sitona lineatus</i> L.)	Журчалки (<i>Syrphidae</i>), трихограми (<i>Trichogramma</i>), сонечка (<i>Coccinella</i>), хижі клопи (<i>Perillus bioculatus</i>)
Гороховий зерноїд (<i>Bruchus pisorum</i> L.)	Трихограми, сонечка, хижі клопи, золотоочки (<i>Chrysopidae</i>)
Горохова плодоярка (<i>Laspeyresia nigricana</i>)	Трихограми, сонечка, золотоочки
Гороховий комарик (<i>Contarinia pisi</i> Kieff.)	Трихограми, сонечка, хижі клопи
Гороховий трипс (<i>Kakothrips robustus</i>)	Сонечка, хижі клопи, золотоочки
Горохова попелиця (<i>Acyrtosiphon pisum</i>)	Журчалки, сонечка, тахінові мухи (<i>Tachinidae</i>), золотоочки

Джерело: побудовано за даними [22–24].

Ці природні вороги дозволяють знизити необхідність у хімічних пестицидах, зберігаючи природні ресурси та знижуючи ризики забруднення довкілля. Інтеграція біологічного контролю в загальну стратегію захисту рослин є важливою складовою частиною сучасного сільського господарства [21].

Сталий розвиток сільського господарства вимагає впровадження ефективних методів управління шкідниками, що мінімізують вплив на навколишнє середовище. Біологічний контроль через використання ентомофагів є одним із основних засобів підтримки екологічної рівноваги. Він дозволяє досягти стабільного врожаю без значних витрат на хімічні обробки та зменшити негативний вплив на природні екосистеми. В умовах зміни клімату, коли багато традиційних методів боротьби можуть стати менш ефективними, використання природних ворогів шкідників стає все більш актуальним і перспективним [25].

Отже, підтримка та розвиток біологічного контролю є важливим складником стратегічного підходу до захисту посівів гороху й інших сільськогосподарських культур. Це дозволить забезпечити сталий розвиток аграрної галузі, зберігаючи ресурси та сприяючи збереженню біорізноманіття, що особливо актуально у післявоєнному відновленні родючості ґрунтів [26].

Агротехнічні прийоми регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху

У боротьбі зі шкідниками гороху аграрії повинні застосовувати комплексний підхід, що поєднує біологічний контроль, агротехнічні прийоми та, у разі необхідності, хімічні засоби захисту [27]. Застосування ентомофагів є важливою складовою частиною стратегії біологічного контролю, однак, щоб досягти максимальної ефективності, необхідно інтегрувати біологічні методи в загальний агрономічний процес. Розглянемо основні агротехнічні прийоми, що допомагають регулювати чисельність шкідників і зберігати чисельність ентомофагів: сівозмину, оптимальні строки сівби та збору, біологічний контроль, хімічний контроль.

Сівозмину є одним з найважливіших агротехнічних прийомів для контролю чисельності шкідників. Вона включає чергування різних культур на одному полі, що знижує ймовірність поширення специфічних для однієї культури шкідників. Правильне планування сівозміни допомагає зменшити популяцію шкідників, які не можуть вижити на інших культурах [28]. Наприклад, якщо після гороху вирощувати культури, які не є основними для шкідників, що уражають горох, це допоможе знизити їх чисельність.

Особливо важливою є правильне чергування зернобобових культур, оскільки багато шкідників гороху (таких як бульбочкові довгоносики та гороховий зерноїд) можуть мати циклічний характер і залишатися на полях, якщо після гороху знову вирощувати інші бобові культури. Чергування культур із іншими типами рослин (наприклад, з хрестоцвітними або зерновими) може значно зменшити чисельність шкідників і допомогти у регулюванні балансу ентомофауни [29].

Строки сівби та збору гороху впливають на чисельність шкідників, оскільки вони визначають період активності комах. Своєчасна сівба гороху дозволяє рослинам вийти з фази уразливості до атак шкідників, таких як гороховий зерноїд чи попелиця, знизивши таким чином ризик їхньої шкоди. За умови ранньої сівби посіви гороху встигають розвинути до того, як шкідники, які зимують на рослинах або ґрунті, стануть активними. Це допомагає уникнути їх великої чисельності на початку вегетації [13].

Також важливо враховувати строки збору врожаю, оскільки пізній збір може призвести до того, що шкідники, зокрема зерноїд, можуть пошкодити боби та знизити якість продукції. Вчасний збір допомагає мінімізувати втрати врожаю від шкідників, а також знижує можливість їх поширення на наступні посіви [16].

Використання ентомофагів – це один з основних методів біологічного контролю, який сприяє зниженню чисельності шкідників [24]. У випадку з горохом важливо залучити природних ворогів шкідників, таких як сонечка, трихограми, журчалки, тахінові мухи та золотоочки. Ці комахи активно контролюють популяцію шкідників, зокрема попелиць, трипсів і зерноїдів, що значно знижує потребу в хімічних обробках і покращує екологічний баланс [17].

Для ефективного використання ентомофагів необхідно створювати умови, які сприяють їхньому розвитку й активності. Це включає забезпечення природних укриттів для хижих комах, запровадження рослин, які можуть служити кормом для ентомофагів, а також збереження різноманітності екосистеми, що дозволяє забезпечити необхідні умови для їхнього існування [21, 23].

Прикладом ефективного використання біологічного контролю є застосування трихограм для боротьби з гороховим зерноїдом. Трихограми паразитують на яйцях шкідників, що значно знижує популяцію зерноїда без використання хімічних пестицидів. Також важливу роль у контролі популяції попелиць відіграють сонечка, які поїдають значну кількість цих шкідників [20].

Хімічний контроль шкідників має бути використаний лише в поодиноких випадках, коли інші методи боротьби не дають бажаних результатів. Однак важливо використовувати інсектициди вибірково, оскільки неконтрольоване застосування хімічних препаратів може негативно вплинути на ентомофагів й інших корисних комах. Оптимальним є застосування інсектицидів, що мають вузький спектр дії, щоб мінімізувати шкоду для природних ворогів шкідників [18]. Агротехнічні прийоми, такі як обробка посівів передпосівними інсектицидами, можуть бути корисними для контролю чисельності шкідників на ранніх етапах розвитку культури, але необхідно враховувати їхній вплив на навколишнє середовище та природні біоценози [16].

Загалом інтеграція агротехнічних прийомів, біологічного контролю та, за необхідності, хімічного захисту, є основним підходом до ефективного управління чисельністю шкідників на посівах гороху. Це дозволяє не тільки знизити рівень втрат врожаю, але й зберегти екологічну рівновагу та забезпечити сталий розвиток сільського господарства.

Перспективи розвитку агротехнічних прийомів для контролю ентомофауни на посівах гороху

У сучасних умовах сільське господарство стикається з численними викликами, серед яких зміни клімату, зниження біорізноманіття та необхідність мінімізації використання хімічних пестицидів. Це створює потребу в розробці нових і вдосконалених підходів до боротьби зі шкідниками, зокрема на посівах гороху. Перспективи розвитку агротехнічних прийомів у цій сфері включають впровадження новітніх біологічних методів, удосконалення сівозміни, використання інтегрованих систем захисту рослин, а також удосконалення технологій для збереження ентомофагів і зниження чисельності шкідників [30].

Одним із перспективних напрямів є розвиток і використання нових видів ентомофагів, зокрема таких, які можуть бути більш ефективними при зміні екологічних умов. Виведення нових штамів трихограм і підвищення ефективності використання природних ворогів для контролю зерноїдів, попелиць і трипсів може значно підвищити ефективність біологічного контролю без додаткових витрат на хімічні обробки. Важливим також є створення умов для розвитку ентомофагів у господарствах, що

включає підтримку різноманітних екосистем, збереження природних біотопів для хижих комах і паразитів.

Іншим перспективним напрямом є вдосконалення методів сівозміни, що дозволяє не тільки знизити чисельність шкідників, але й покращити загальний стан агроекосистеми. Урахування біології шкідників, як-от їх фаз розвитку, та застосування сівозміни, що включає культури, несумісні з певними шкідниками, допоможе зменшити чисельність шкідливих комах і підтримувати баланс у природних популяціях.

Також велике значення має розвиток інтегрованих систем захисту рослин, де поєднуються біологічні, агротехнічні та, за необхідності, хімічні методи контролю. Для цього важливо створити умови для моніторингу чисельності шкідників і своєчасного реагування на їх появу, а також для оцінки ефективності біологічних методів, зокрема використання ентомофагів.

Висновки

Мета статті полягала в огляді агротехнічних прийомів регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху в Україні. Розвідка спрямована на оцінку ефективності біологічного контролю шкідників гороху, зокрема за допомогою ентомофагів, а також на розробку рекомендацій щодо інтеграції біологічних методів у загальну стратегію захисту посівів гороху.

Аналіз сучасних методів боротьби зі шкідниками гороху показав, що найбільш ефективним підходом є використання інтегрованих методів захисту, які включають біологічний контроль, агротехнічні прийоми та, за необхідності, хімічні засоби. Важливим складником цієї стратегії є застосування ентомофагів, таких як сонечка, трихограми, журчалки, тахінові мухи та золотоочки, які здатні знижувати чисельність шкідників без негативного впливу на довкілля. Однак для досягнення високої ефективності біологічного контролю необхідно зважати на низку факторів, зокрема погодні умови, біологію шкідників та ентомофагів, а також агротехнічні умови вирощування культури. Також важливо застосовувати агротехнічні методи, такі як сівозміна, правильне визначення строків сівби та збору врожаю, що допомагають знижувати чисельність шкідників і підтримувати баланс в агроекосистемі.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні сучасних біологічних методів боротьби зі шкідниками на посівах гороху, досвіді застосування новітніх технологій для збереження природних ворогів шкідників й інтеграцію їх у стратегії сталого сільського господарства.




Конфлікт інтересів

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

References

1. Averchev, O. V., Nikitenko, M. P., Kolomiiets, M. R., & Linnyk, M. (2024). Current status and prospects of pea cultivation in conditions of global climate change. *Taurida Scientific Herald*, 140, 3–12. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.1>
2. Judd, A. (2021). 5 Great reasons to grow peas. *Garden Gate*. Retrieved from: <https://www.gardengatemagazine.com/articles/vegetables/edible-plant-guide/5-great-reasons-to-grow-peas/>
3. Averchev, O. V., & Kovshakova, T. S. (2024). The influence of trace elements and biostimulants on the productivity of pea varieties. *Taurida Scientific Herald*, 136, 3–12. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.1>
4. Sadras, V. O., Lake, L., Kaur, S., & Rosewarne, G. (2019). Phenotypic and genetic analysis of pod wall ratio, phenology and yield components in field pea. *Field Crops Research*, 241, 107551. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.06.008>
5. Hood-Niefer, S. D., Warkentin, T. D., Chibbar, R. N., & Kumar, R. (2012). Effect of genotype and environment on the concentrations of starch and protein in, and the physicochemical properties of starch from, field pea and fababean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (1), 141–150. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4552>
6. Dahl, W. J., Foster, L. M., & Tyler, R. T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108 (Suppl 1), S3–S10. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000852>
7. Basanets, O. (2025). Ploshchi pid horokhom zrosly na 25 % zavdiaky zrostanniu tsin. *SuperAgronom.Com*. Retrieved from: <https://superagronom.com/news/21353-ploshchi-pid-gorohom-zrosli-na-25-zavdyaki-zrostanniu-tsin?amp=1> [in Ukrainian]
8. Havryliuk, A. (2025). Ploshchi positiv horokhu v Ukraini postupovo povertaiutsia do dovoienykh pokaznykiv. *Agronomiya*. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/agronomiya/ploshhi-positiv-gorohu-v-ukraini-postupovo-povertayutsia-do-dovoyenykh-pokaznykiv/> [in Ukrainian]
9. Vyrobnystvo horokhu v Ukraini vidnovliuetsia. (2025). *Aronom*. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/vyrobnystvo-gorohu-v-ukraini-vidnovlyuetsia/> [in Ukrainian]
10. Yermolenko, O. (2024). Shkidnyky horokhu ta zakhody borotby. *Propozytsiia*, 4, 44–40 [in Ukrainian]
11. Clement, S. L., McPhee, K. E., Elberson, L. R., & Evans, M. A. (2009). Pea weevil, *Bruchus pisorum* L. (Coleoptera: Bruchidae), resistance in *Pisum sativum* x *Pisum fulvum* interspecific crosses. *Plant Breeding*, 128 (5), 478–485. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01603.x>
12. IPCC Secretariat. (2021). *Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems*. Rome: FAO on behalf of the IPCC Secretariat. <https://doi.org/10.4060/cb4769en>
13. French, R. J. (2004). Pea agronomy. In C. Wrigley, H. Corke, & C. Walker (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science* (pp. 427–437). Elsevier.
14. Sharma, H. C., Manuele, T., & El Bouhssini, M. (2016). Pest management in grain legumes: Potential and limitations. In D. P. Abrol (Ed.), *Integrated pest management in the tropics* (pp. 275–292). New India Publishing Agency.
15. Shrivastava, G., Rogers, M., & Wszelaki, A. (2010). Plant volatiles-based insect pest management in organic farming. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 29 (2), 123–133. <https://doi.org/10.1080/07352681003617483>
16. Shushkivska, N. I. (2013). Entomofauna ahrotsenozu horokhu positivnoho. *Ahrobiolohiia*, 11 (104), 142–145. [in Ukrainian]
17. Segura, D. F., Cingolani, M. F., Wajnberg, E., & Beukeboom, L. W. (2024). Entomophagous insects: Predators and parasitoids that shape insect communities and offer valuable tools for insect pest management. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 172 (6), 455–459. <https://doi.org/10.1111/eea.13446>
18. Coll, M., & Wajnberg, E. (2017). *Environmental pest management: challenges for agronomists, ecologists, economists and policymakers*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
19. Soleimani, S., & Madadi, H. (2015). Seasonal dynamics of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*, its natural enemies the seven spotted lady beetle *Coccinella septempunctata* and variegated lady beetle *Hippodamia variegata*, and their parasitoid *Dinocampus coccinellae*. *Journal of Plant Protection Research*, 55 (4), 421–428. <https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0058>
20. Goswami, T. N., Takar, A., Maji, T. B., Barma, P., & Ray, S. N. (2017). Trichogramma: An egg parasitoid in insect pest management. In *Biopesticides and bioagents: Novel tools for pest management* (pp. 242–272). Apple Academic Press.
21. Mahr, D. L., Whitaker, P., & Ridgway, N. M. (2008). *Biological control of insects and mites: An introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management*. L. Deith (Ed.). Cooperative Extension Publishing.
22. Prohnoz fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv Ukrainy ta rekomendatsii shchodo zakhystu roslyn u 2025 rotsi Derzhprodspozhyvsluzhby. Retrieved from: <https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/uploaded-files/0001-projekt-zbimiku-prohnoz-2025-novii-2.pdf> [in Ukrainian]
23. Lykhovyd, P., & Mrynskyi, I. (2023). Zastosuvannia entomofahiv u systemi inethrovanoho zakhystu plodoovochevykh kultur. *Propozytsiia*. Retrieved from: <https://propozytsiia.com/articles/tehnolohiyi/zastosuvannya-entomofahiv-u-systemakh-intehrovanoho-zakhystu-plodoovochevykh> [in Ukrainian]
24. Yadav, S. K., & Patel, S. (2015). Insect-pest complex on *Pisum sativum* L. and their natural enemies at Pantnagar. *Journal of Plant Development Sciences*, 7 (11), 839–841.
25. Pratisoli, D. (2025). Biological pest control in agroecosystems. *Agronomy*, 15 (7), 1739. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071739>
26. Chaika, T. O., & Korotkova, I. V. (2023). Vidnovlennia rodiuchosti gruntu v Ukraini pislia voienykh dii. In T. O. Chaika (Ed.), *Zakhyst i vidnovlennia ekolohichnoi rivnovahy ta zabezpechennia samovidnovlennia ekosystem* (pp. 232–281). Astraia [in Ukrainian]
27. Pinchuk, N. V., Verheles, P. M., Kovalenko, T. M., & Rudska, N. O. (2019). Control of the number of the major pests of the peaseeds. *Agriculture and Forestry*, 15, 137–150. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2019-4-11>
28. Jalli, M., Huusela, E., Jalli, H., Kauppi, K., Niemi, M., Himanen, S., & Jauhainen, L. (2021). Effects of crop rotation on spring wheat yield and pest occurrence in different tillage systems: A multi-year experiment in Finnish growing conditions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 647335. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.647335>
29. Chaika, T. O., & Ponomarenko, S. V. (2015). Efektyvna sivozmina v orhanichnomu zemlerobstvi: sutnist, pravyla ta pryntsypy. *Ahrarnyi Biuletyn*, 52, 17–21 [in Ukrainian]
30. Sabluk, W. T., Sinchenko, V. M., Grischenko, O. M., Gumentyuk, M. Ya., & Fedorenko, A. V. (2021). Effect of various agriculture systems on pest entomofauna diversity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (5), 8–12. https://doi.org/10.15421/2021_69

ORCID

- V. Pysarenko  <https://orcid.org/0000-0002-0184-3929>
M. Pischalenko  <https://orcid.org/0000-0001-8954-8256>
V. Lohvynenko  <https://orcid.org/0009-0006-8299-6148>



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

Age-related features of compensatory growth and physiological adaptation in large white and landrace gilts under different weaning ages

A. Shostia  | I. Shpyrna

Article info

Correspondence Author

A. Shostia

E-mail:

anatoliy.shostya@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Shostia, A., & Shpyrna, I. (2025). Age-related features of compensatory growth and physiological adaptation in large white and landrace gilts under different weaning ages. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 106–115. doi: 10.31210/spi2025.28.04.15

The aim of the study was to determine the effects of weaning age on growth intensity, adaptive capacity, feed intake, and the incidence of diarrhea in piglets of two maternal breeds – Landrace and Large White – with an assessment of their prospects for replacement gilt development. Four groups of piglets were formed according to weaning age: 21 and 28 days. The dynamics of body weight growth from birth to the end of the nursery period, the incidence of gastrointestinal disturbances, feed intake intensity, and the levels of average daily and absolute weight gains were evaluated. The results show that reducing the suckling period to 21 days leads to temporary growth suppression, decreased average daily gains from day 22 to 35 (in Landrace piglets to 34–144 g, and in Large White piglets to 86–136 g), and reduced absolute gains (0.24–1.01 kg and 0.60–0.95 kg, respectively), coinciding with peak diarrhea incidence and irregular feed consumption. At the same time, early-weaned piglets demonstrated compensatory growth after the adaptation period, particularly in Landrace gilts, indicating partial restoration of growth. Ultimately, the final body weight of early-weaned piglets was 3.8–7.3 % lower compared to those weaned at 28 days. Piglets weaned at 28 days exhibited more uniform growth dynamics, stable feed intake, and lower diarrhea frequency, which ensured more efficient adaptation to solid feed and improved feed conversion. Average daily gains from birth to the end of the nursery period were 383 g in Landrace gilts and 364 g in their Large White counterparts. Breed-specific traits also influenced adaptation: Landrace gilts showed more pronounced compensatory growth, while Large White piglets demonstrated more stable gains and feed intake. It was established that reducing the suckling period to 21 days significantly affects adaptation: early-weaned piglets show irregular feed intake and increased diarrhea incidence, which reduce growth efficiency in the first weeks post-weaning. Although compensatory growth occurs later, their final body weight remains lower than that of piglets weaned at 28 days. Conversely, optimizing weaning age to 28 days ensures more stable growth dynamics, uniform feed intake, reduced diarrhea, and improved economic efficiency. Thus, management of suckling period length is a key factor in raising healthy, productive, and resilient young pigs.

Keywords: piglets, weaning age, compensatory growth, feed intake, diarrhea, adaptation, average daily gain, replacement gilts.

Вікові особливості компенсаторного росту і фізіологічної адаптації свинок великої білої та ландрас порід за різних термінів їх відлучення

A. М. Шостя | І. Г. Шпирна

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Метою дослідження було визначення впливу віку відлучення на інтенсивність росту, адаптаційні можливості, споживання корму та частоту прояву діареї у поросят двох материнських порід – ландрас та велика біла – з оцінкою перспектив формування ремонтних свинок. В експерименті використовували 4 групи поросят, розподілених за віком відлучення: 21 та 28 діб. Було оцінено динаміку зростання живої маси від народження до завершення дорощування, прояву в цей час, шлунково-кишкових розладів, інтенсивності споживання комбікормів та рівень середньодобових і абсолютних приростів живої маси. Отримані результати, свідчать, що скорочення підсисного періоду до 21 доби призводить до тимчасового пригнічення росту поросят, зниження середньодобових приростів у період з 22 до 35 добу (у тварин породи ландрас – до 34–144 г, у їх аналогів великої білої – до 86–136 г та абсолютних приростів (0,24–1,01 кг і 0,60–0,95 кг відповідно), що збігається з піком проявів діареї та нерівномірним споживанням корму. Водночас, ранньовідлучені поросята демонструють компенсаторний ріст після адаптаційного періоду, особливо у свинок породи ландрас, що свідчить про часткову відновлюваність росту. У кінцевому підсумку, жива маса ранньовідлучених поросят була нижчою на 3,8–7,3 % порівняно з тваринами, відлученими у 28 діб. Доведено, що поросята, відлучені у 28 діб, характеризувалися рівномірною динамікою приростів, стабільним споживанням корму та нижчою частотою діареї, що забезпечувало більш ефективну адаптацію до твердого корму та кращу конверсію корму. Середньодобові прирости за період від народження до завершення дорощування становили 383 г у свинок породи ландрас і 364 г у їх аналогів великої білої породи. Породні особливості також впливали на адаптацію: свинки породи ландрас проявляли більш виражений компенсаторний ріст, тоді як тварини великої білої породи відзначалися стабільністю приростів та споживання корму. Встановлено, що скорочення підсисного періоду до 21 доби істотно впливає на адаптацію поросят: ранньовідлучені тварини демонструють нерівномірність споживання корму та підвищену частоту діареї, що знижує ефективність росту у перші тижні після відлучення. Хоча поросята здатні проявляти компенсаторний ріст у подальший період, їх кінцева жива маса залишається нижчою порівняно з тваринами, відлученими у 28 діб. Водночас оптимізація віку відлучення до 28 діб забезпечує більш стабільну динаміку росту, рівномірне споживання корму, зниження проявів діареї та підвищення економічної ефективності вирощування. Таким чином, управління тривалістю підсисного періоду є ключовим чинником формування здорового, продуктивного та стійкого молодяку свиней.

Ключові слова: поросята, вік відлучення, компенсаторний ріст, споживання корму, діарея, адаптація, середньодобові прирости, ремонтні свинки.

Бібліографічний опис для цитування: Шостя А. М., Шпирна І. Г. Вікові особливості компенсаторного росту і фізіологічної адаптації свинок великої білої та ландрас порід за різних термінів їх відлучення. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 106–115.

Вступ

Вік відлучення поросят є одним із ключових факторів, що впливають на їх добробут та визначають їхній ріст, адаптацію до твердого корму, стан імунної системи та кінцеву продуктивність у період дорощування [6]. Дослідження Tang et al. (2022) [23], Campbell et al. (2013) [7] показують, що скорочення підсисного періоду до 19–21 доби підвищує стресову реакцію у поросят, порушує розвиток кишкової мікрофлори та знижує ефективність використання корму. Їх висновки співзвучні з дослідженнями Ming et al. (2021) [17], Povod M. et al. (2023) [20], які встановили, що поросята, відлучені у 21 добу, мають нижчі середньодобові прирости і кінцеву живу масу порівняно з тваринами, відлученими у 28 днів. Вони пояснюють це меншою морфофункціональною зрілістю кишечника, зменшеною висотою ворсинок та низькою ферментативною активністю, що погіршує засвоєння поживних речовин. Також Massacci et al. (2020) [16], Faccin et al. (2020) [12] підтвердили, що раннє відлучення супроводжується високим рівнем окислювального стресу та порушенням антиоксидантного захисту, що підвищує ризик діареї та інших шлунково-кишкових розладів.

Щодо споживання корму, як зазначають Jarvis et al. (2008) [13], поросята, відлучені рано, демонструють різке підвищення апетиту в перші дні після відлучення, що є компенсаторною реакцією на втрату молока, але це супроводжується нерівномірністю споживання та підвищеною частотою травних розладів. На відміну від них, як повідомляють Pluske et al. (2018) [19] та Lallès et al. (2007) [14] тварини, відлучені у 28 днів, поступово переходять на тверду їжу, що забезпечує більш рівномірну динаміку приростів та зниження ризику діареї.

Низка досліджень підтверджує, що збільшення тривалості підсисного періоду позитивно впливає на фізіологічний стан, адаптаційні можливості та продуктивність молодняка (Shvachka et al. (2020) [5], Povod et al. (2019) [4] і Mykhalko (2025) [18]). Водночас, результати досліджень de Grau et al. (2005) [9] свідчать, що поросята, відлучені у 21 день, мали нижчу масу при відлученні, проте на етапі дорощування характеризувалися вищими середньодобовими приростами і до сьомого тижня життя досягали більшої маси (13,6 проти 12,8 кг). Їх думку підтримують Douglas et al. (2014) [11], Ming et al. (2021) [17] які стверджують, що частина поросят із нижчою масою при відлученні здатна до компенсаторного росту, тоді як інші не демонструють подібної адаптації. Це узгоджується з висновками Collins et al. (2017) [8], Smith et al. (2007) [22], а також Wolter & Ellis (2001) [25], які наголошують, що маса тіла при відлученні є визначальним чинником подальшого росту та швидкості досягнення цільової ваги на забій. Подібні результати отримали Quiniou et al. (2002) [21], Douglas et al. (2012) [10] і Povod et al. (2023) [20], які зазначають, що свині з нижчою масою при відлученні характеризуються повільнішими темпами росту порівняно з важчими ровесниками.

Окрім віку відлучення, суттєвий вплив на показники росту має генотип тварин (Macbeth (1986) [15],

Kremez et al. (2025) [2], Voshenko (2005) [24]. Вважається, що у тварин породи ландрас, відлучених у 28 днів, середньодобові прирости вищі, а кінцева маса більша, ніж у великої білої породи. Також дослідження Voshenko (2005) [24] підтверджують, що порода ландрас має дещо вищий потенціал росту та ефективне використання корму. Водночас у роботі Kremez et al. (2025) [2] виявлено протилежну тенденцію – у тварин породи ландрас, відлучених у 28 днів, середньодобові прирости були вищими на 4,1 %, а кінцева маса – на 4,0 % більша, ніж у великої білої породи.

Дані зазначених дослідників вказують, що вік відлучення та породна належність поросят є взаємопов'язаними чинниками, які комплексно впливають на темпи росту, рівень збереженості та ефективність використання кормів. Зокрема: скорочення підсисного періоду до 21 доби може збільшувати ризик кишкових розладів, а відлучення у 28 днів стимулює ріст, кращу конверсію корму та покращення імунного статусу поросят.

Мета дослідження

Метою дослідження було з'ясувати, як тривалість підсисного періоду та породна належність впливають на показники розладу роботи шлунково-кишкового тракту, зміну рівня споживання кормів, інтенсивність росту та строки досягнення живої маси у ремонтних свинок порід ландрас і велика біла в період їх дорощування.

Матеріали і методи

Дослідження проводили у виробничих умовах племінного репродуктору промислового свинокомплексу. Для проведення дослідів відповідно до схеми досліджень (*табл. 1*) було відібрано від свиноматок чотирьох піддослідних груп по дві свинки з кожного гнізда ближчі до середньої маси по гнізду [3].

Таблиця 1
Схема дослідів

Показник	Порода свиней			
	ландрас	велика біла	ІІІ	ІV
Група тварин	I	II	III	IV
Тривалість підсисного періоду, днів	28	21	28	21
Кількість відібраних свинок на початок дослідів, гол.	30	30	30	30
Вік при постановці на дорощування, днів	28	21	28	21
Вік при знятті з дорощування, днів	77	77	77	77
Тривалість дорощування, днів	49	56	49	56

Відібраних свинок піддослідних груп було промарковано номерними кліпсами відповідного для кожної групи кольору. Усі піддослідні тварини підлягали індивідуальному зважуванню на 1-шу, 7-му, 14-ту та 21-шу добу життя. На 21-шу добу, по завершенню підсисного періоду, поросята другої та четвертої груп після індивідуального зважування були переведені на дорощування, де їх утримували у

станках по 30 голів у кожному. Через 7 дів після індивідуального зважування до цього приміщення і аналогічних станків перевели свинок першої та третьої груп. Раціони підслідних свинок були однаковими за складом і повністю збалансованими відповідно до потреб організму в основних поживних речовинах.

Упродовж перших п'яти дів після переведення на дорощування тваринам додатково згодовували рідку кормову суміш, приготовлену у співвідношенні 3 : 1 (три частини теплої води на одну частину сухого корму).

Облік живої маси здійснювали шляхом індивідуального зважування при народженні, при відлученні та по завершенні дорощування і групового зважування тварин через 7 дів о 16 годині. Щодня під час клінічного огляду ветеринарний спеціаліст здійснював реєстрацію випадків захворювань шлунково-

кишкового тракту у підслідних свинок. Усі зафіксовані випадки вносилися до відповідного журналу спостережень.

Отримані дані підлягали біометричній обробці з використанням методів варіаційної статистики для визначення достовірності різниць між групами з використанням пакетів прикладних програм Microsoft Excel 2016 (Kramarenko et al. (2019) [1]. Відповідно до яких перший поріг вірогідності визнали при $p < 0,05$, другий при $p < 0,01$, а третій при $p < 0,001$.

Результати та їх обговорення

У ході дослідження було вивчено вплив віку відлучення поросят (21 та 28 дів) на їхні показники росту у свинок порід ландрас і велика біла від народження до завершення періоду дорощування (табл. 2).

Таблиця 2

Ріст поросят від народження до завершення дорощування, $M \pm m$, $n=30$

Показник	Значення			
	ландрас		велика біла	
Порода поросят	ландрас		велика біла	
Вік постановки на дорощування, дів	28	21	28	21
Підслідна група	I	II	III	IV
Маса при народженні, кг	1,30±0,020	1,31±0,019	1,28±0,015	1,26±0,021
Маса при постановці на дорощування, кг	7,42±0,14 ^{aaa ccc}	5,60±0,14	7,22±0,18 ^{ddd ggg}	5,41±0,10
Середньодобовий приріст, г	225±4,78 ^{aaa ddd}	202±3,84	214±4,29 ^{fff e}	198±4,23
Маса по завершенні дорощування, кг	30,82±0,58 ^{a cc}	28,66±0,88	29,36±0,59	28,27±0,53
Середньодобовий приріст, г	478,2±10,49 ^{aaa ccc}	411,6±16,44	452,6±9,97 ^{ggg}	408,5±8,30

Примітки: вірогідність різниці між: ^{aaa} - 1 та 2; ^{bbb} - 1 та 3; ^{ccc} - 1 та 4; ^{ddd} - 2 та 3; ^{fff} - 2 та 4; ^{ggg} - 3-4 групами.

Встановлено, що вік відлучення мав суттєвий вплив на живу масу та середньодобові прирости поросят усередині кожної породи. Так, у тварин породи ландрас у першій групі встановлені вірогідно ($p < 0,001$) на 11,4 % вищі середньодобові прирости у підсисний період – 225 г проти 202 г порівняно з другою. За рахунок цього при відлученні у 28 дів (I група) та постановці на дорощування їх маса становила 7,42 кг, що достовірно ($p < 0,001$) на 32,5 % більше порівняно з поросятами, відлученими у 21 добу (II група) – 5,60 кг.

Аналогічна тенденція склалась і після відлучення поросят. Так, середньодобовий приріст під час дорощування у поросят I групи досягав 478,2 г, що достовірно ($p < 0,001$) на 16,2 % перевищувало показники II групи (411,6 г). Це, у свою чергу, зумовило перевагу тварин цієї групи за масою по завершенні дорощування на 2,16 кг або 7,5 %. Так, їх середня маса на цей час становила 30,82 кг, тоді як у тварин, відлучених у 21 добу, – 28,66 кг.

Подібну закономірність встановлено і у поросят великої білої породи. У тварин, відлучених у 28 дів (III група), середньодобовий приріст у підсисний період становив 214 г, що на 8,1 % більше, ніж у ровесників IV групи (198 г, $p < 0,001$). Маса при постановці на дорощування становила 7,22 кг, що на 33,5 % перевищувало показники тварин, відлучених у 21 добу (5,41 кг).

У період дорощування поросята III групи також характеризувалися перевагою: середньодобовий приріст становив 452,6 г, що на 10,8 % вище ($p < 0,001$)

порівняно з тваринами IV групи (408,5 г). По завершенні дорощування їх маса досягала 29,36 кг, що перевищувало аналогічний показник тварин, відлучених у 21 добу (28,27 кг) на 1,09 кг або 3,9 %.

При порівнянні між породами встановлено, що поросята породи ландрас загалом характеризувалися вищими ростовими показниками за однакових термінів відлучення. Так, за відлучення на 28-добовому маса при постановці на дорощування у поросят породи ландрас була на 2,8 % більшою (7,42 кг проти 7,22 кг), а по завершенні дорощування – на 5,0 % (30,82 кг проти 29,36 кг) у тварин великої білої породи. За 21-добового відлучення різниця між тваринами обох порід була менш вираженою: поросята породи ландрас перевищували аналогів великої білої за масою на початок дорощування на 3,5 % (5,60 кг проти 5,41 кг) і по його завершенні на 1,4 % (28,66 кг проти 28,27 кг).

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що раннє відлучення поросят у віці 21 доби має негативний вплив на їх ріст і розвиток у підсисний та післяпідсисний періоди. У цей час травна система тварин ще недостатньо розвинена, що знижує ефективність засвоєння поживних речовин і спричиняє зниження середньодобових приростів. Поросята, відлучені у 21 добу, мали меншу живу масу при постановці на дорощування (на 32–33 % нижчу) та нижчі на 8–11 % середньодобові прирости порівняно з ровесниками, відлученими у 28 дів. Натомість відлучення у віці 28 дів сприяло формуванню вищої живої маси, інтенсивнішому росту та стабільнішому

фізіологічному стану тварин. Це пояснюється більшою морфофункціональною зрілістю травної системи та зниженням стресового навантаження у перехідний період. Серед досліджуваних порід поросята породи ландрас характеризувалися дещо вищими темпами росту, що свідчить про їхній більший генетичний потенціал за умови оптимального віку відлучення та належної годівлі.

Для більш детального аналізу фізіологічного стану та продуктивності і компенсаторного статусу росту свинок по тижневим періодам вивчалися

динаміка росту та показника захворюваності і використання кормів різних рецептур у 30 свинок кожної групи. При дослідженні впливу віку відлучення на частоту прояву ознак діареї у поросят обох порід упродовж періоду від народження до завершення дорощування (*табл. 3*), встановлено, що вік відлучення мав істотний вплив на рівень захворюваності на діарею всередині кожної породи, особливо під час переходу від підсисного періоду до дорощування та від згодовування престаартерного до стартерного комбікорму.

Таблиця 3

Динаміка виявлення ознак діареї у піддослідних свинок від народження до завершення дорощування

Показник	Значення							
	ландрас				велика біла			
Порода свинок	28		21		28		21	
Вік постановки на дорощування, діб	I		II		III		IV	
Піддослідна група	I		II		III		IV	
Одиниці виміру	гол.	%	гол.	%	гол.	%	гол.	%
Вік діб: від 1 по 7	5	20,00	5	16,7	4	13,3	4	13,3
від 8 по 14	5	16,7	6	20,0	4	13,3	3	10,0
від 15 по 21	4	13,3	4	13,3	3	10,0	4	13,3
від 22 по 28	2	6,7	9	30,0	1	3,3	7	23,3
від 29 по 35	7	23,3	7	23,3	5	16,7	6	20,0
від 36 по 42	6	20,0	5	16,7	4	13,3	5	16,7
від 43 по 49	7	23,3	6	20,0	5	16,7	6	20,0
від 50 по 56	3	10,0	4	13,3	2	6,7	3	10,0
від 57 по 63	0	0	0	0	1	3,3	0	0
від 64 по 70	0	0	0	0	0	0	0	0
від 71 по 78	0	0	0	0	0	0	0	0
Середнє значення за підсисний період	-	14,2	-	16,7	-	10,0	-	12,2
Середнє значення за перестаартерний період	-	21,7	-	22,5	-	15,0	-	20,0
Середнє значення за стартерний період	-	8,3	-	4,4	-	6,1	-	3,3
Середнє значення за період від народження до завершення дорощування	-	12,1	-	13,9	-	8,9	-	11,5

Так, у свинок породи ландрас, відлучених у віці 28 діб (I група), середня частота прояву діареї у підсисний період становила 14,2 %, що було на 2,5 % нижче порівняно з тваринами, відлученими у 21 добу (II група) – 16,7 %. У період після відлучення поросят при згодовуванні їм престаартерних кормів обох рецептур частота діареї помітно зросла в обох групах. Так при відлученні у 28 діб вона зросла на 7,5 % і становила 21,7 %, тоді як у тварин відлучених у 21 добу вона збільшилась на 5,8 % і становила 22,5 %. У стартерний період годівлі, завдяки віковому розвитку поросят і покращенню функціонального стану їхнього шлунково-кишкового тракту, частота прояву діареї істотно зменшилась. Так, у I групі цей показник знизився на 13,4 % і становив 8,3 %, тоді як у II групі – на 8,1 % і дорівнював 14,4 %. У підсумку середнє значення прояву діареї за весь період від народження до завершення дорощування становило 12,1 % у I групі та 13,9 % у II, що свідчить про більш стабільний фізіологічний стан у тварин із пізнішим відлученням.

Подібна закономірність відзначалася і у свинок великої білої породи. У тварин, відлучених у віці 28 діб (III група), середня частота прояву діареї у підсисний період становила 10,0 %, що було на 2,2 % нижче, ніж у групі з раннім відлученням (IV група) – 12,2 %. У післявідлучний період частота прояву діареї зросла у обох групах, проте меншою мірою у тварин, відлучених пізніше: у III групі – на 5,0 % і становила 15,0 %, тоді як у IV групі – на 7,8 % і досягла 20,0 %,

що на 5,0 % вище, ніж у поросят із більш пізнім відлученням.

У стартерний період годівлі, із розвитком ферментативної активності шлунково-кишкового тракту та стабілізацією мікрофлори кишечника, частота прояву діареї істотно знизилась у свинок обох груп. Так, у тварин III групи вона зменшилась на 8,1 % і становила 6,9 %, тоді як у IV групі – на 16,7 % і дорівнювала 3,3 %.

У середньому за весь період від народження до завершення дорощування частота прояву діареї становила 8,9 % у поросят III групи та 11,5 % у тварин IV групи. Отже, скорочення віку відлучення до 21 доби підвищує ризик розвитку діарейних розладів на 22,6 відсоткових відсоткових пунктів, що свідчить про більшу чутливість організму молодяку цієї породи до стресу раннього відлучення.

Порівняння частоти прояву діареї між тваринами породи ландрас і велика біла показало, що у всіх досліджуваних групах свинки породи ландрас демонструють вищий рівень захворюваності. При відлученні у 28 діб, у підсисний період частота діареї у поросят породи ландрас становила 14,2 %, тоді як у великої білої – 10,0 %, що на 4,2 % більше (29,6 % за відносним показником). У післявідлучний період різниця становила 6,7 % : ландрас – 21,7 %, велика біла – 15,0 %, що також на 44,7 відсоткових відсоткових пункти вище у поросят породи ландрас. У стартерний період ця різниця скоротилась до 1,4 % (8,3 % проти 6,9 %), або 20,3 % відносно великої білої. Середнє

значення за весь період дорощування становило 12,1 % у поросят породи ландрас та 8,9 % у великої білої, що на 3,2 % більше, або на 36,0 % відносно великої білої породи.

У групах із раннім відлученням (21 доба) подібна тенденція зберігалась, але міжпородна різниця була меншою. У підсисний період свинки породи ландрас демонстрували частоту прояву діареї 16,7 % проти 12,2 % у великої білої, що на 4,5 % більше (або 36,9 % відносно великої білої). Після відлучення ця різниця становила 2,5 % – 22,5 % у тварин породи ландрас та 20,0 % у свинок великої білої. У стартерний період годівлі вона зменшилась і становила 1,1 % (4,4 % проти 3,3 %), або 33,3 % відносно великої білої. Середнє значення за весь період дорощування було 13,9 % у свинок породи ландрас та 11,5 % у тварин великої білої, що на 2,4 % більше (або 20,9 % відносно великої білої).

Отже, результати досліджень свідчать, що свинки великої білої породи мають кращу адаптаційну стійкість до змін раціону і більш стабільний фізіологічний стан при ранньому та пізньому відлученні, хоча абсолютні показники росту у поросят породи ландрас, як показано у *таблиці 1*, можуть бути вищими. Найбільші міжпородні відмінності у прояві діареї спостерігались у групах із пізнім відлученням (28 діб), коли різниця досягала 36 відсоткових пунктів у середньому за весь період,

що підкреслює важливість контролю за віком відлучення для збереження здоров'я молодяку і зниження ризику кишкових розладів.

Таким чином скорочення підсисного періоду до 21 доби істотно підвищує ризик виникнення діареї у поросят, незалежно від породи, що зумовлено недостатньою зрілістю травної системи та мікрофлори кишечника. Раннє відлучення супроводжується більшою кількістю випадків розладів травлення як у підсисний, так і у післявідлучний періоди, а також зростанням витрат на профілактику і лікування на 11–17 % порівняно з тваринами, відлученими у 28 добу. З іншого боку, оптимальний термін відлучення у 28 діб забезпечує поступовий перехід на тверді корми, стабільніший фізіологічний стан поросят та нижчий рівень діарейних захворювань.

Між тваринами обох материнських порід виявлено певні відмінності: свинки великої білої породи характеризуються нижчою частотою діареї, тоді як у свинок породи ландрас відзначається більш рівномірна хоч і суттєво вища динаміка показників захворюваності впродовж усього періоду вирощування.

Аналіз середньодобового споживання комбікормів свинками від 14 до 78 доби життя (*рис. 1*) показав, що вік відлучення істотно впливає на динаміку переходу поросят на рослинний раціон.

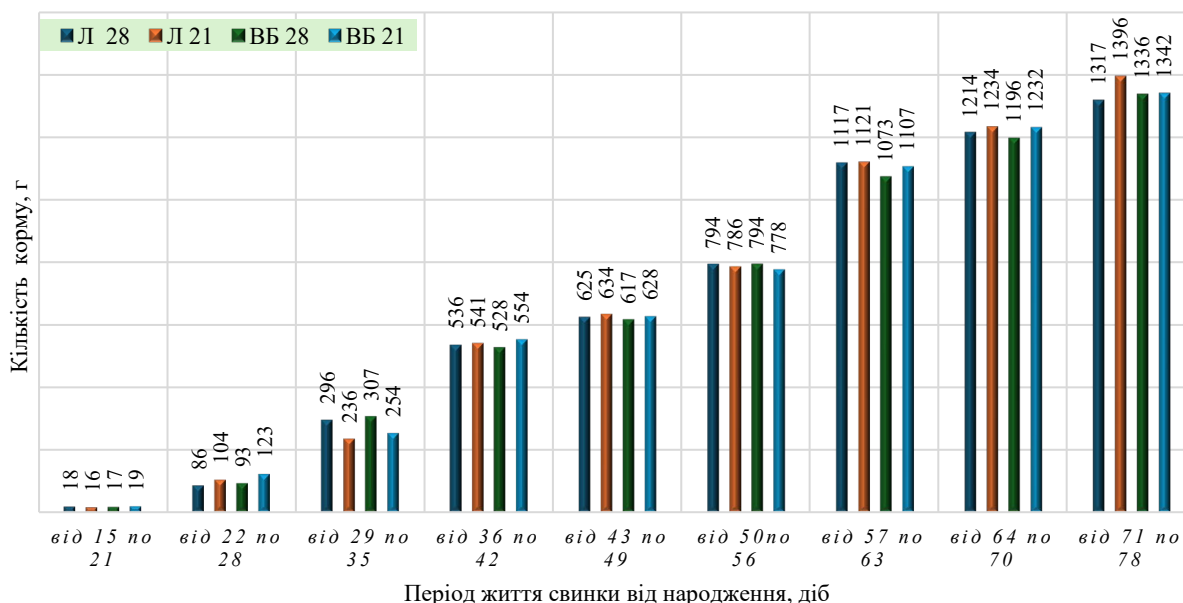


Рис. 1. Середньодобове споживання комбікормів від 14 до 78 доби життя

Так у період з 15 по 21 добу, коли поросята ще харчувались молоком матері, середньодобове споживання комбікорму було невеликим і становило 16–19 г на голову. У віковому проміжку з 22 по 28 добу у зв'язку з відлученням від свиноматок та переведенням в цех дорощування у групах раннього відлучення спостерігалось помітне збільшення споживання комбікорму: поросята породи ландрас щодоби споживали його 104 г, а великої білої – 123 г. Тоді як у групах з пізнім відлученням (у 28 добу) за рахунок того що ці свинки ще вживали материнське

молоко, цей показник був нижчим (86 та 93 г відповідно). Таким чином, у період з 22 по 28 добу, відлучені у 21 добу свинки, через необхідність компенсувати відсутність материнського молока, споживали на 18–25 % більше комбікорму порівняно з аналогами які в цей період ще споживали материнське молоко.

У період з 29 по 35 добу споживання комбікорму свинками породи ландрас раннього відлучення становило 236 г, тоді як поросята великої білої спожили 254 г, а при відлучені у 28 діб ці цифри

становили 296 та 307 г відповідно, що показує перехід до стабілізації споживання корму, але з продовженням нерівномірності між групами до 15–20 %. З 36 по 42 добу різниці скорочуються до 2–5 %, а у старшому віці (57–78 доби) середньодобове споживання комбікормів вирівнюється: максимальні показники становили 1342–1396 г у групах з раннім відлученням та 1317–1336 г у групах з відлученням у 28 днів, що різняться лише 1–2 %.

Породні відмінності у споживанні кормів проявлялися переважно на ранніх етапах після відлучення. Свинки породи ландрас споживали твердий корм більш інтенсивно, на 2–3 % перевищуючи споживання аналогів великої білої породи, тоді як тварини великої білої породи демонстрували більш рівномірне зростання споживання комбікорму. У старшому віці динаміка споживання вирівнювалася, і різниця між породами та групами за віком відлучення стала мінімальною.

Породні відмінності проявлялися переважно на ранніх етапах після відлучення. Свинки породи ландрас на 2–3 % більш інтенсивно переходили на раціон з переважанням рослинних кормів порівняно з тваринами великої білої породи, тоді останні виявили більш рівномірний ріст споживання комбікорму, що свідчить про кращу адаптаційну стійкість до зміни раціону. У старшому віці динаміка споживання вирівнювалася, і різниця між породами та групами за віком відлучення стала мінімальною.

Аналіз даних **рисунку 2** показує, що вік відлучення через інтенсивність прояву діареї та її впливу на інтенсивність споживання кормів суттєво впливає на динаміку середньодобових приростів поросят. Так свинки породи ландрас, відлучені у 28 добу (група I), демонстрували стабільні прирости впродовж усього підсисного та післявідлучного періодів, тоді як у тварин раннього відлучення

(21 доба, група II) спостерігалось різке зниження приростів після відлучення у період з 22 по 28 добу (34 г), що збігалось з піком прояву діареї та посиленою потребою в компенсаторному споживанні комбікорму. У наступні тижні прирости тварин цієї групи залишалися нижчими в порівнянні з аналогами відлученими у 28 днів (144–600 г), хоча у старшому віці (64–78 доби) прирости тварин з різним терміном підсисного періоду вирівнялися, проте середнє значення за весь період дорощування було на 7,3 % нижче у тварин з раннім відлученням, порівняно з аналогами відлученими у 28 днів (355 г проти 383 г), що свідчить про негативний вплив раннього відлучення на фізіологічний стан та інтенсивність росту свинок цієї породи.

Водночас свинки великої білої породи відлучені у 28 добу (група III), демонстрували більш рівномірні прирости впродовж усього періоду дорощування, з піками 504–606 у середньому віці, тоді як група раннього відлучення (21 доба, група IV) мала зниження приростів у післявідлучний період з 22 до 35 доби (86–136 г), що збігалось із проявами діареї та нерівномірністю споживання комбікорму. Середній приріст за весь період у тварин IV групи з раннім відлученням був на 3,8 % нижчим, ніж у групі III де відлучення проводилось в чотиритижневому віці (350 г проти 364 г), що підтверджує висновок про те, що пізніше відлучення забезпечує стабільнішу динаміку росту і менший стрес для травної системи. Отже поросята, відлучені у 28 добу, демонстрували більш поступову і рівномірну динаміку приростів, з меншими проявами діареї та стабільнішим споживанням корму. При цьому середній приріст свинок породи ландрас у групі з пізнім відлученням перевищував аналогів великої білої на 5,2 %, тоді як у групах раннього відлучення різниця між тваринами досліджуваних порід була мінімальною і склала 1,4 %.

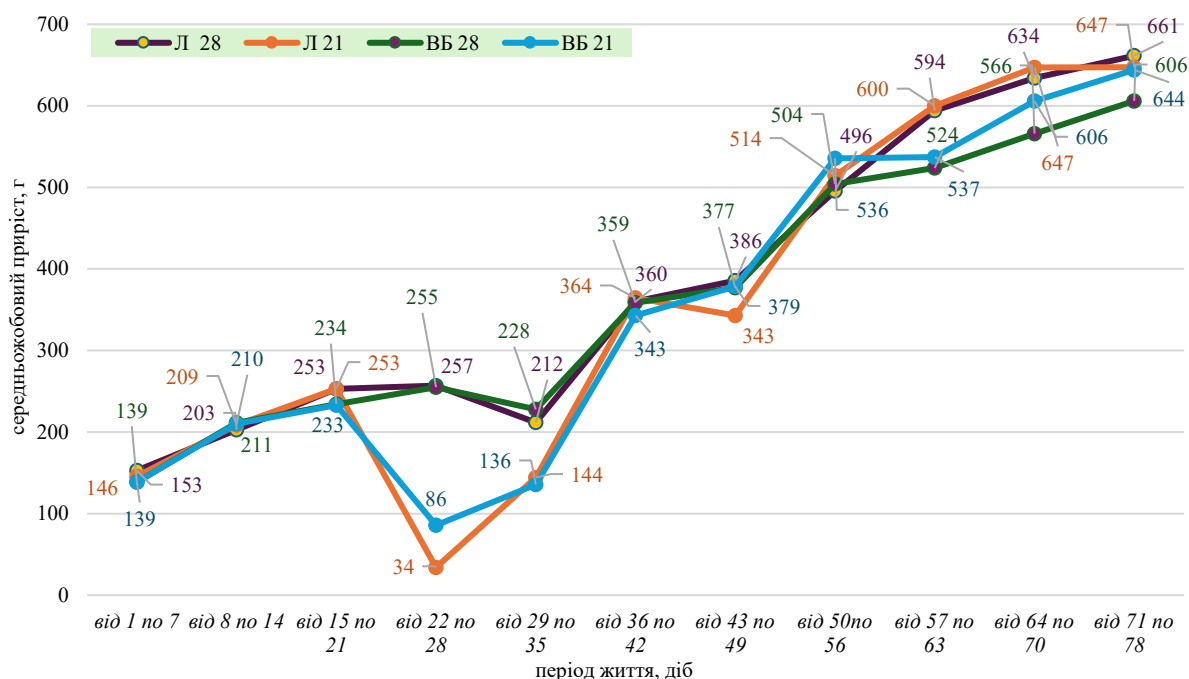


Рис. 2. Динаміка змін середньодобових приростів від народження до завершення дорощування

Водночас при порівнянні інтенсивності росту тварин різних порід встановлено, що свинки породи ландрас яких відлучали на 28 добу демонстрували середньодобові прирости на 5,2 % вищі, ніж аналоги великої білої породи (383 г проти 364 г). За раннього відлучення на 21 добу різниця між тваринами досліджуваних порід була менш вираженою – 355 г у свинок породи ландрас проти 350 г у їх аналогів великої білої (1,4 %), що свідчить про більш однамнітну реакцію великої білої на стресові умови раннього відлучення, але меншу адаптивну компенсацію через зниження приростів у молодшому віці.

Імунний статус поросят, спричинений ним рівень споживання кормів та обумовлена цими факторами різна інтенсивність росту свинок спричинила і різні рівні абсолютних приростів з час підсисного періоду

та періоду дорощування. Як витікає з даних графіку зображеного на *рисунку 3* вік відлучення поросят суттєво вплинув на абсолютні прирости у ранньому післявідлучному періоді. Так свинки породи ландрас відлучені у 28 добу (група I), демонстрували стабільну динаміку приростів, з абсолютними приростами від 1,07 г на 1–7 добу до 4,63 кг на 71–78 добу, що забезпечило середнє значення 29,46 кг за весь період дорощування. Тоді як за раннього відлучення у 21 добу, (група II) спостерігалось різке падіння приростів у період 22–28 доби (0,24 кг), що збігалось з піком прояву діареї та нерівномірним споживанням корму. Надалі абсолютні прирости відновлювалися до 4,53 кг на 71–78 добу, проте середнє значення за весь період було на 7,3 % нижчим (27,31 кг) порівняно з тваринами яких відлучали у 28 діб.

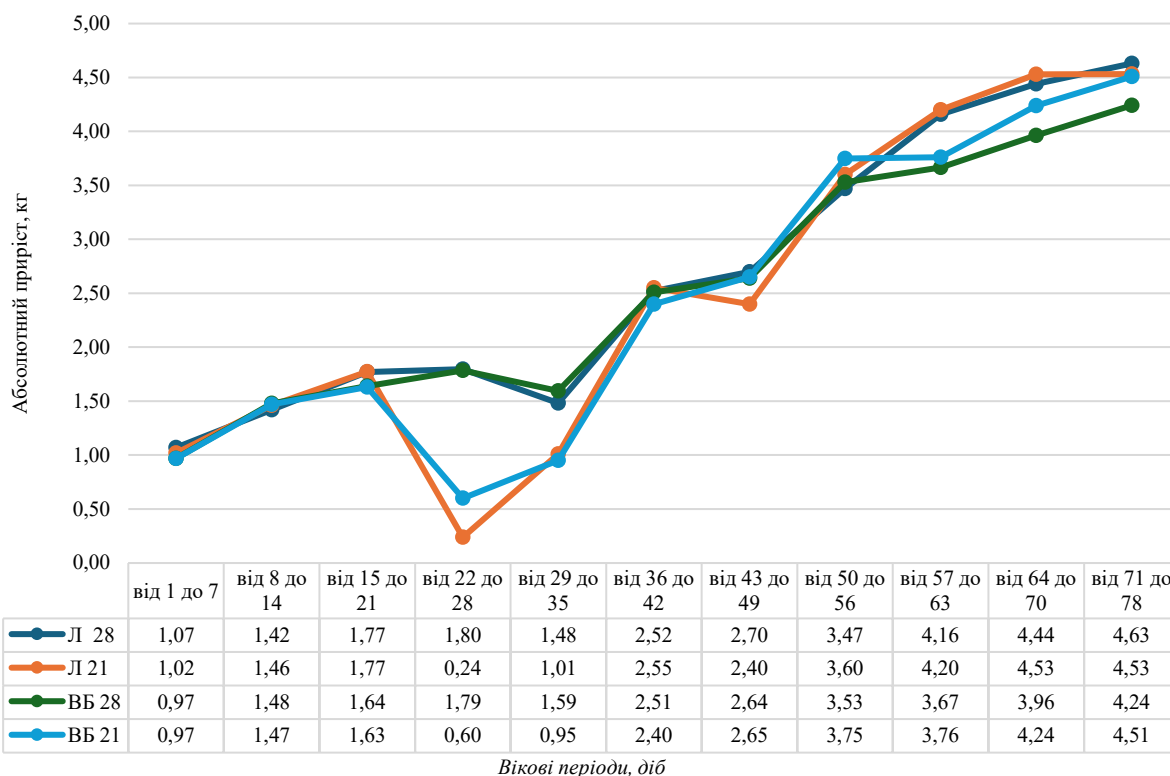


Рис. 3. Динаміка змін абсолютних приростів від народження до завершення дорощування

Схожі результати були отримані і для свинок великої білої породи. Так поросята, відлучені у 28 добу (група III), також демонстрували більш рівномірний ріст, з абсолютними приростами від 0,97 кг на 1–7 добу до 4,24 кг на 71–78 добу, середнє значення яких становило 28,02 кг. Водночас за раннього відлучення на 21 добу, (група IV) вони мали зниження абсолютних приростів у період 22–28 доби до 0,60 кг, що супроводжувалося піковою інтенсивністю діареї та низьким споживанням комбікорму. Середнє значення за весь період дорощування у тварин цієї групи було на 3,8 % нижчим (26,93 кг) порівняно з аналогами яких відлучали у 28 добовому віці.

Породні відмінності проявлялися у різній інтенсивності абсолютних приростів у ранні періоди після відлучення. Свинки породи ландрас мали більш

високі абсолютні прирости у за відлучення у 28 добовому віці, перевищуючи аналогів великої білої породи на 5,2 %, тоді як за відлучення у 21 добу різниця між породами була меншою і склала 1,4 %, і проявлялася у більш різкій нерівномірності приростів у перші тижні після відлучення.

Стан здоров'я свинок, викликаний ним рівень споживання кормів та обумовлена цими факторами інтенсивність росту суттєво вплинула на формування живої маси поросят обох порід упродовж усього періоду вирощування. Так аналіз даних зображених на графіку представлено на *рисунку 4* свідчить, що до моменту відлучення жива маса тварин майже не відрізнялася між групами, однак у післявідлучний період різниця ставала все більш вираженою. Так у свинок породи ландрас, відлучених у 28 діб (група I), спостерігалось стабільне зростання живої маси: від

1,36 кг при народженні до 30,82 кг у 78 діб, що свідчить про гарну адаптацію до твердого корму. За раннього відлучення (21 доба, група II) після різкого переходу на комбікорм у 22–28 діб темпи росту сповільнювалися – на 28-му добу маса становила лише 5,84 кг, що на 21,3 % менше порівняно з аналогами відлученими у 28 діб. Ця різниця з віком свинок дещо знизилась і у віці 78 діб становила 7,5 % (28,66 кг проти 30,82 кг).

Подібна тенденція відзначена і у свинок великої білої породи. Так у тварин відлучених у 28 діб (група III), жива маса підвищувалася від 1,34 кг при народженні до 29,36 кг у 78 діб, тоді як у групі раннього відлучення (21 доба, група IV) вона становила лише 28,27 кг. Втрата темпу росту у період 22–28 діб у групах з раннім відлученням (зниження живої маси на 16,7 % порівняно з тваринами, відлученими у 28 діб) пов'язана з проявом післявідлучного стресу, зниженням споживання корму та частішими випадками діареї.

Породні відмінності проявилися у темпах подолання післявідлучного періоду: поросята великої білої породи демонстрували більш рівномірне зростання маси після адаптації, тоді як їх аналоги породи ландрас мали вищі кінцеві показники живої маси (на 4,9 % у групах з пізнім відлученням і на 1,4 % – у групах з раннім). Це свідчить про кращу здатність свинок породи ландрас до інтенсивного росту після стабілізації фізіологічного стану.

Таким чином, скорочення підсисного періоду до 21 доби зумовлює порушення процесів адаптації поросят до твердих кормів, що проявляється у різкій та нерівномірній динаміці споживання корму, підвищеній інтенсивності діареї та зниженні середньодобових і абсолютних приростів. Підвищена частота шлунково-кишкових розладів у ранньвідлучених свинок супроводжується зменшенням поїдання комбікормів і, як наслідок, зниженням інтенсивності росту в ранньому післявідлучному періоді. Це призводить до нижчої живої маси при постановці на дорощування та зменшення кінцевої маси на завершенні цього періоду.

Натомість відлучення у 28-добовому віці забезпечує поступовий і стабільний перехід поросят на тверді корми, зменшує прояви діареї, сприяє рівномірному споживанню корму та підтримує стабільні темпи росту. Найбільш виражений позитивний ефект спостерігається у поросят породи ландрас, які характеризуються вищими середньодобовими приростами та кращим фізіологічним станом у порівнянні з ранньвідлученими тваринами.

Проведені дослідження показали, що вік відлучення суттєво впливає на адаптивний ріст і розвиток поросят обох порід. При ранньому відлученні у 21 добу у свинок як породи ландрас, так і великої білої спостерігалось уповільнення темпів росту, зниження інтенсивності споживання корму та підвищення частоти діареї у перші два тижні після відлучення. Це свідчить про виражений післявідлучний стрес і недостатню фізіологічну зрілість травної системи, що обмежує реалізацію потенціалу росту.

Разом з тим, після періоду адаптації поросята обох порід демонстрували ознаки компенсатор-

ного росту, який проявлявся у поступовому відновленні середньодобових приростів і споживання корму. Однак повного вирівнювання з тваринами, відлученими у 28 діб, до кінця періоду дорощування не відбувалося. У середньому, кінцева жива маса тварин, відлучених у 21 добу, була нижчою на 3,9–7,5 %, а середньодобові прирости – на 3,8–7,3 %.

Поросята великої білої породи характеризувалися рівномірнішою динамікою росту і споживання корму в умовах раннього відлучення, що свідчить про відносно вищу стійкість до стресових чинників. Водночас свинки породи ландрас виявляли більшу компенсаторну здатність, швидше відновлюючи темпи росту після адаптаційного періоду, але мали різкіші коливання у споживанні корму.

Таким чином, скорочення підсисного періоду до 21 доби знижує адаптивний потенціал росту поросят обох порід, зумовлюючи більш виражену фізіологічну напругу і тимчасове пригнічення приростів. Оптимальний адаптивний ріст, що забезпечує стабільне споживання кормів, мінімальні прояви діареї та максимальну реалізацію генетичного потенціалу, досягається при відлученні у віці 28 діб, незалежно від породної належності тварин.

Отримані в наших дослідженнях дані свідчать, що скорочення підсисного періоду до 21 доби істотно впливає на ріст і адаптаційні можливості поросят обох досліджуваних порід. Свинки за раннього у 21 добу їх відлучення від свиноматок демонстрували різке зниження середньодобових приростів у період 22–35 діб 34–144 г у свинок породи ландрас та 86–136 г, у тварин великої білої породи; абсолютні прирости становили 0,24–1,01 кг та 0,60–0,95 кг відповідно. Це збігалось з піком проявів діареї та нерівномірним споживанням кормів, що свідчить про післявідлучний стрес і недостатню функціональну зрілість травної системи. Аналогічні результати наведені у дослідженнях Campbell et al. (2013) [7], Lallès et al. (2007) [14], де раннє відлучення асоціюється з порушенням травлення і затримкою росту поросят.

Водночас, після початкового падіння приростів, ранньвідлучені поросята демонстрували компенсаторний ріст, що проявлявся у поступовому відновленні середньодобових приростів і споживання корму. Ця здатність компенсувати тимчасові втрати росту була особливо виражена у свинок породи ландрас, хоча кінцева жива маса ранньвідлучених тварин залишалася нижчою на 3,8–7,3 % порівняно з поросятами, відлученими у 28 діб. Подібні закономірності описані у роботах Massacci et al. (2020) [16], де зазначається, що раннє відлучення знижує морфологічну зрілість кишкового епітелію та погіршує засвоєння поживних речовин.

Поросята, відлучені у 28 діб, мали більш рівномірний ріст і стабільне споживання кормів, а середньодобові прирости становили 383 г у свинок породи ландрас і 364 г у їх аналогів великої білої, що перевищувало показники ранньвідлучених на 7,3 % і 3,8 % відповідно. Пізніше відлучення сприяло формуванню стабільної кишкової мікрофлори, кращій конверсії корму і зниженню ризику діареї, що узгоджується з даними Pluske et al. (2018) [19].

Переваги відлучення у 28 діб пояснюються більшою морфофункціональною зрілістю травної системи, вищою ферментативною активністю та наявністю материнського молока, яке більш придатне для системи травлення молодих поросят і містить біологічно активні речовини. Це стабілізує мікрофлору кишечника, зменшує прояви діареї та забезпечує поступовий перехід на твердий корм.

Отримані результати експерименту підтверджують, що скорочення підсиного періоду підвищує стресові навантаження та тимчасово пригнічує ріст поросят, проте їхня компенсаторна здатність росту дозволяє частково відновити темпи приростів. Відлучення у 28 діб забезпечує стабільніший ріст, зниження частоти діареї та крашу економічну ефективність, що узгоджується з результатами вітчизняних і зарубіжних досліджень [7, 13, 14].

Висновки

Встановлено, що раннє відлучення свинок у 21 добу спричиняє зниження середньодобових приростів і підвищення захворюваності на діарею у післявідлучний період, хоч у подальшому у них проявлявся компенсаторний ріст, однак повного вирівнювання з тваринами, відлученими у 28 діб, не досягнуто і їхня маса по завершенню дорощування виявилась на 3,9–7,5 %, меншою порівняно з аналогами відлученими у 28 діб.

Доведено, що відлучення свинок у 28 діб забезпечує меншу їхнього захворюваність на діарею, вищу інтенсивність росту, стабільніше споживання кормів і крашу оплату кормів, знижуючи витрати на профілактику діареї на 11–17 %.

Визначено, що свинки породи ландрас відзначаються вищими приростами і більшою живою масою по закінченню дорощування, тоді як їх аналоги великої білої – кращою адаптаційною стійкістю та нижчою частотою діареї.

Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу раннього відлучення на компенсаторний ріст, статеве дозрівання, запліднюваність та подальшу відтворувальну здатність ремонтних свинок.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta seleksii tvaryn: navchalnyi posibnyk*. Mykolaiv: MNAU. [in Ukrainian]
2. Kremez, M. I., Mykhalko, O. H., Shpetnyi, M. B., Myronenko, O. I., Shcherbatiuk, N. V., Chekh, O. O., Yurieva, K. V., & Ovdienko, K. T. (2025). Efficiency of rearing purebred, crossbred and hybrid litters of piglets of English origin during the suckling period. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 27 (102), 141–150. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10221>

3. Ladyka, V. I., Khmelnychi, L. M., & Povod, M. H. (2023). *Tekhnologiiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynyntstva: pidruchnyk dlia aspirantiv*. Odesa: Oldi [in Ukrainian]
4. Povod, M., Shvachka, R., Mykhalko, O., & Yurieva, K. (2019). Productive qualities of sows and their posterity depending on the duration of the suspension period. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock*, 4 (39), 72–84. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2019.4.11>
5. Shvachka, R., Povod, M., & Andriychuk, V. (2020). Dependence of reproductive qualities of sows on the duration of the suckling period, the option of combination of breeds at different seasons. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock*, 4 (43), 88–99. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.14>
6. Shostia, H. M., & Usenko, S. O. (2023). Vplyv dobrobutu tvaryn na yakist pro-duktsii. *Materialy II Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii (zaochna forma) «Yakist ta bezpechnist produktii u vnurishnii i zovnishnii torhivli y torhovelne pidpriemnytstvo: suchasni vektory rozvytku i perspektyvy» (Poltava, 15 liutoho 2023 r.)*. (s. 324–327). Poltava: PDAU [in Ukrainian]
7. Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4 (1), 19. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-19>
8. Collins, C. L., Pluske, J. R., Morrison, R. S., McDonald, T. N., Smits, R. J., Henman, D. J., Stensland, I., & Dunshea, F. R. (2017). Post-weaning and whole-of-life performance of pigs is determined by live weight at weaning and the complexity of the diet fed after weaning. *Animal Nutrition*, 3 (4), 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.01.001>
9. De Vos, M., Huygelen, V., Willemen, S., Fransen, E., Casteleyn, C., Van Cruchten, S., Michiels, J., & Van Ginneken, C. (2014). Artificial rearing of piglets: Effects on small intestinal morphology and digestion capacity. *Livestock Science*, 159, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.012>
10. Douglas, C., Bateson, M., Walsh, C., Bédoué, A., & Edwards, S. A. (2012). Environmental enrichment induces optimistic cognitive biases in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 139 (1–2), 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.018>
11. Douglas, S. L., Wellock, I., Edwards, S. A., & Kyriazakis, I. (2014). High specification starter diets improve the performance of low birth weight pigs to 10 weeks of age. *Journal of Animal Science*, 92(10), 4741–4750. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7625>
12. Faccin, J. E. G., Tokach, M. D., Allerson, M. W., Woodworth, J. C., DeRouchey, J. M., Dritz, S. S., Bortolozzo, F. P., & Goodband, R. D. (2020). Relationship between weaning age and antibiotic usage on pig growth performance and mortality. *Journal of Animal Science*, 98 (12). <https://doi.org/10.1093/jas/skaa363>
13. Jarvis, S., Moinard, C., Robson, S. K., Sumner, B. E. H., Douglas, A. J., Seckl, J. R., Russell, J. A., & Lawrence, A. B. (2008). Effects of weaning age on the behavioural and neuroendocrine development of piglets. *Applied Animal Behaviour Science*, 110 (1–2), 166–181. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.018>
14. Lallès, J.-P., Bosi, P., Smidt, H., & Stokes, C. R. (2007). Nutritional management of gut health in pigs around weaning. *Proceedings of the Nutrition Society*, 66 (2), 260–268. <https://doi.org/10.1017/s0029665107005484>
15. Macbeth, G. M. (1986). Comparative performance of purebred and crossbred Large White and Landrace pigs: A literature review. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 43 (1), 47–54.
16. Massacci, F. R., Berri, M., Lemonnier, G., Guettier, E., Blanc, F., Jarret, D., Rossignol, M. N., Mercat, M.-J., Doré, J., Lepage, P., Rogel-Gaillard, C., & Estellé, J. (2020). Late weaning is associated with increased microbial diversity and Faecalibacterium prausnitzii abundance in the fecal microbiota of piglets. *Animal Microbiome*, 2 (1). <https://doi.org/10.1186/s42523-020-0020-4>
17. Ming, D., Wang, W., Huang, C., Wang, Z., Shi, C., Ding, J., Liu, H., & Wang, F. (2021). Effects of weaning age at 21 and 28 days on growth performance, intestinal morphology and redox status in piglets. *Animals*, 11 (8), 2169. <https://doi.org/10.3390/ani11082169>
18. Mykhalko, O., Povod, M., Gill, M., Tsereniuk, O., Trybrat, R., Birta, G., & Krygina, N. (2025). Influence of sex and pre-slaughter weight of pigs on their carcass quality. *International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture"*. *Book of Abstracts: Section 3 - Animal Science*. (p. 119). Buchares: University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest. Retrieved from: https://agricultureforlife.usamv.ro/images/2025/Book_of_Abstracts/Animal_Science_Book_of_Abstracts_2025_.pdf

19. Pluske, J. R., Turpin, D. L., & Kim, J.-C. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4 (2), 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.004>
20. Povod, M. G., Mykhalko, O. G., Izhboldina, O. O., Gutyj, B. V., Verbelchuk, T. V., Borshchenko, V. V., & Koberniuk, V. V. (2023). The influence of piglet weight placed for rearing on their productive quality and efficiency of rearing. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 6 (2), 37–43. <https://doi.org/10.32718/ujvas6-2.07>
21. Quiniou, N., Dagorn, J., & Gaudré, D. (2002). Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science*, 78 (1), 63–70. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(02\)00181-1](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(02)00181-1)
22. Smith, A., Stalder, K., Serenius, T., Baas, T., & Mabry, J. (2007). Effect of piglet birth weight on weights at weaning and 42 days post weaning. *Journal of Swine Health and Production*, 15 (4), 213–218. <https://doi.org/10.54846/jshap/518>
23. Tang, X., Xiong, K., Fang, R., & Li, M. (2022). Weaning stress and intestinal health of piglets: A review. *Frontiers in Immunology*, 13, 1042778.
24. Voshchenko, I. B., & Povod, M. G. (2025). Efficiency of obtaining and raising weaned piglets using sows of Danish and English origin. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 27 (102), 286–296. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10241>
25. Wolter, B. F., & Ellis, M. (2001). The effects of weaning weight and rate of growth immediately after weaning on subsequent pig growth performance and carcass characteristics. *Canadian Journal of Animal Science*, 81 (3), 363–369. <https://doi.org/10.4141/a00-100>

ORCID

A. Shostia 
I. Shpyrna 

<https://orcid.org/0000-0002-1475-2364>

<https://orcid.org/0000-0002-2370-7047>



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

Diagnostic features of a chronic immunosuppressive viral process in a cat suspected of feline infectious peritonitis: a clinical case from veterinary practice

S. Tkachyvskiy | O. Galatiuk✉ | T. Romanishina | A. Lakhman

Article info

Correspondence Author
O. Galatiuk
E-mail:
veterinar@gmail.comPolissia National University,
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine

Citation: Tkachyvskiy, S., Galatiuk, O., Romanishina, T., & Lakhman, A. (2025). Diagnostic features of a chronic immunosuppressive viral process in a cat suspected of feline infectious peritonitis: a clinical case from veterinary practice. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 116–121. doi: 10.31210/spi2025.28.04.16

The article presents a clinical case of a chronic immunosuppressive viral process in a mixed-breed cat born in 2014, showing oral cavity lesions, anorexia, and dysphagia. The investigation was conducted stepwise during 2024 at the veterinary clinic «Vet Center» («Vet+Klinika», Irpin, Ukraine). The diagnostic protocol included clinical examination, haematological and biochemical blood tests, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and polymerase chain reaction (PCR). Immunological and molecular-genetic tests were performed at the «BALT» laboratory (Kyiv, Ukraine). Haematological analyses were carried out using automated haematology and biochemistry analysers (Micro-20Plus and HTI BioChem FC-120). Clinical observations indicated a prolonged chronic inflammatory process in the oral cavity. A moderate leukocytosis with neutrophilic predominance (80,6 %), relative lymphopenia ($3,0 \times 10^9/L$), and signs of viral suppression of the megakaryocytic lineage and systemic immunodeficiency (P-LCR 9,9 %) were recorded. The biochemical profile revealed a combination of renal dysfunction markers (creatinine – 273,5 $\mu\text{mol/L}$, urea – 15,2 $\mu\text{mol/L}$) and pronounced disturbances in lipid (cholesterol – 7,36 mmol/L) and enzymatic metabolism (ALT – 51,2 U/L, AST – 21,9 U/L, amylase – 4547,5 U/L). Serological testing (ELISA) detected antibodies against feline coronavirus structural proteins, indicating a prolonged persistence of infection. Subsequent molecular-genetic examination (PCR) of samples from the upper respiratory tract mucosa was positive for feline calicivirus antigen, regarded as a co-infectious factor capable of enhancing immuno-inflammatory responses and contributing to the development of feline infectious peritonitis (FIP). Thus, the diagnosis of calicivirosis did not exclude but rather confirmed the key role of immunosuppression in the disease pathogenesis. The obtained results allowed the case to be interpreted as a probable dry form of FIP complicated by calicivirus co-infection. This clinical case highlights the importance of comprehensive diagnostic approaches and the recognition that severe co-infections often serve as markers of an underlying immunosuppressive state associated with FIP.

Keywords: chronic viral process, immunosuppression, coronavirus infection, feline infectious peritonitis, viral co-infection, Feline calicivirus.

Діагностичні особливості хронічного імунодепресивного вірусного процесу у kota з підозрою на інфекційний перитоніт: клінічний випадок з ветеринарної практики

С. П. Ткачівський | О. Є. Галатюк | Т. О. Романишина | А. Р. Лахман

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

У статті представлено клінічний випадок хронічного вірусного імунодепресивного процесу у kota метиса, 2014 року народження, з ураженнями ротової порожнини, анорексією та утрудненим ковтанням. Дослідження проводили поетапно протягом 2024 року у ветеринарній клініці «Вет Центр» («Vet+Klinika») (м. Ірпін, Україна). Діагностика включала клінічне обстеження тварини, гематологічні та біохімічні аналізи крові, імуноферментний аналіз (ІФА) та полімеразну ланцюгову реакцію (ПЛР). Лабораторні імунологічні та молекулярно-генетичні аналізи виконували в лабораторії «BALT» (м. Київ). Гематологічні дослідження проводили за допомогою автоматичних гематологічного та біохімічного аналізаторів Micro-20Plus та HTI BioChem FC-120. Клінічні спостереження свідчили про тривалий хронічний запальний процес у ротовій порожнині. Виявлено помірний лейкоцитоз із нейтрофілією переважанням (80,6%), відносну лімфопенію ($3,0 \times 10^9/l$) та ознаки вірусного впливу на мегакаріоцитарний ристок, системної імунодепресії (P-LCR 9,9 %). Біохімічний профіль демонструє поєднання маркерів ниркової дисфункції (креатинін – 273,5 мкмоль/л, сечовина – 15,2 мкмоль/л) та виражених порушень ліпідного (холестерин – 7,36 ммоль/л) й ензимного обміну (АлАТ – 51,2 Од/л, АсАТ – 21,9 Од/л, амілаза – 4547,5 Од/л). Серологічне дослідження (ELISA) виявило антитіла до структурних білків коронавірусу котів, що свідчило про тривалу персистенцію інфекції. Подальше молекулярно-генетичне дослідження (ПЛР) зі зразків зі слизових оболонок верхніх дихальних шляхів дало позитивний результат на антиген каліцивірусу, який розглядається як коінфекційний чинник, здатний посилювати імунозапальні процеси та сприяти розвитку інфекційного перитоніту. Отже, діагноз каліцивірозу не виключав, а лише підтверджував ключову роль імуносупресії в патогенезі захворювання. Отримані результати дозволили розглядати клінічний випадок як імовірний інфекційний перитоніт сухої форми, ускладнений каліцивірусною коінфекцією. Цей випадок ілюструє важливість комплексної діагностики та розуміння того, що важкі коінфекції часто є маркером основного імунодепресивного стану, зумовленого FIP.

Ключові слова: хронічний вірусний процес, імунодепресія, коронавірусна інфекція, інфекційний перитоніт котів, вірусна коінфекція, каліцивіроз.

Бібліографічний опис для цитування: Ткачівський С. П., Галатюк О. Є., Романишина Т. О., Лахман А. Р. Діагностичні особливості хронічного імунодепресивного вірусного процесу у kota з підозрою на інфекційний перитоніт: клінічний випадок з ветеринарної практики. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 116–121.

Вступ

Хронічні вірусні інфекції котів, зокрема ті, що супроводжуються імунодепресивними станами, зумовленими взаємодією декількох патогенів, становлять значну діагностичну та лікувальну проблему в сучасній ветеринарній практиці [15]. Однією з найбільш небезпечних та поліморфних за клінічними проявами хвороб є інфекційний перитоніт (FIP), що спричинюється мутантним штамом коронавірусу котів (FCoV) [4, 23]. У світовій структурі вірусних захворювань котів коронавірусний ентерит посідає одне з провідних місць, демонструючи значну географічну варіабельність поширення. Зокрема, за даними епізоотологічного моніторингу, його частка серед вірусних інфекцій котів становить: в Австралії – 34–54 %, Хорватії – 42 %, Чеській Республіці – 63 %, на Галапагоських та Фолклендських островах – близько 10 %, у Франції – 17 %, Німеччині – 62 %, Греції – 10–19 %, Італії – 19–51 %, Великій Британії – 20–65 %, США – 56 %, Китаї – 12,7 %, Японії – 31–67 %, Кореї – 7–14 %, Малайзії – 70–90 %. Така розбіжність показників зумовлена відмінностями у кліматичних умовах, щільності популяцій, рівні ветеринарного нагляду та інтенсивності племінного розведення [29]. Ключовою ланкою в патогенезі FIP є його імуносупресивна дія, що реалізується через пряме ураження Т-лімфоцитів та макрофагів, що призводить до порушення клітинної та гуморальної імунної відповіді [13, 20]. Ця імунодепресія не лише обумовлює прогресування FIP, але і створює сприятливі умови для реактивації латентних інфекцій або тяжкого перебігу супутніх захворювань [19].

Серед найпоширеніших коінфекцій, що супроводжують FIP, особливе місце посідає каліцивірус котів (FCV) [1, 12, 30]. Хоча FCV традиційно асоціюється з респіраторним синдромом та стоматитом, але на тлі імунодефіциту, зумовленого коронавірусною інфекцією, його перебіг може набувати особливо агресивних, системних форм [7, 27]. Важкий виразковий стоматит та гінгівіт, що не піддаються стандартній терапії, можуть бути не первинним захворюванням, а клінічним маркером глибокого пригнічення імунної відповіді, індукованого FIP [25]. Отже, виникнення коінфекції FIP та FCV формує замкнений патогенетичний цикл: FCoV пригнічує імунну систему, що призводить до неконтрольованої реплікації FCV [6], який, своєю чергою, підсилює системне запалення та інтоксикацію, ще більше погіршуючи перебіг основного захворювання – інфекційного перитоніту.

Діагностика схожих випадків вимагає комплексного підходу, що поєднує оцінку клінічних симптомів, гематологічних, біохімічних показників та результатів специфічних лабораторних тестів (ІФА, ПЛР). Комплекс лабораторних змін, що включає лейкоцитоз на тлі лімфопенії, гіперпротеїнемію, підвищення активності печінкових ферментів та інші неспецифічні маркери запалення, формує діагностичний паттерн, високоінформативний для FIP [16, 21, 26]. Однак наявність важкого стоматиту слугує критично важливим клінічним індикатором, що

вказує на можливість імунодепресивної коінфекції, яка потребує подальшої верифікації [3]. У цьому клінічному випадку розглядаються діагностичні особливості та патогенетичні взаємозв'язки хронічного вірусного імунодепресивного процесу у kota з підтвердженою коінфекцією FIP та каліцивірозу, що підкреслює важливість інтегративної оцінки лабораторних даних для вірогідної верифікації патологічного стану.

Мета дослідження

Мета роботи: проаналізувати клінічні, гематологічні та біохімічні показники, що відображають розвиток хронічного вірусного процесу у kota з підозрою на інфекційний перитоніт, та оцінити можливий зв'язок між коінфекцією каліцивірусу й активацією коронавірусної інфекції.

Завдання роботи:

- визначити клінічні, гематологічні та біохімічні зміни у kota з підозрою на інфекційний перитоніт;
- оцінити ознаки імунодепресії, характерні для хронічного вірусного процесу;
- з'ясувати можливий зв'язок між коінфекцією каліцивірусу та активацією коронавірусної інфекції.

Матеріали і методи

Об'єктом спостереження був кіт метис, 2014 року народження, масою 4,3 кг, який проходив клінічне обстеження у ветеринарній клініці «Вет Центр» («Vet+Klinika») (м. Ірпінь, Україна) 2024 року. Під час первинного огляду в лютому 2024 року власники доставили тварину зі скаргами на апатію, втрату апетиту, утруднене ковтання, галітоз, запалення ясен (*рис. 1*).



Рис. 1. Апатія у хворого kota

При клінічному обстеженні встановлено гінгівіт, стоматит, гіперемію слизових оболонок, болочість при відкриванні рота, руйнування зубів (рис. 2), і збільшення підщелепних лімфовузлів.



Рис. 2. Відсутність зубів у хворого kota

Температура тіла залишалася в межах фізіологічної норми (38,3 °C). На першому етапі (лютий 2024 року) проведений загальний клінічний аналіз крові та біохімічне дослідження для оцінки стану системи кровотворення, функцій печінки та нирок, а також наявність запальних реакцій. Другий етап діагностики був проведений у травні 2024 року, коли було виконано імуноферментний аналіз (ІФА) для виявлення антитіл до вірусу інфекційного перитоніту котів (FIPV). У вересні того ж року провели молекулярно-генетичне дослідження (ПЛР) для виявлення антигену котячого каліцивірусу, який може викликати ураження слизових оболонок і провокувати вторинні імунопатологічні стани. Гематологічні показники досліджували за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора Micro-20Plus (виробник: PZ Cormay S.A., Польща), біохімічні – на НТІ BioChem FC-120 (США) із застосуванням реактивів фірми PZ Cormay S.A. (Польща). Імуноферментний аналіз (ІФА) та полімеразну ланцюгову реакцію (ПЛР) виконували в лабораторії «BALT» (м. Київ). Візуалізаційні дослідження: УЗД хворих котів проводили апаратом LOGIO P6 PRO, рентгенографію – апаратом Univet.

Отримані результати опрацьовували з урахуванням клінічного стану тварини, що дозволило здійснити комплексну оцінку перебігу захворювання.

Під час діагностики клінічного випадку дотримувалися вимог біоетики та гуманного ставлення до тварин, що відповідає «Європейській конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986) [14], а також чинному законодавству України, зокрема Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» № 3447-IV від 21.02.2006 [31]. Усі клінічні процедури, огляд, відбір матеріалу (кров, слизова ротової порожнини тощо) здійснювали з мінімізацією дискомфорту та без заподіяння невинного болю чи страждань тварині. Власники тварини надали згоду на вико-

ристання результатів клінічного випадку в наукових публікаціях, фотографій тварини, її клички, а також інших даних, необхідних для наукової інтерпретації випадку. При цьому персональні дані власників не розголошуються, зважаючи на дотримання принципу конфіденційності.

Результати та їх обговорення

У хворого kota реєстрували гінгівіт, стоматит, випадіння зубів, гіперемію слизових, болочість при ковтанні, зниження апетиту та схуднення. Відсутність гіпертермії та стабільна загальна активність свідчили про відносно компенсований перебіг процесу, що типово для сухої форми FIP або хронічної вірусної інфекції [5].

Загальний аналіз крові демонстрував помірний лейкоцитоз ($18,8 \times 10^9/\text{л}$) з нейтрофілією (80,6 %) та відносною лімфопенією ($3,0 \times 10^9/\text{л}$), що вказує на активну запальну реакцію (табл. 1), яка може бути індукована як бактеріальною супутньою інфекцією ротової порожнини, так і вірус-опосередкованими процесами із приєднанням вторинної бактеріальної інвазії [28]. Дані рентгенографії грудної клітки kota демонструють посилення та чітку візуалізацію бронхіального малюнка, що проявляється потовщенням стінок бронхів і вираженою перибронхіальною інфільтрацією, переважно в каудальних частках легенів. Відсутність виражених альвеолярних затемнень або консолидацій свідчить на користь бронхіту без ознак пневмонії (рис. 3).



Рис. 3. Ознаки бронхіту при рентгенографії грудної клітки хворого kota, Univet

Отже, рентгенологічна картина узгоджується з лабораторними результатами та клінічними проявами, підтверджуючи запальний процес у дихальних шляхах – бронхіт у kota, ймовірно вірусно-бактеріального генезу. Помірний моноцитоз

(MID – $0,7 \times 10^9/\text{л}$, MID – 3,5 %) додатково свідчить про тривалий або субхронічний характер запалення [17, 20].

Таблиця 1

Гематологічні показники крові хворого кота (10.02.2024 р.)

Показник	Результат	Норма для котів
WBC (лейкоцити)	$18,8 \times 10^9/\text{л}$	5,5–19,5
LYM (лімфоцити)	$3,0 \times 10^9/\text{л}$	0,8–7,0
LYM (лімфоцити)	15,9%	12–45
MID (моноцити, еозинофіли, базофіли)	$0,7 \times 10^9/\text{л}$	0–1,9
MID (моноцити, еозинофіли, базофіли)	3,5%	2–9
GRA (гранулоцити)	$15,1 \times 10^9/\text{л}$	2,1–15
GRA (гранулоцити)	80,6 %	35–85
RBC (еритроцити)	$8,83 \times 10^{12}/\text{л}$	4,6–10,0
HGB (гемоглобін)	141 г/л	93–153
HCT (гематокрит)	37,5 %	28–49
MCV (середній об'єм еритроцита)	42,5 fL	39–52
MCH (середній вміст гемоглобіну в еритроциті)	16 пг	13–21
MCHC (середня концентрація гемоглобіну в еритроциті)	376 г/л	300–380
RDW-CV (коєф. варіації об'єму еритроцитів)	13,4 %	14–18
RDW-SD (стандартне відхилення об'єму еритроцитів)	29,9 fL	35–56
PLT (тромбоцити)	$323 \times 10^9/\text{л}$	100–514
MPV (середній об'єм тромбоцита)	7,9 fL	5–11,8
PDW (коєф. неоднорідності тромбоцитів)	12,9 fL	10–18
PCT (тромбокрит)	0,257 %	0,1–0,5
P-LCR (великі тромбоцити)	9,9 %	13–43

Еритроцитарні показники (RBC, HGB, HCT) – в межах фізіологічних значень, що вказує на відсутність вираженої анемії на момент дослідження. Зниження параметрів RDW-CV і RDW-SD, ймовірно, свідчить про відсутність активної регенерації еритроцитів. Тромбоцитарні показники (PLT, MPV, PDW-SD, PCT) знаходяться у межах референтних значень, однак зниження частки великих тромбоцитів (P-LCR 9,9 % – нижче референту) може свідчити про зменшення продукції нових (гігантських) тромбоцитів у кістковому мозку або про їх підвищене старіння/зношування у периферичному кровотоці. Такі результати можуть бути наслідком вірусного впливу на мегакаріоцитарний росток або системної інтоксикації [2].

Біохімічний профіль демонстрував поєднання маркерів ниркової дисфункції та виражених порушень ліпідного й ензимного обміну (табл. 2).

Таблиця 2

Біохімічні показники крові хворого кота (10.02.2024 р.)

Показник	Результат	Норма для котів
Глюкоза	7,36 ммоль/л	3–5
Загальний білок	75,9 г/л	55–75
Креатинін	273,5 мкмоль/л	80–160
Сечовина	15,2 ммоль/л	3,5–11
ГГТ	4,47 Од/л	≤5
АлАТ	51,2 Од/л	≤55
АсАТ	21,9 Од/л	≤25
Холестерин	7,36 ммоль/л	1,8–4,0
Амілаза	4547,5 Од/л	500–1650

Азотемія (креатинін – 273,5 мкмоль/л, сечовина – 15,2 мкмоль/л), ймовірно, зумовлена як преренальними факторами (дегідратація на фоні анорексії, зниження перфузії), так і власне ренальною нирковою недостатністю, деструктивними змінами в нирках (рис. 4) та ймовірного васкуліту, притаманного FIP [22], внаслідок залучення ниркової паренхіми через імуніопосередковані запальні зміни [8, 11].

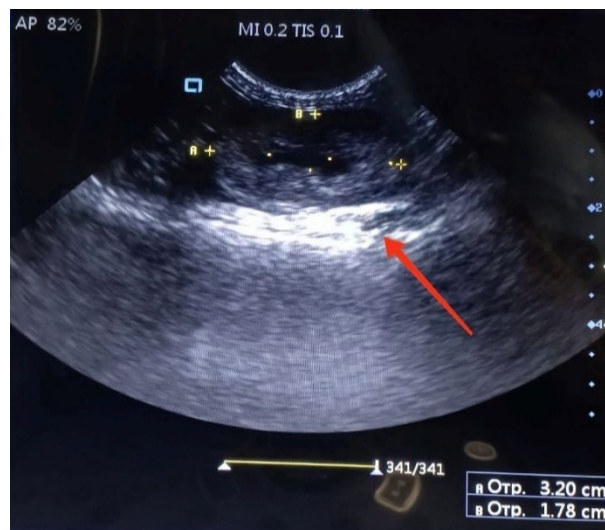


Рис. 4. Деструктивні зміни лівої нирки хворого кота, LOGIO P6 PRO

Про початкове ушкодження печінки свідчила помірна гіперферментемія: АлАТ – 51,2 Од/л та АсАТ 21,9 Од/л, а ГГТ 4,47 Од/л. Підвищена концентрація білка до верхньої межі (75,9 г/л) без ознак холестази, ймовірно, зумовлена зростанням рівня глобулінів у сироватці крові, що характерно для хронічних інфекційних або імунних процесів (FIP, FIV), де саме підвищення глобулінів і зниження співвідношення альбумін/глобуліни мають діагностичне значення [19].

Виразена гіперхолестеринемія (холестерин 7,36 ммоль/л) може бути обумовлена з FIP-пов'язаним метаболічним синдромом внаслідок змін білкового транспорту та зростанням циркуляції імунних комплексів [28].

Висока активність амілази (4547,5 Од/л) найімовірніше пов'язана не лише з можливим ушкодженням підшлункової залози, а й із порушенням ниркового кліренсу на тлі азотемії. Тому підвищення вмісту ферменту вважаємо за потенційно комбінований ефект ниркової недостатності та результат вторинного ензимного стресу комплексів [28].

У травні 2024 року були виявлені антитіла до протеїну N оболонки коронавірусу (FIP) у ІФА-дослідженні (ELISA), що підтверджувало персистенцію коронавірусної інфекції (рис. 5 А). ПЛР-тест зі змивами з носа, ротової порожнини та носоглотки, проведений у вересні цього ж року, виявив антиген каліцивірусу, який може спричиняти вторинне пригнічення імунної системи та посилювати ризик розвитку FIP (рис. 5 Б).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ / TEST RESULT

Імуноферментний аналіз інфекцій / ELISA

Пацієнт: Жорік, Кішка/Kit Метис, 2014 р.н. Стать: ♂

Замовник: Самостійно

Вет. лікар: Не вказаний;

Дата взяття матеріалу: 26.05.2024

Реєстраційний номер пацієнта: 2021.000424

Дата виконання аналізу: 28.05.2024

Показник	Результат	Референтні значення (норма)
Коронавірус котів, антитіла до протеїну N оболонки коронавірусу. За наявності мутацій коронавірусу можливий інфекційний перитоніт котів - FIP / Feline Coronavirus, antibodies (сироватка/плазма)	антитіла виявлені (+) у низькому титрі!	не виявлено

Bene diagnostica - bene curatur

Цей результат підготовлено у програмі "Доктор Елекс" (<http://doctor.eleks.com/>)

A

Лікар - лаборант Дубова К.О.



Підпис

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ / TEST RESULT

Молекулярно-генетична діагностика методом ПЛР / PCR diagnostics

Пацієнт: Жорік, Кішка/Kit Метис, 2014 р.н. Стать: ♂



Замовник: Ірпінь, Київська обл., ВК "Vet+", вул. Давидчука 42, тел.

067 732 9968, 068 444 9344, 068 666 0766

Вет. лікар: Ткачківський Степан Петрович;

Дата взяття матеріалу: 29.09.2024

Дата виконання аналізу: 04.10.2024

Реєстраційний номер пацієнта: 2021.000424

Показник	Результат	Референтні значення (норма)
Каліцивірус котів / Feline calicivirus, котів (зміви із кон'юнктиви, носа, ротоглотки, у/г' зшкріб, кал/зшкріб з прямої кишки)	(+) позитивний!	негативний

Ампліфікація виконана на апараті CFX-96 Real-Time System (BioRad). Виробництво США

Виділення ДНК/РНК проведено на станції Auto-Pure 32A (Aisheng). Виробництво Китай

Bene diagnostica - bene curatur

Цей результат підготовлено у програмі "Доктор Елекс" (<http://doctor.eleks.com/>)

Б

Лікар - лаборант Копиленко І.О.



Рис. 5. Результати імунологічного (А) та молекулярно-генетичного (Б) дослідження хворого kota

Схожі механізми описані у роботах Pedersen (2014), Kirar et al. (2014), які відзначають роль коінфекцій у перетворенні латентного FCoV на патогенну форму FIPV [18, 24].

Комплексний аналіз клінічних ознак, лабораторних даних із серологічними та молекулярно-генетичними результатами свідчить про наявність в організмі kota хронічного вірусного імунодепресивного процесу з підозрою на вірусний перитоніт котів. ІФА верифікував наявність антитіл до FIP, що відображає персистенцію коронавірусної інфекції і формування гуморальної відповіді. Позитивний результат у ПЛР на каліцивірус демонструє активну супутню вірусну інфекцію ротової порожнини, яка може як безпосередньо спричинювати виражений стоматит/гінгівіт, так і опосередковано сприяти імунній дисрегуляції (через локальне запалення, вторинну бактеріальну інвазію, та імунодепресію), що потенційно підвищує ризик мутації FCoV у FIPV та реалізації вже мутованої форми [9, 10]. Нездатність імунної системи контролювати навіть типовий патоген, як каліцивірус, розглядаються як прямий наслідок глибокої імунодепресії, індукованої FIP. Саме на тлі імунодепресивного стану, спричиненого коронавірусом, у пацієнта розвинувся агресивний виразковий стоматит, що послужив «вхідними воротами» для системного запального процесу. Тому діагноз каліцивірозу не виключав, а лише підтверджував ключову роль імуносупресії в патогенезі захворювання. Отже, системне запалення (нейтрофілія), гіперпротеїнемія, гіперхолестеринемія й азотемія створюють клініко-лабораторну картину, яку коректно трактувати як «імовірний (підозрюваний) інфекційний перитоніт сухої форми» на фоні каліцивірусної коінфекції. Цей випадок ілюструє важливість комплексної діагностики та розуміння того, що важкі коінфекції часто є маркером основного імунодепресивного стану, зумовленого FIP.

Висновки

1. Проведені клінічні, гематологічні, біохімічні та серологічні дослідження дозволили ідентифікувати хронічний вірусно-імунний процес у kota, зумовлений сухою формою інфекційного перитоніту, перебіг якого ускладнився коінфекцією з каліцивірусом.

2. Поетапне застосування діагностичних методів – від базових лабораторних аналізів до ІФА та ПЛР – виявилось ефективним для попередньої діагностики FIP навіть без прямого виявлення вірусної РНК, що підкреслює важливість комплексного підходу у клінічній ветеринарній практиці.

3. Апатія, прогресуюче виснаження, запальні процеси у ротовій порожнині, нефрит та розвиток бронхіту демонструють системний характер ураження, властивий хронічним вірусним процесам у котів, і підтверджують необхідність дослідження крові у ІФА на виявлення специфічних антитіл до коронавірусу або проведення молекулярно-генетичного аналізу тканин чи біологічних рідин для виявлення РНК вірусу, тобто остаточного підтвердження FIP.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження доцільно спрямувати на поглиблене вивчення ролі коінфекцій у розвитку ФІП, а також дослідження ефективності імуномодуючих засобів у котів із хронічними вірусними інфекціями для попередження активації коронавірусного процесу.





Конфлікт інтересів

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

References

1. Acar, G., & Bilge-Dagalp, S. (2025). Investigation of the epidemiology of calicivirus infection of cats using molecular and virus isolation techniques. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 119, 102335. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2025.102335>
2. Addie, D. D., Bellini, F., Covell-Ritchie, J., Crowe, B., Curran, S., Fosbery, M., Hills, S., Johnson, E., Johnson, C., Lloyd, S., & Jarrett, O. (2023). Stopping feline coronavirus shedding prevented feline infectious peritonitis. *Viruses*, 15(4), 818. <https://doi.org/10.3390/v15040818>
3. Marif, H., Ahmad, A., Ali, O., & Ali, B. (2024). Therapeutic management of chronic gingivostomatitis in cats. A comprehensive review. *Basrah Journal of Veterinary Research*, 23 (3), 156–169. <https://doi.org/10.23975/bjvr.2024.150461.1094>
4. Baş, T. M., Sevinç, M., & Ok, M. (2020). Kedilerin koronavirüs enfeksiyonu. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences, Covid-19 Special Issue*, 106–117. <https://doi.org/10.15312/eurasianjvetsci.2020.300>
5. Gözegir, B., Kiliçlioğlu, M., Bolat, İ., Baysal, S., & Çomaklı, S. (2023). A case of feline infectious peritonitis in Erzurum province: Macroscopic and microscopic findings. *Journal of Veterinary Case Reports*, 3 (2), 12–16.
6. Balboni, A., Bassi, P., Battilani, M., Bisemi, R., Prosperi, S., & Dondi, F. (2014). Severe, diffuse fibrinonecrotic pleuropneumonia in a cat affected by multiple viral infection. *Veterinaria Italiana*, 50 (2), 145–149.
7. Berger, A., Willi, B., Meli, M. L., Boretti, F. S., Hartnack, S., Dreyfus, A., Lutz, H., & Hofmann-Lehmann, R. (2015). Feline calicivirus and other respiratory pathogens in cats with Feline calicivirus-related symptoms and in clinically healthy cats in Switzerland. *BMC Veterinary Research*, 11 (1), 282. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0595-2>
8. Borysevych, B., & Kotliarov, E. (2022). Histological changes in the kidneys of cats that died from infectious peritonitis. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 158–164. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.19>
9. Chen, C.-H., Chang, C.-C., Chen, W.-C., & Lee, Y.-J. (2024). Evaluation of chronic stress status and quality of life in cats suffering from chronic kidney disease and suspected feline infectious peritonitis based on hair cortisol concentration analysis and a questionnaire. *Veterinary Quarterly*, 44 (1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/01652176.2024.2379327>
10. Černá, P., Lobová, D., Bubeníková, J., Vrábelová, J., Molínková, D., & Hořín, P. (2022). Shedding persistency and intensity patterns of feline coronavirus (FCoV) in feces of cats living in breeding catteries in the Czech Republic. *Research in Veterinary Science*, 152, 524–529. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.09.010>
11. Curtis, B. E., Abdo, Z., Graham, B., LaVoy, A., Evans, S. J. M., Santangelo, K., & Dean, G. A. (2024). An aptamer-based proteomic analysis of plasma from cats (*Felis catus*) with clinical feline infectious peritonitis. *Viruses*, 16 (1), 141. <https://doi.org/10.3390/v16010141>
12. Di Profio, F., Carnevale, M., Marsilio, F., Pellegrini, F., Martella, V., Di Martino, B., & Sarchese, V. (2025). Feline calicivirus infection: Current understanding and implications for control strategies. *Animals*, 15 (14), 2009. <https://doi.org/10.3390/ani15142009>
13. Drechsler, Y., Vasconcelos, E. J. R., Griggs, L. M., Diniz, P. P. V., & Collisson, E. (2020). Host gene expression of macrophages in response to feline coronavirus infection. *Cells*, 9 (6), 1431. <https://doi.org/10.3390/cells9061431>
14. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Research and Other Scientific Purposes. (1986). *Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137#Text
15. Felten, S., Klein-Richers, U., Unterer, S., Bergmann, M., Zablotski, Y., Hofmann-Lehmann, R., & Hartmann, K. (2023). Patterns of feline coronavirus shedding and associated factors in cats from breeding catteries. *Viruses*, 15 (6), 1279. <https://doi.org/10.3390/v15061279>
16. Gülersoy, E., Ok, M., Üney, K., Durgut, M. K., Parlak, T. M., & Ekici, Y. E. (2023). Intestinal injury and vasculitis biomarkers in cats with feline enteric coronavirus and effusive feline infectious peritonitis. *Veterinary Medicine and Science*, 9 (6), 2420–2429. <https://doi.org/10.1002/vms3.1299>
17. Hellemans, A., Acar, D. D., Stroobants, V. J. E., Theuns, S., Desmaret, L. M. B., & Nauwynck, H. J. (2020). A comparative study of techniques used for the diagnosis of effusive feline infectious peritonitis. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 89 (2), 100–110. <https://doi.org/10.21825/vdt.v89i2.16358>
18. Kipar, A., & Meli, M. L. (2014). Feline infectious peritonitis. *Veterinary Pathology*, 51 (2), 505–526. <https://doi.org/10.1177/0300985814522077>
19. Lakhman, A. R., Romanishina, T. A., Tkachyvs'kyi, S. P., & Galatiuk, O. Y. (2025). Theoretical aspects of the immunopathogenesis of coronavirus infection in cats. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 33 (1), e25022. <https://doi.org/10.15421/0225022>
20. Mangiaterra, S., Gavazza, A., Biagini, L., & Rossi, G. (2024). Study of macrophage activity in cats with FIP and naturally FCoV-shedding healthy cats. *Pathogens*, 13 (6), 437. <https://doi.org/10.3390/pathogens13060437>
21. Müller, T. R., Penninck, D. G., Webster, C. R., & Conrado, F. O. (2023). Abdominal ultrasonographic findings of cats with feline infectious peritonitis: an update. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 25 (12). <https://doi.org/10.1177/1098612x231216000>
22. Özbek, M., Özkan, C., Kaya, A., Yıldırım, S., Kozat, S., & Akgül, Y. (2022). Clinicopathological and biochemical evaluation of feline infectious peritonitis in Turkish van cats. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 73 (3), 4379–4388. <https://doi.org/10.12681/jhvms.27159>
23. Pedersen, N. C. (2014). An update on feline infectious peritonitis: Diagnostics and therapeutics. *The Veterinary Journal*, 201 (2), 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.04.016>
24. Pedersen, N. C., Liu, H., Scarlett, J., Leutenegger, C. M., Golovko, L., Kennedy, H., & Kamal, F. M. (2012). Feline infectious peritonitis: Role of the feline coronavirus 3c gene in intestinal tropism and pathogenicity based upon isolates from resident and adopted shelter cats. *Virus Research*, 165 (1), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.12.020>
25. Gökce, H. İ., & Sarıkaya, S. (2024). Calicivirus infections in cats. In: M. Kabu A. C. Tunç (Eds.), *Current research and treatment in Animals* (p. 57–72). Lyon: Livre de Lyon
26. Slaviero, M., Cony, F. G., da Silva, R. C., De Lorenzo, C., de Almeida, B. A., Bertolini, M., Driemeier, D., Pavarini, S. P., & Sonne, L. (2024). Pathological findings and patterns of feline infectious peritonitis in the respiratory tract of cats. *Journal of Comparative Pathology*, 210, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2024.02.001>
27. Slaviero, M., de Almeida, B. A., de Castro, L. T., Panziera, W., Pavarini, S. P., Driemeier, D., & Sonne, L. (2025). Feline herpesvirus and calicivirus: Occurrence and pathology in cats with respiratory disease. *Topics in Companion Animal Medicine*, 69, 101023. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2025.101023>
28. Stranieri, A., Scavone, D., Paltrinieri, S., Giordano, A., Bonsembiante, F., Ferro, S., Gelain, M. E., Meazzi, S., & Lauzi, S. (2020). Concordance between histology, immunohistochemistry, and RT-PCR in the diagnosis of feline infectious peritonitis. *Pathogens*, 9 (10), 852. <https://doi.org/10.3390/pathogens9100852>
29. Tkachyvs'kyi, S. P. (2024). Episotological monitoring of coronavirus enteritis in cats. *Veterinary Medicine: Inter-Departmental Subject Scientific Collection*, 110, 115–121. <https://doi.org/10.36016/vm-2024-110-17>
30. Wu, J., Liu, X., Huang, H., Ming, F., Wu, L., & Zhang, L. (2025). Identification of prevalent Feline Calicivirus strains and novel antiviral efficacy of CpG49 stimulus in Feline Calicivirus-infected cats. *International Journal of Biological Macromolecules*, 313, 144105. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.144105>
31. Pro zakhyst tvaryn vid zhorstokoho povodzhennia. Zakon Ukrainy vid 21.02.2006 № 3447-IV. Redaktsiia vid 15.11.2024. (2024). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text> [in Ukrainian]

ORCID

- S. Tkachyvs'kyi  <https://orcid.org/0009-0005-7752-5571>
O. Galatiuk  <https://orcid.org/0000-0002-9720-0660>
T. Romanishina  <https://orcid.org/0000-0003-3483-2887>
A. Lakhman  <https://orcid.org/0000-0002-3171-9734>



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

Morphological and biochemical blood parameters in rats during experimental toxocariasisI. Tokar¹ | V. Stybel² | B. Gutyj¹✉**Article info**

Correspondence Author

B. Gutyj

E-mail:

bvh@ukr.net

¹ Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Pekarska St., 50, Lviv, 79010, Ukraine

² State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Donetska Str., 11, Lviv, 79000, Ukraine

Citation: Tokar, I., Stybel, V., & Gutyj, B. (2025). Morphological and biochemical blood parameters in rats during experimental toxocariasis. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 122–126. doi: 10.31210/spi2025.28.04.17

Toxocariasis is one of the most widespread parasitic diseases, characterized by a complex pathogenesis, prolonged course, and systemic damage to the organs and tissues of the host organism. Migration of *Toxocara* larvae is accompanied by mechanical tissue injury, development of inflammatory reactions, immune disturbances, and metabolic disorders, which results in significant alterations in the functional state of the hematopoietic system and internal organs, primarily the liver. In this regard, the study of morphological and biochemical blood parameters as informative markers of pathophysiological processes under parasitic invasion conditions is of particular relevance. The aim of the study was to investigate the effect of experimental toxocariasis on morphological and biochemical blood parameters in white rats in order to assess changes in the hematopoietic system, functional state of the liver, and the nature of the inflammatory response. The study was conducted on sexually mature male white rats weighing 150–180 g, maintained under standard vivarium conditions. The animals were divided into a control group and an experimental group, with 10 individuals in each group. Rats in the experimental group were infected orally with invasive *Toxocara canis* eggs at a dose of 30 eggs per 1 g of body weight. On the 14th day after infection, blood samples were collected to determine morphological and biochemical blood parameters using generally accepted methods. The results demonstrated that the development of experimental toxocariasis in rats was accompanied by pronounced changes in the morphological composition of the blood. In particular, a significant decrease in erythrocyte count and hemoglobin level was detected, indicating the development of anemic syndrome and suppression of bone marrow hematopoietic function. Analysis of erythrocyte indices revealed an imbalance in erythropoiesis processes. At the same time, leukocytosis was observed in the blood of infected animals, accompanied by characteristic shifts in the leukogram, including a decrease in lymphocyte count, an increase in the proportion of neutrophils and monocytes, and marked eosinophilia, which is a typical feature of parasitic invasions. Biochemical studies showed that toxocariasis invasion adversely affects the functional state of the liver. In the blood of rats from the experimental group, a decrease in total protein and albumin levels was observed, indicating suppression of the protein-synthesizing function of the liver. Simultaneously, a significant increase in alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase activity was recorded, reflecting the development of cytolytic syndrome and hepatocyte damage. An increased concentration of urea in the blood of infected rats indicates the presence of an inflammatory process and disturbances in nitrogen metabolism. Thus, the development of experimental toxocariasis in white rats is accompanied by complex morphofunctional disorders of the blood system and liver, reflecting the systemic nature of the pathological process.

Keywords: parasitology, toxocariasis, *Toxocara canis*, experimental invasion, morphological blood parameters, biochemical blood parameters, liver, rats.

Морфологічні та біохімічні показники крові щурів за розвитку експериментального токсокарозуI. В. Токар¹ | В. В. Стибель² | Б. В. Гутий¹✉

¹ Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

² Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок, м. Львів, Україна

Токсокароз є одним із поширених паразитарних захворювань, що характеризується складним патогенезом, тривалим перебігом та системним ураженням органів і тканин організму хазяїна. Міграція личинок токсокар супроводжується механічним пошкодженням тканин, розвитком запальних реакцій, імунних зрушень та метаболічних порушень, що зумовлює істотні зміни функціонального стану кровотворної системи та внутрішніх органів, передусім печінки. У зв'язку з цим актуальним є вивчення морфологічних і біохімічних показників крові білих щурів з метою оцінки змін у системі кровотворення, функціонального стану печінки та характеру запальної відповіді організму. Дослідження проводили на білих статевозрілих щурах-самцях масою тіла 150–180 г, яких утримували у стандартних умовах віварію. Тварин було розподілено на контрольну та дослідну групи по 10 особин у кожній. Щурів дослідної групи інвазували інвазійними яйцями *Toxocara canis* у дозі 30 яєць на 1 г маси тіла шляхом перорального введення. На 14-ту добу після інвазування проводили відбір зразків крові для визначення морфологічних та біохімічних показників крові згідно загальноприйнятих методик. У результаті досліджень встановлено, що розвиток експериментального токсокарозу у щурів супроводжується вираженими змінами морфологічного складу крові. Зокрема, виявлено вірогідне зниження кількості еритроцитів і рівня гемоглобіну, що свідчить про розвиток анемічного синдрому та пригнічення кровотворної функції кісткового мозку. Аналіз еритроцитарних індексів вказує на дисбаланс процесів еритропоезу. Водночас у крові інвазованих тварин встановлено лейкоцитоз, що супроводжувався характерними зрушеннями у лейкограмі: зменшенням кількості лімфоцитів, збільшенням частки нейтрофілів і моноцитів та вираженою еозінофілією, що є типовою ознакою паразитарних інвазій. Біохімічні дослідження показали, що токсокарозна інвазія негативно впливає на функціональний стан печінки. У крові щурів дослідної групи встановлено зниження рівня загального протеїну та альбумінів, що свідчить про пригнічення протеїнсинтезуальної функції печінки. Одночасно відзначено вірогідне підвищення активності аланінамінотрансферази та аспартатамінотрансферази, що вказує на розвиток цитолітичного синдрому та ушкодження гепатоцитів. Зростання концентрації сечовини у крові інвазованих щурів свідчить про розвиток запального процесу та порушення азотистого обміну в організмі. Отже, розвиток експериментального токсокарозу у білих щурів супроводжується комплексними морфофункціональними порушеннями з боку системи крові та печінки, що відображає системний характер патологічного процесу.

Ключові слова: паразитологія, токсокароз, *Toxocara canis*, експериментальна інвазія, морфологічні показники крові, біохімічні показники крові, печінка, щури.

Бібліографічний опис для цитування: Токар І. В., Стибель В. В., Гутий Б. В. Морфологічні та біохімічні показники крові щурів за розвитку експериментального токсокарозу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 122–126.

Вступ

Паразитарні інвазії залишаються однією з актуальних проблем сучасної ветеринарної медицини, біології та медицини, оскільки вони широко поширені серед тварин і людини та супроводжуються значними порушеннями гомеостазу організму [1–3, 25]. Особливе місце серед нематодозів з екзогенним циклом розвитку займає токсокароз, який характеризується складним патогенезом, тривалим перебігом та системним ураженням органів і тканин [4–6, 26]. Інвазія супроводжується міграцією личинок, розвитком запальних реакцій, імунопатологічних процесів та метаболічних порушень, що зумовлює істотні зміни функціонального стану організму хазяїна [7–10, 24, 31].

Відомо, що за умов токсокарозу личинки токсокарозної інвазії мігрують різні органи та тканини, зокрема печінку, легені, серце, селезінку, м'язи та центральну нервову систему [11, 14, 18, 23]. У процесі міграції вони спричиняють механічне ушкодження тканин, а також чинять токсичну та сенсibiliзуючу дію за рахунок виділення метаболітів і продуктів розпаду [12, 15, 17]. Це призводить до активації запальних процесів, порушення функцій органів детоксикації, зсувів у системі кровотворення та розвитку імунної відповіді, що часто має алергічний характер [16, 20, 27].

Кров як одна з найчутливіших систем організму швидко реагує на вплив патогенних факторів, у тому числі паразитарної природи. Зміни морфологічних показників крові відображають стан еритропоезу, лейкопоезу та імунної реактивності організму, тоді як біохімічні показники дозволяють оцінити функціональний стан внутрішніх органів, передусім печінки, яка відіграє ключову роль у процесах детоксикації, синтезу білків плазми крові та регуляції обміну речовин. За умов паразитарних інвазій порушення протеїнсинтезувальної функції печінки, розвиток цитолітичного синдрому та зміни активності ферментів є одними з найбільш інформативних показників тяжкості патологічного процесу [28, 30].

Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених токсокарозу, питання комплексної оцінки морфологічних і біохімічних змін крові за умов експериментальної інвазії залишаються актуальними. Особливо важливим є використання лабораторних тварин як адекватної біологічної моделі для поглибленого вивчення патогенезу захворювання, що дозволяє простежити механізми розвитку анемічного синдрому, запальної реакції, імунних зрушень та функціональних порушень печінки.

У цьому контексті вивчення змін морфологічних і біохімічних показників крові білих щурів за умов експериментального токсокарозу є доцільним та науково обґрунтованим. Отримані результати сприятимуть глибшому розумінню патофізіологічних механізмів дії токсокар на організм хазяїна, а також можуть бути використані для розробки підходів до ранньої діагностики, оцінки тяжкості перебігу інвазії та ефективності лікувально-профілактичних заходів.

Мета дослідження

Дослідити вплив експериментального токсокарозу на морфофункціональний стан крові та печінки білих щурів.

Матеріали і методи

Дослідження проводилися на білих статевозрілих молодих щурах-самцях лінії Вістар масою тіла 150–180 г, яких утримували в інститутському віварії Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок. Протягом усього експерименту щурів годували збалансованим раціоном, який включав усі необхідні складові. Вони мали необмежений доступ до питної води з скляних поїлок об'ємом 0,2 літра.

Для дослідження було відібрано 20 білих нелінійних щурів-самців живою масою 150–180 г. Тварин було розділено на 2 групи по 10 особин у кожній: контрольну і дослідну. Щурів дослідної групи заражали в дозі 30 інвазійних яєць *T. canis* на 1 г маси тіла тварини. Суміш яєць в 2 % крохмальному гелі із відповідною концентрацією в об'ємі 0,2 мл вводили тваринам за допомогою металевго зонда.

Зараження тварин інвазійними яйцями проводили індивідуально, перорально за допомогою металевго зонда. Для отримання інвазійного матеріалу від токсокар виділяли яйця з калу, які в подальшому культивували у чашках Петрі в 2 %-му розчині хлористоводневої кислоти на ізотонічному розчині натрію хлориду при температурі 30 °C. Морфологічні та біохімічні показники крові щурів досліджували через 14 діб від зараження [29].

Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей (Страсбург, 1986 р.).

Статистичне опрацювання показників проводили з допомогою стандартних комп'ютерних програм (Statistica Version 6, StatSoft, Inc., SPSS Statistics 17.0) з визначенням середнього арифметичного (M) та стандартної похибки середньої арифметичної (m). В усіх випадках вірогідними вважали відмінності між групами за умови значення ймовірності $P < 0,05$ (ANOVA).

Результати та їх обговорення

За умов експериментального токсокарозу у крові щурів дослідної групи встановлено зниження кількості еритроцитів на 29,8 % ($P < 0,001$), рівня гемоглобіну – на 25,2 % ($P < 0,05$) порівняно з контрольною групою. Зменшення кількості еритроцитів і зниження рівня гемоглобіну вказує про пригнічення кровотворної функції кісткового мозку у дослідних щурів, що зумовлено впливом метаболітів личинок токсокар, а також продуктами руйнування тканин, які утворюються внаслідок їх міграції в організмі (*табл. 1*).

Таблиця 1

Морфологічні показники крові щурів за розвитку експериментального токсокарозу ($M \pm m$, $n=10$)

Показники	Групи тварин	
	контрольна	дослідна
Гемоглобін, г/л	132,4±10,7	99,1±9,3*
Еритроцити, Т/л	6,58±0,14	4,62±0,15***
Гематокрит, %	33,6±1,34	32,1±1,08
Середній вміст гемоглобіну в одному еритроциті, пг	20,12±1,24	21,45±1,26
Концентрація гемоглобіну в еритроциті, г/100 мл	39,4±1,41	30,9±1,37***
Лейкоцити, Г/л	7,82±0,36	10,68±0,55**
Лімфоцити, %	77,9±2,1	60,1±1,7***
Нейтрофіли, %	18,8±1,3	27,4±1,6***
Моноцити, %	1,36±0,05	2,85±0,06***
Еозинофіли, %	1,94±0,14	9,65±0,32***

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи – $P<0,05$ -*; $P<0,01$ -**; $P<0,001$ -***.

Щодо визначення індексів червоної крові встановлено, що середній вміст гемоглобіну в одному еритроциті вірогідно зріс на 6,8 %, тоді як концентрація гемоглобіну в еритроциті у крові щурів дослідної групи знизилася відповідно на 21,6 % ($P<0,001$) порівняно з контрольною групою. У дослідній групі щурів встановлено збільшення гематокритної величини до 32,1±1,08 %, тоді як у контрольній групі даний показник становив 33,6±1,34 %.

При дослідженні кількості лейкоцитів встановлено, що у крові тварин дослідної групи досліджувані показники зріс до 10,68±0,55 Г/л ($P<0,01$), тоді як у контрольній групі тварин даний показник становив 7,82±0,36 Г/л. Лейкоцитоз у інвазованих щурів пов'язаний із дією продуктів тканинного катаболізму, що надходять у кров при механічному пошкодженні личинками, а також із впливом токсинів паразитів, які стимулюють лейкопоз.

Проведений нами аналіз лейкограми крові білих щурів показав, що експериментальне інвазування збудником токсокарозу тварин привело до вірогідного зниження числа лімфоцитів до 50,1±1,7 % ($P<0,001$). Необхідно також відзначити що у щурів дослідної групи за розвитку експериментального токсокарозу, вірогідно зростає число нейтрофілів до 27,4±1,6 %, ($P<0,001$), моноцитів – до 2,85±0,06 % ($P<0,001$). Число еозинофілів у крові щурів дослідної групи також було високим і відповідно становило 9,65±0,32 %, тоді як у контрольній групі даний показник був значно нижчим і відповідно становив 1,94±0,14 %. Збільшення числа еозинофілів у крові дослідної групи щурів є характерним для гельмінтозів.

У щурів, заражених інвазійними яйцями токсокар, встановлено пригнічення протеїнсинтезувальної функції печінки, на що вказує зниження рівня загального протеїну у їх крові на 16,3 % ($P<0,05$) порівняно з контролем. При дослідженні рівня альбумінів у крові щурів дослідної групи встановлено аналогічні зміни, як і при дослідженнях загального протеїну. Так, рівень альбумінів у крові щурів дослідної групи знизився до 17,9±0,8 г/л ($P<0,001$), тоді як у контрольній групі даний показник

був значно вищим і відповідно становив 23,2±0,9 г/л (табл. 2).

При дослідженні функціонального стану печінки щурів за розвитку експериментального токсокарозу встановлено підвищення активності амінотрансфераз у їх сироватці крові. Так, активність аланінаміно-трансферази у сироватці крові інвазованих щурів підвищилася на 52,9 % ($P<0,001$), а активність аспартатамінотрансферази – на 29,3 % ($P<0,05$) порівняно з контрольною групою.

Таблиця 2

Біохімічні показники крові щурів за розвитку експериментального токсокарозу ($M \pm m$, $n=10$)

Показники	Групи тварин	
	контрольна	дослідна
Загальний протеїн, г/л	66,1±3,4	55,3±1,6*
Альбуміни, г/л	23,2±0,9	17,9±0,8***
АлАт, од/л	78,3±4,1	119,7±5,1***
АсАт, од/л	212,4±19,7	274,7±15,4*
ЛФ, од/л	290,3±21,6	302,6±23,5
Сечовина, Ммоль/л	5,67±0,29	6,21±0,30

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з даними контрольної групи – $P<0,05$ -*; $P<0,001$ -***.

Щодо визначення активності лужної фосфатази у сироватці крові щурів контрольної і дослідної груп встановлено, що активність ензиму дещо вищою була у щурів дослідної групи, де відповідно становила 302,6±23,5 од/л, а у сироватці крові щурів контрольної групи даний показник становив 290,3±21,6 од/л.

Концентрація сечовини у крові щурів дослідної групи за умов експериментального токсокарозу перевищувала фізіологічні величини, що було клінічною ознакою розвитку запального процесу в організмі тварин. Так, концентрація сечовини у крові інвазованих щурів зросла на 9,5 %, відносно показників контрольної групи.

Висновки

1. Експериментальний токсокароз у щурів супроводжується розвитком анемічного синдрому, що підтверджується зниженням кількості еритроцитів та рівня гемоглобіну, що вказує про пригнічення кровотворної функції кісткового мозку під впливом метаболітів личинок токсокар та продуктів тканинного катаболізму. Аналіз еритроцитарних індексів вказує на дисбаланс у системі еритропоезу. Спостерігається вірогідне зростання середнього вмісту гемоглобіну в одному еритроциті при одночасному зниженні концентрації гемоглобіну в еритроциті. В інвазованих щурів встановлено лейкоцитоз, який зумовлений стимуляцією лейкопоезу токсинами токсокар. Це супроводжується вираженими зрушеннями у лейкограмі: зниженням рівня лімфоцитів, збільшенням числа сегментоядерних нейтрофілів, моноцитів та значною еозинофілією, що є характерною ознакою паразитарних інвазій.

2. Інвазія токсокарами негативно впливає на протеїнсинтезувальну функцію печінки, що проявляється зниженням вмісту загального протеїну та рівня

альбумінів у їх крові. Біохімічні дослідження вказують на розвиток цитолітичного синдрому у печінці інвазованих шурів: активність аланін-амінотрансферази зросла на 52,9%, а аспартат-амінотрансферази – на 29,3% порівняно з контролем, що є ознакою ушкодження гепатоцитів. У шурів дослідної групи спостерігається підвищення концентрації сечовини у крові на 9,5%, що вказує на розвиток запального процесу та порушення азотистого обміну в організмі.

Конфлікт інтересів


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

References

- 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/traab177>
- Auer, H., & Walochnik, J. (2020). Toxocariasis and the clinical spectrum. *Advances in Parasitology*, 109, 111–130. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.005>
- Beirumvand, M., Rafiei, A., Razmjou, E., & Maraghi, S. (2018). Multiple zoonotic helminth infections in domestic dogs in a rural area of Khuzestan Province in Iran. *BMC Veterinary Research*, 14 (1), 224. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1529-6>
- Chidumayo, N. N. (2020). Prevalence of Toxocara in dogs and cats in Africa. *Advances in Parasitology*, 109, 861–871. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.032>
- Dantas-Torres, F. (2020). Toxocara prevalence in dogs and cats in Brazil. *Advances in Parasitology*, 109, 715–741. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.028>
- Daryani, A., Sharif, M., Amouei, A., & Gholami, S. (2009). Prevalence of Toxocara canis in stray dogs, northern Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12 (14), 1031–1035. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2009.1031.1035>
- Deplazes, P., van Knapen, F., Schweiger, A., & Overgaauw, P. A. (2011). Role of pet dogs and cats in the transmission of helminthic zoonoses in Europe, with a focus on echinococcosis and toxocarosis. *Veterinary Parasitology*, 182 (1), 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.07.014>
- Despommier, D. (2003). Toxocariasis: clinical aspects, epidemiology, medical ecology, and molecular aspects. *Clinical Microbiology Reviews*, 16 (2), 265–272. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.2.265-272.2003>
- Dietrich, C. F., Cretu, C., & Dong, Y. (2020). Imaging of toxocariasis. *Advances in Parasitology*, 109, 165–187. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.03.001>
- Fenoy, S., Ollero, M. D., Guillén, J. L., & del Aguila, C. (2001). Animal models in ocular toxocariasis. *Journal of Helminthology*, 75, 119–124.
- Fialho, P. M., & Corrêa, C. R. (2016). A Systematic review of toxocariasis: A neglected but high-prevalence disease in Brazil. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 94 (6), 1193–1199. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.15-0733>
- Jenkins, E. J. (2020). Toxocara spp. in dogs and cats in Canada. *Advances in Parasitology*, 109, 641–653. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.026>
- Ketzis, J. K., & Lucio-Forster, A. (2020). Toxocara canis and Toxocara cati in domestic dogs and cats in the United States, Mexico, Central America and the Caribbean: A review. *Advances in Parasitology*, 109, 655–714. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.027>
- Li, H. Y., Zou, Y., Elsheikha, H. M., Xu, Y., Cai, L., Xie, S. C., Zhu, X. Q., & Zheng, W. B. (2022). Lipidomic changes in the liver of beagle dogs associated with Toxocara canis infection. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12, 890589. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.890589>
- López-Osorio, S., Penagos-Tabares, F., & Chaparro-Gutiérrez, J. J. (2020). Prevalence of Toxocara spp. in dogs and cats in South America (excluding Brazil). *Advances in parasitology*, 109, 743–778. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.029>
- Mazur-Melewska, K., Mania, A., Sluzewski, W., & Figlerowicz, M. (2020). Clinical pathology of larval toxocariasis. *Advances in Parasitology*, 109, 153–163. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.004>
- Mengarda, A. C., Silva, T. C., Silva, A. S., Roquini, D. B., Fernandes, J. P. S., & de Moraes, J. (2023). Toward anthelmintic drug candidates for toxocariasis: Challenges and recent developments. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 251, 115268. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2023.115268>
- Miller, A. D. (2020). Pathology of larvae and adults in dogs and cats. *Advances in Parasitology*, 109, 537–544. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.024>
- Nicoletti, A. (2013). Toxocariasis. *Handbook of Clinical Neurology*, 114, 217–228. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53490-3.00016-9>
- Nijse, R., Ploeger, H. W., Wagenaar, J. A., & Mughini-Gras, L. (2015). 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>
- Overgaauw, P. A. (1997). Aspects of Toxocara epidemiology: toxocarosis in dogs and cats. *Critical Reviews in Microbiology*, 23 (3), 233–251. <https://doi.org/10.3109/10408419709115138>
- Overgaauw, P., & Nijse, R. (2020). Prevalence of patent Toxocara spp. infections in dogs and cats in Europe from 1994 to 2019. *Advances in Parasitology*, 109, 779–800. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.030>
- Said, W. S., Stybel, V. V., Gutyj, B. V., Pryima, O. B., & Mazur, I. Y. (2020). Protein-synthesizing function and functional state of the liver of dogs at experimental toxocariasis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 22 (98), 132–137. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9823>
- Said, W. S., Stybel, V. V., Gutyj, B. V., Pryima, O. B., Sobolta, A. G., Leskiv, K. Y., & Dytiuk, M. P. (2020). The state of the immune system of dogs in experimental toxocariasis. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 3 (3), 20–24. <https://doi.org/10.32718/ujvas-3-04>
- Stybel, V. V., Gutyj, B. V., & Said, W. S. (2021). Effect of fenbenzyl and fenbendazole on peroxide intensity oxidation of lipids in the blood of dogs in experimental toxocariasis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23 (101), 107–112. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10118>
- Stybel, V. V., Gutyj, B. V., Gufriy, D. F., Slivinska, L. G., Kushnir, I. M., Kushnir, V. I., Prijma, O. B., Said, W. S., & Guta, Z. A. (2021). The effect of fenbenzyl and fenbendazole on the morphological parameters of the blood of dogs, with experimental infestation with the pathogen Toxocariasis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23 (104), 148–155. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10424>
- Tokar, I. V., Stybel, V. V., & Gutyj, B. V. (2024). Intensity of lipid peroxidation processes in the blood of dogs infected with the causative agent of toxocariasis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (115), 64–69. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11509>
- Tokar, I. V., Stybel, V. V., Gutyj, B. V., & Honcharov, O. L. (2024). The state of the system of antioxidant protection of the body of dogs during toxocariasis invasion. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 7 (2), 60–66. <https://doi.org/10.32718/ujvas7-2-09>
- Vlizio, V. V., Fedoruk, R. S., Ratyck, I. B., Vishchur, O. I., Sharan, M. M., Vudmaska, I. V., Fedorovych, Y. I., Ostapiv, D. D., Stapai, P. V., Buchko, O. M., Hunchak, A. V., Salyha, Y. T., Stefanyshyn, O. M., Hevkan, I. I., Lesyk, Y. V., Simonov, M. R., Nevostruieva, I. V., Khomyk, M. M., Smolianinov, K. B., Havryliak, V. V., Kolsynsk, H. V., Petrukh, I. M., Broda, N. A., Luchka, I. V., Kovalchuk, I. I., Kropyvka, S. Y., Paraniak, N. M., Tkachuk, V. M., Khrabko, M. I., Shtapenko, O. V., Dzen, Y. O., Maksymovych, I. Y., Fedorovych, V. V., Yuskiv, L. L., Dolaichuk, O. P., Ivanyska, L. A., Cirko, Y. M., Kystiv, V. O., Zahrebelnyi, O. V., Simonov, R. P., Stoianovska, H. M., Kyryliv B. Y., Kuziv, M. I., Maior, K. Y., Kuzmina, N. V., Talokha, N. I., Lisna, B. B., Klymyshyn, D. O., Chokan, T. V., Kaminska, M. V., Kozak, M. R., Oliinyk, A. V., Holova, N. V., Dubynskiy, V. V., Iskra, R. Y., Ravis, Y. F., Tsepko, N. L., Kyshko, V. I., Oleksiuk, N. P., Denys, H. H., Slyvchuk, Y. I., & Martyn, Y. V. (2012). *Laboratorni metody doslidzhen' u biolohiyi, tvarynytsvi ta vetrynarniy medytsyni*. Spolom: Lviv [in Ukrainian]

30. Woodruff, A. W. (1987). Toxocariasis. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 80 (12), 785.
<https://doi.org/10.1177/014107688708001230>
31. Zheng, W. B., Zou, Y., Liu, G. H., & Zhu, X. Q. (2020). Epidemiology of *Toxocara* spp. in dogs and cats in mainland China, 2000-2019. *Advances in Parasitology*, 109, 843–860.
<https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.031>

ORCID

- I. Tokar  <https://orcid.org/0009-0005-3400-5509>
V. Stybel  <https://orcid.org/0000-0002-0285-6182>
B. Gutyj  <https://orcid.org/0000-0002-5971-8776>



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

Nutria trichurosis as a component of the parasitic community of the digestive tract of *Myocastor coypus* (Molina, 1782)

E. Mykhailiutenko[✉] | S. Mykhailiutenko

Article info

Citation: Mykhailiutenko, E., & Mykhailiutenko, S. (2025). Nutria trichurosis as a component of the parasitic community of the digestive tract of *Myocastor coypus* (Molina, 1782). *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 127–131. doi: 10.31210/spi2025.28.04.18

Correspondence Author

E. Mykhailiutenko

E-mail:

eduard.mykhailiutenko@pdau.edu.ua

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

The prospects for the development of nutria farming in Ukraine indicate the presence of an open market niche for this sector, creating favorable conditions for further growth and improvement of animal husbandry technologies. One of the main factors limiting the production of nutria products in farms of various ownership forms is the lack of stable integration links between producers, processors, trade organizations, as well as the insufficient level of veterinary services. Since nutria were first introduced into Ukraine, their population has been steadily increasing. Despite the active breeding of these animals in different regions, the parasite fauna of the domestic population remains insufficiently investigated. In the natural range of nutria, more than thirty parasite species have been recorded. The aim of this study was to determine the prevalence and specific features of parasitic infections in domestic nutria. The research was conducted in farms of the Poltava region. The main indicator of infestation in these semi-aquatic rodents was the extent of invasion (EI, %). In total, 1,438 samples collected from *Myocastor coypus* (Molina, 1782) were examined using coproscopic methods. The results of the study showed that gastrointestinal parasitoses in domestic nutria kept in farms of the Poltava region are quite widespread (34.42 %). Analysis of data across four districts revealed that EI values ranged from 20.31 % to 37.45 %. The detected parasite fauna included *Trichuris*, *Trichostrongylus*, and *Eimeria* species, with trichuriasis mono-invasion being predominant, reaching 61.47 %. A total of three types of mixed infections were detected in semi-aquatic rodents infected with *Trichuris myocastoris*, with two-component infections found in 81.55% of nutria (EI – 9.53 %), and three-component infestations in 18.45 % of nutria (EI – 2.15 %). The findings indicate the need for the implementation of systematic prevention measures against endoparasitoses in domestic nutria, as well as for continuous monitoring of their epizootic status.

Keywords: parasites, nutria, *Myocastor coypus*, trichurosis, *Trichuris myocastoris*, prevalence.

Трихуроз нутрій як компонент паразитоценозу травного тракту *Myocastor coypus* (Molina, 1782)

Е. В. Михайлютенко | С. М. Михайлютенко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Перспективи розвитку нутривництва в Україні свідчать про наявність вільної ринкової ніші для цієї галузі, що створює реальні умови для її подальшого зростання та вдосконалення технологій утримання тварин. Однією з основних причин, що обмежують виробництво продукції нутривництва в господарствах різних форм власності, є відсутність стабільних інтеграційних зв'язків між виробниками, переробниками, торговельними організаціями та належного рівня ветеринарного обслуговування. Від часу завезення нутрій в Україну їхня популяція постійно зростає. Попри активне розведення цих тварин у різних регіонах, питання паразитофауни домашньої популяції залишаються недостатньо дослідженими. У природному ареалі нутрій було зареєстровано понад тридцять видів паразитів. Метою цього дослідження було визначити поширеність та особливості структури паразитозів у домашніх нутрій. Дослідження проводили в господарствах Полтавської області. Основним показником ураження напівводних гризунів паразитами була екстенсивність інвазії (ЕІ, %). Загалом копроовоскопічно було досліджено 1438 зразків від *Myocastor coypus* (Molina, 1782). За результатами проведеної роботи встановлено, що захворювання на трихуроз шлунково-кишкового тракту у домашніх нутрій, які утримуються в господарствах Полтавської області, є досить поширеними (30,32 %). Аналіз показників за чотирма районами демонструє, що значення ЕІ варіювали в межах 20,31–37,45 %. До складу виявленої паразитофауни входять трихуриси, трихостронгілоси та еймерії, з яких домінує моноінвазія трихурою, рівень якої досягає 61,47 %. Усього було виявлено три різновиди мікстинвазій у напівводних гризунів, інвазованих *Trichuris myocastoris*, де двокомпонентні інвазії встановлено у 81,55 % нутрій (ЕІ – 9,53 %), трикомпонентні – у 18,45 % нутрій (ЕІ – 2,15 %). Отримані дані вказують на потребу впровадження системної профілактики ендопаразитозів домашніх нутрій, а також подальшого комплексного моніторингу їхнього епізоотичного стану.

Ключові слова: паразити, нутрія, *Myocastor coypus*, трихуроз, *Trichuris myocastoris*, поширення.

Бібліографічний опис для цитування: Михайлютенко Е. В., Михайлютенко С. М. Трихуроз нутрій як компонент паразитоценозу травного тракту *Myocastor coypus* (Molina, 1782). *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 127–131.

Вступ

Нутрія (*Myocastor coypus*) – напівводний травоїдний гризун, родом із Південної Америки, який нині поширений у дикій природі Європи, Азії, Африки та Північної Америки. У Європу цей вид був інтродукований переважно з метою промислового вирощування для отримання хутра та м'яса [1–3]. Нутріівництво становило важливу складову частину звірівництва, забезпечуючи населення дієтичним м'ясом, хутряною сировиною, а виробників – джерелом прибутку [4, 5].

У природних умовах нутрії заселяють береги спокійних водойм, живуть у норах та харчуються переважно прибережною рослинністю, зрідка – дрібною рибою. Завдяки високій адаптивності цей вид добре пристосовується до умов утримання у приватних господарствах. Однією з переваг вирощування нутрій є невибагливість до кормів: тварини ефективно використовують місцеві ресурси (трава, овочі, комбікорм). За сприятливих умов нутрія швидко нарощує масу тіла (до 5 кг), а її м'ясо має високу харчову цінність, що робить її привабливою для фермерських господарств [5–7].

Після перших поставок нутрій до Східної Європи, Північної, Центральної та частково Східної Азії 1928–1932 років із Аргентини, Англії та Німеччини, розведення цього виду почало активно розвиватися. Україна традиційно мала провідні позиції у виробництві продукції звірівництва, зокрема хутра та м'яса нутрії [8]. Упродовж останніх років спостерігається тенденція до зростання чисельності домашніх нутрій, що вказує на перспективність цієї галузі [6, 7].

Проте, незважаючи на поширення нутрії на території України, паразитофауна цього виду залишається недостатньо дослідженою. У природному ареалі *Myocastor coypus* виявлено значну кількість паразитів різних таксономічних груп, серед яких є збудники зоонозних захворювань [9–12]. Це актуалізує необхідність комплексного вивчення епізоотологічної ситуації та факторів, що впливають на ефективність розведення нутрій, зокрема харчування, умов утримання, ветеринарне забезпечення та ризики зараження інвазійними хворобами [13–15].

Гельмінтофауну нутрій вивчали у Японії [14–16], Італії [11, 17], Бразилії [18], США [19] та Чехії [20, 21]. За даними низки авторів, у своєму природному ареалі Південної Америки нутрія уражена 19 різними видами гельмінтів [22]. Серед збудників шлунково-кишкових нематодозів у нутрій є досить поширені нематоди, зокрема *Trichuris tyocastoris*, що трапляються у диких та домашніх нутрій (*Myocastor coypus*) [21, 23, 24]. Його вперше описав К. Енірк 1933 року, де була ще зазначена стара назва «*Trichocephalus tyocastoris*» [25]. Згодом низка авторів деталізовано вивчали морфологію *T. tyocastoris* та його патогенність [26–28]. 1975 року вчені оновили та узагальнили дані щодо збудника трихуридозу [29].

Циркуляція збудників гельмінтозів нутрій, в тому числі й *T. tyocastoris*, у Чеській Республіці підтверджена опублікованими роботами впродовж 2015 – 2025 років [20, 21]. Однак існує дефіцит

інформації про поширення ендопаразитозів нутрій в Україні. Ми у відкритому доступі до наукової інформації знайшли поодинокі публікації, присвячені паразитозам нутрій за 2010 та 2016 роки [30, 31]. Аналогічних нових вітчизняних досліджень не здійснювали на території Полтавської області.

Мета дослідження

Мета роботи полягала у встановленні особливостей перебігу трихуридозу, частки моноінвазії та мікстинвазії серед обстежених нутрій домашньої популяції.

Матеріали і методи

Дослідження проводили впродовж 2023–2025 років в науковій лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи (Полтавський державний аграрний університет). Для виявлення нутрій, інвазованих збудником трихуридозу, проводили копроовоскопію проб фекалій за флотажною методикою [32, 33]. Лабораторно досліджували нутрій різних порід та вікових груп. Встановлювали їх видовий склад за морфологічною будовою яєць гельмінтів [20, 25, 29] та ооцист [34]. Основними показниками ураження нутрій паразитами були екстенсивність інвазії (EI, %). Загалом копроовоскопічно було досліджено 1438 зразків від *Myocastor coypus* (Molina, 1782). Всі маніпуляції з піддослідними нутр'ями проведено з дотриманням етичних норм відповідно до міжнародного та українського законодавства.

Протокол поточного дослідження затверджено Етичним комітетом Полтавського державного аграрного університету (номер затвердження: № 5 2023/09).

Результати та їх обговорення

Аналіз поширення паразитів серед популяції домашніх нутрій Полтавського регіону вказує, що загальний показник ураженості становив 34,42 % (рис. 1). Ми діагностували на території чотирьох районів Полтавської області нематоди роду *Trichostrongylus* (EI=13,63 % від 1438 досліджених нутрій), *Trichuris tyocastoris* (EI=30,32 % від 1438 досліджених нутрій). Найпростіші організми родини *Eimeriidae* мали показник на рівні 6,47 %.

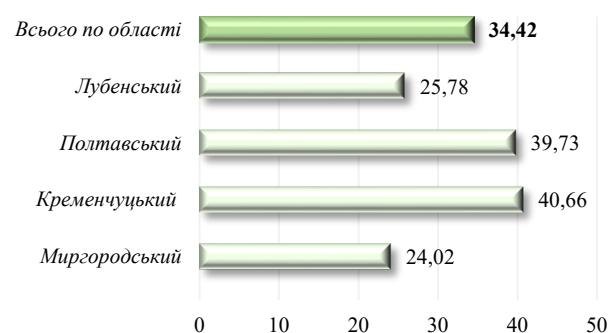


Рис. 1. Загальна ураженість домашніх нутрій різними збудниками паразитозів (EI, %)

Варто підкреслити, що результати лабораторного дослідження фекальних зразків (отриманих шляхом захиттєвої діагностики) свідчать: серед паразитарних збудників нутрій у Полтавській області найчастіше діагностували яйця трихурисів (436 голів) (рис. 2).

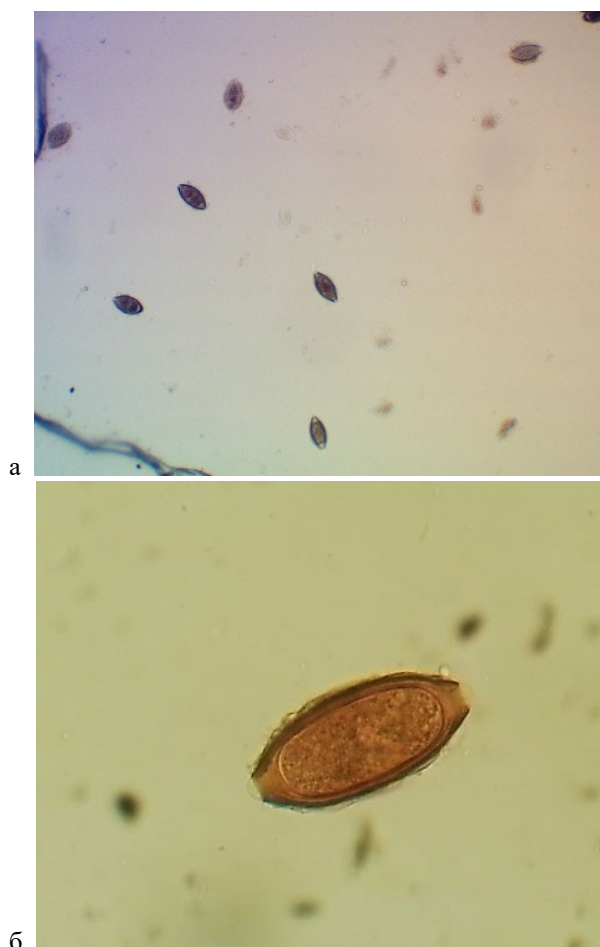


Рис. 2. Яйця трихурисів, виявлені у фекаліях домашніх нутрій: а – $\times 80$; б – $\times 400$.

Аналіз показників за окремими районами демонструє, що значення трихурозної інвазії варіювали в межах 20,31–37,45 %. Найвищий рівень інвазованості у розрізі районів був саме у Полтавському (табл. 1).

Таблиця 1

Поширення трихурозу нутрій у районах

Район	Досліджено, гол.	Інвазовано, гол.	EI, %
Кременчуцький	182	43	23,63
Лубенський	128	26	20,31
Миргородський	383	88	22,98
Полтавський	745	279	37,45
Всього	1438	436	30,32

За результатами захиттєвої діагностики фекалій напівводних гризунів на території Полтавської області встановлено, що *T. myocastoris* частіше діагностовано у вигляді моноінвазії – 61,47 % (рис. 3). Також з'ясовано, що трихуроз перебігає у вигляді

мікстінвазій разом із нематодозами та протозоозами травного тракту (EI – 11,68 %) (табл. 2).

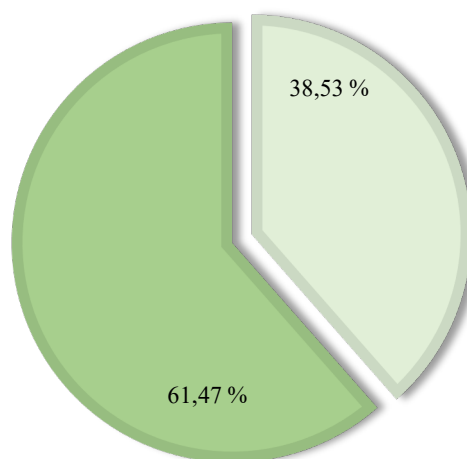


Рис. 3. Порівняння рівня моноінвазії та мікстінвазії за результатами копроовоскопічних досліджень

Таблиця 2

Особливості перебігу трихурозу нутрій

Захворювання	Досліджено, тварин	Інвазовано, тварин	EI, %
Трихуроз	1438	436	30,32
Трихурозна моноінвазія	1438	268	18,64
Трихуроз у складі мікстінвазій травного тракту	1438	168	11,68

Усього було виявлено три різновиди мікстінвазій у напівводних гризунів, інвазованих *T. myocastoris*, де двокомпонентні інвазії встановлено у 81,55 % нутрій (EI – 9,53 %), трикомпонентні – у 18,45 % нутрій (EI – 2,15 %) (табл. 3).

Таблиця 3

Різновиди мікстінвазій за наявності трихурозу у нутрій

№ з/п	Компоненти	Інвазовано, гол.	% від мікстінвазій (n=168)
1	Двокомпонентні, у т.ч.:	137	81,55
1.1	трихуриси + трихостронгілюси	109	64,88
1.2.	трихуриси + еймерії	28	16,67
2	Трикомпонентні, у т.ч.:	31	18,45
2.1.	трихуриси + еймерії + трихостронгілюси	31	18,45

Наукові публікації свідчать, що паразитарні захворювання нутрій дуже поширені у господарствах багатьох країн світу. Рівень їх ураженості варіює залежно від вікової групи тварин, особливостей популяції, умов та технології утримання, а також сезону. Наприклад, результати досліджень у Чехії продемонстрували, що дикі нутрії заражені значно менше, ніж особини, які утримуються в неволі. Аналіз фекалій фермерських нутрій показав наявність таких овооскопічних елементів, як *Trichuris spp.*, *Strongyloides spp.*, *Trichostrongylus spp.*, *Eimeria seidelli*,

E. nutriae, *E. coypu* та *E. myopotami*, які є видо-специфічними паразитами нутрій як дефінітивного хазяїна. У вільноживучих (дикої популяції) гризунів виявляли переважно *E. nutriae*, *E. coypu*, *Strongyloides spp.*, а поодинокі – *Trichuris spp.* При цьому рівень ураження трихурозом становив 57,0 % у тварин у неволі проти лише 5,0 % у диких нутрій [23].

У Польщі нутрій найчастіше уражали нематоди (28,5 %), серед яких домінували *T. myocastoris* та *Strongyloides myopotami* [35]. За результатами одного з найновіших досліджень паразитофауни нутрій у Чеській Республіці встановлено циркуляцію шести видів збудників у восьми точках басейну річки Морава. Найчастіше траплялися *S. myopotami* (78,3 %) та *T. myocastoris* (37,0 %). Водночас проводили дослідження на 46 трупах нутрій методом стандартного патологоанатомічного розтину, а також із застосуванням копрологічних і молекулярних методів. Додатково реєстрували *Echinococcus multilocularis*, *Echinostoma sp.* та представника родини *Psilostomidae* [20]. У більшості джерел зазначено, що гельмінтози у нутрій часто ускладнюються еймеріозом [11, 22]. Слід зазначити, що у роботі вчених описано циркуляцію в Північній Італії таких нематод, як *S. myopotami* (63,4 %), *Trichostrongylus duretteae* (28,1 %), а також еймерій *E. coypu* (86,3 %) та *E. seideli* (6,8 %). Трихурисів при цьому не було виявлено [11].

Дослідження фекалій нутрій у Сумській області в Україні засвідчили наявність яєць гельмінтів роду *Trichuris* (100,0 % інвазованості), *Strongyloides* (80,0 %), *Ascaris* (20,0 %) та ооцист *Eimeria* (81,7 %). Найвищу інтенсивність ураження трихурозом реєстрували саме в аматорських господарствах регіону [31].

Висновки

Результати проведених досліджень свідчать, що паразитози шлунково-кишкового тракту домашніх нутрій у господарствах Полтавської області мають значне поширення (34,42 %). Середній рівень екстенсивності саме трихурозної інвазії в Полтавському регіоні становить 30,32 %. Гельмінтофауна представлена трихурисами, трихостронгілосами й еймеріями, з переважанням трихурозної моноінвазії з показником 61,47 %.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Pedruzzi, L., Schertler, A., Giuntini, S., Leggiero, I., & Mori, E. (2022). An update on the distribution of the coypu, *Myocastor coypus*, in Asia and Africa through published literature, citizen-science and online platforms. *Mammalian Biology*, 102 (1), 109–118. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00207-1>
2. Viviano, A., De Meo, I., Mori, E., Sergiacomi, C., & Paletto, A. (2024). Public perception and acceptance of coypu *Myocastor coypus* removal in urban areas: influences of age and education. *The Science of Nature*, 111 (5), 42. <https://doi.org/10.1007/s00114-024-01928-2>

3. Saadoun, A., & Cabrera, M. C. (2019). A review of productive parameters, nutritive value and technological characteristics of farmed nutria meat (*Myocastor coypus*). *Meat Science*, 148, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.006>
4. Valle Nunes, A., Guariento, R. D., Santos, B. A., & Fischer, E. (2019). Wild meat sharing among non-indigenous people in the southwestern Amazon. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 73 (2), 10. <https://doi.org/10.1007/s00265-018-2628-x>
5. El Bizri, H. R., Morcatty, T. Q., Valsecchi, J., Mayor, P., Ribeiro, J. E. S., Vasconcelos Neto, C. F. A., Oliveira, J. S., Furtado, K. M., Ferreira, U. C., Miranda, C. F. S., Silva, C. H., Lopes, V. L., Lopes, G. P., Florindo, C. C. F., Chagas, R. C., Nijman, V., & Fa, J. E. (2019). Urban wild meat consumption and trade in central Amazonia. *Conservation Biology*, 34 (2), 438–448. Portico. <https://doi.org/10.1111/cobi.13420>
6. Levchenko, M. V. (2024). Nutria meat for the production of sausage products. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 2, 147–153. <https://doi.org/10.32782/tmv-tech.2024.2.16>
7. Garlinska, A., Romaniuk, N., Alpatova, O., & Vlasenko, R. (2018). Osoblyvosti rozmnozhenia ta zhyvlennia nutrii (*Myocastor coypus*) na Zhytomyrshchyni. *Naukovyi Visnyk Shkhidnoevropeiskoho Natsionalnoho Universytetu Imeni Lesi Ukrainky: Seriya: Biolohichni Nauky*, 7 (356), 150–153. [in Ukrainian]
8. Pavlenko, O. S. (2015). Sotsialno-ekonomichni tendentsii rozvytku nutrievnystva. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnogo Ahrono-Ekonomichnoho Universytetu*, 1, 130–134. [in Ukrainian]
9. Gayo, V., Cuervo, P., Rosadilla, D., Birriel, S., Dell'Oca, L., Trelles, A., Cuore, U., & Sierra, R. M. (2011). Natural *Fasciola hepatica* infection in nutria (*Myocastor coypus*) in Uruguay. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 42 (2), 354–356. <https://doi.org/10.1638/2010-0226.1>
10. Jones, K. R. (2022). Update of cestodes parasitizing neotropical hystricomorphic rodent. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 885678. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.885678>
11. Zanani, S. A., Cerbo, A. D., Gazzonis, A. L., Epis, S., Invernizzi, A., Tagliabue, S., & Manfredi, M. T. (2016). Parasitic and bacterial infections of *Myocastor coypus* in a metropolitan area of Northwestern Italy. *Journal of Wildlife Diseases*, 52 (1), 126–130. <https://doi.org/10.7589/2015-01-010>
12. Ježková, J., Limpouchová, Z., Prediger, J., Holubová, N., Sak, B., Konečný, R., Květoňová, D., Hlásková, L., Rost, M., McEvoy, J., Rajský, D., Feng, Y., & Kváč, M. (2021). *Cryptosporidium myocastoris* n. sp. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae), the species adapted to the nutria (*Myocastor coypus*). *Microorganisms*, 9 (4), 813. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040813>
13. Tardieu, L., Adogwa, A. O., & Garcia, G. W. (2017). *Didelphis* species, neotropical animals with the potential for intensive production: Part 1. Review of taxonomy, natural history, general biology, animal behaviour, and nutrition. *Tropical Agriculture*, 94 (2), 157–174.
14. Ouchi, S., Koda, R., Ishizuka, Y., Ikemoto, S., Sakata, M., Iwaida, S., Shibahara, T., Hinenoya, A., Uni, S., Sasai, K., & Matsubayashi, M. (2025). Morphological identification and phylogenetic analysis of *Eimeria coypu* and *Eimeria fluviatilis* (Apicomplexa: Eimeriidae) isolated from nutrias (*Myocastor coypus* [Rodentia]) in Japan. *Systematic Parasitology*, 102 (1), 18. <https://doi.org/10.1007/s11230-025-10216-0>
15. Asakawa, M., Sato, M., Sone, K., Tatsuzawa, S., & Oda, S. (2009). Further helminthological survey on alien rodents, coypu (*Myocastor coypus*: Myocastoridae), in Aichi and Hyogo Prefectures, Japan. *Journal of Rakuno Gakuen University*, 33, 291–292.
16. Matsudate, H., Miyoshi, Y., Tamura, N., Murata, K., Maruyama, S., Kimura, J., Nogami, S., Maeda, K., Fukumoto, Y., Akasako, R., & Asakawa, M. (2003). A survey of the parasitic helminths of alien rodents (belly-banded squirrel *Callosciurus erythraeus* and nutria *Myocastor coypus*) in Japan. *Japanese Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 8 (1), 63–67. <https://doi.org/10.5686/jjzwm.8.63>
17. Nicoletti, A., Pregel, P., Starvaggi Cucuzza, L., Bollo, E., & Scaglione, F. E. (2024). A health status update of *Myocastor coypus* in Northern Italy. *Animals*, 14 (2), 245. <https://doi.org/10.3390/ani14020245>
18. Benati, D., Duarte Moraes, M. F., Lux Hoppe, E. G., Hairton Tealdi, J., Nascif Júnior, I. A., & Da Costa Freitas, F. L. (2017). Helminths de nutria *Myocastor coypus* (Rodentia: Myocastoridae) en la mata de araucarias, Brasil. *Neotropical Helminthology*, 11(2), 377–386. <https://doi.org/10.24039/nh2017112712>

19. Babero, B. B., & Lee, J. W. (1961). Studies on the helminths of nutria, *Myocastor coypus* (Molina), in Louisiana with check-list of other worm parasites from this host. *The Journal of Parasitology*, 47 (3), 378. <https://doi.org/10.2307/3275359>
20. Benovics, M., Nosková, E., Klimešová, A., Škorpíková, L., Jaššová, E., Drimaj, J., Slováček, J., & Mikulka, O. (2024). Helminth diversity of nutria (*Myocastor coypus*) across the Morava basin in the Czech Republic. *Parasitology*, 152 (1), 61–71. <https://doi.org/10.1017/s0031182024001628>
21. Rylková, K., Tůmová, E., Brožová, A., Jankovská, I., Vadlejch, J., Čadková, Z., Frýdlová, J., Peřínková, P., Langrová, I., Chodová, D., Nechybová, S., & Scháňková, Š. (2015). Genetic and morphological characterization of *Trichuris myocastoris* found in *Myocastor coypus* in the Czech Republic. *Parasitology Research*, 114 (11), 3969–3975. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4623-8>
22. Martino, P., Radman, N., Parrado, E., Bautista, E., Cisterna, C., Silvestrini, M., & Corba, S. (2012). Note on the occurrence of parasites of the wild nutria (*Myocastor coypus*, Molina, 1782). *Helminthologia*, 49 (3), 164–168. <https://doi.org/10.2478/s11687-012-0033-y>
23. Nechybová, S., Langrová, I., & Tůmová, E. (2018). Parasites of *Myocastor coypus* – a comparison in farm animals and their feral counterparts. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 49 (1), 21–25. <https://doi.org/10.2478/sab-2018-0004>
24. Mykhailiutenko, E. V., & Kruchynenko, O. V. (2024). Biochemical parameters of blood internally during trichurosis invasion. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (114), 178–183. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11426>
25. Enigk, K. (1933). Einige nematoden aus der nutria. *Zeitschrift Für Parasitenkunde*, 6 (3), 326–331. <https://doi.org/10.1007/bf02121951>
26. Wright, K. A. (1968). Structure of the bacillary band of *Trichuris myocastoris*. *The Journal of Parasitology*, 54 (6), 1106. <https://doi.org/10.2307/3276973>
27. Wright, K. A. (1972). The fine structure of the esophagus of some trichuroid nematodes. I. The stichosome of *Capillaria hepatica*, *Trichuris myocastoris*, and *Trichuris vulpis*. *Canadian Journal of Zoology*, 50 (3), 319–324. <https://doi.org/10.1139/z72-043>
28. Jacob, E. (1947). On the pathogenicity of *Trichuris myocastoris*, the swamp beaver's whipworm (Nutria). *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, (2), 19.
29. Baruš, V., Madjumdar, G., & Mikailov, T. K. (1975). Morphology and taxonomy of *Trichocephalus myocastoris* (Enigk, 1933). *Folia Parasitologica*, 22, 207–213.
30. Prusakova, O. O., & Mazannyi, O. V. (2010). Rezultaty parazytologichnoho doslidzhennia nutrii na eimerioz pry klitkovo-mu ta pidlohovomu utrymanni u pryvatnykh gospodarst-vakh Kharkivskoi oblasti. *Veterynarna Medytsyna*, 93, 331–334. [in Ukrainian]
31. Osadcha, D. O., & Zon, H. A. (2016). Analiz hematologichnoho ta biokhimichnoho doslidzhen za asotsiovanoho perebihu helmintoziv ta eimeriozu nutrii. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Serii: Veterynarna Medytsyna*, 6 (38), 152–155. [in Ukrainian]
32. Trach, V. N. (1992). *Recommendations for the use of a new method for recording helminth eggs and protozoan cysts in animal feces*. Kyiv.
33. Mykhailiutenko, E. V., Mykhailiutenko, S. M., Kuzmenko, L. M., & Ivanov, O. M. (2025). Utility model patents No 159633. UA. Method for quantitative copro-ovoscopic examination of nutria trichuriasis. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1861712/>
34. Lewis, D. C., & Ball, S. J. (1984). *Eimeria fluviatilis* n.sp and other species of *Eimeria* in wild coypus in England. *Systematic Parasitology*, 6 (3), 191–198. <https://doi.org/10.1007/bf00009227>
35. Scheuring, W. (1990). Examination of the intestinal parasite fauna of nutria (*Myocastor coypus*, Molina 1782) from enclosed breeding units with particular reference to coccidia. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wroclawiu*, 81. [in Polish]

ORCID

E. Mykhailiutenko 

<https://orcid.org/0009-0005-5581-636X>

S. Mykhailiutenko 

<https://orcid.org/0000-0001-6634-1244>



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

Antibacterial activity of ethanolic clove *Syzygium aromaticum* extract against multidrug-resistant gram-negative bacteria

Amaal M. Khudaier✉

Article info

Correspondence Author

A. M. Khudaier

E-mail:

amaal.m@uokerbala.edu.iqCollege of Veterinary
Medicine, University of
Kerbala,
Karbala, 56001, Iraq

Citation: Khudaier, Amaal, M. (2025). Antibacterial activity of ethanolic clove *Syzygium aromaticum* extract against multidrug-resistant gram-negative bacteria. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 132–135. doi: 10.31210/spi2025.28.04.19

The development of multidrug-resistant (MDR) bacteria is a significant global health concern, making the search for novel antimicrobial drugs crucial. Eugenol, a phenolic compound found in high concentration in *Syzygium aromaticum* (clove), is well known for its broad-spectrum antibacterial properties. The study aimed to evaluate the antibacterial activity of ethanolic clove *Syzygium aromaticum* extract against multidrug-resistant Gram-negative bacteria (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumoniae*). Bacterial isolates (*E. coli*, *K. pneumoniae*, and *P. aeruginosa*) were obtained from animal with infectious diseases and subsequently confirmed by cultivation on several plates of solidified agar media and incubation at 37 °C for 24 hours. Clove powder was processed into ethanolic extracts using standard maceration and evaporation techniques. Four concentrations of antibacterial activity (50 %, 25 %, 12.5 %, and 6.25 %) were tested using the agar well diffusion method. The results showed a concentration-dependent inhibitory effect, with the highest inhibition zones observed at 50 % concentration: *E. coli* (25 mm), *P. aeruginosa* (24 mm), and *K. pneumoniae* (20 mm). No inhibitory activity was observed at the 6.25 % concentration. Among the three microorganisms studied, the *E. coli* test culture demonstrated the highest sensitivity to ethanolic clove extract at concentrations of 12.5, 25.0, and 50.0 %, with growth inhibition zones of 16.0, 21.0 and 25.0 mm, respectively. In contrast, *K. pneumoniae* demonstrated the smallest inhibition zone (20 mm) at the highest extract concentration (50 %). Furthermore, research indicates that the combined use of clove extract with conventional antibiotics may result in a synergistic antibacterial effect. In conclusion, clove extract shows encouraging antibacterial activity against MDR Gram-negative bacteria and warrants further research for potential medical application.

Keywords: *Syzygium aromaticum*, clove extract, antibacterial activity, multidrug-resistant bacteria, eugenol, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*.

Антибактеріальна активність екстракту гвоздики *Syzygium aromaticum* відносно грамнегативних мультирезистентних штамів бактерій

Амаал М. Худаср

Коледж ветеринарної
медицини, Університет
Кербели,
провінція Кербела, Ірак

Поява мультирезистентних штамів бактерій є глобальною проблемою як гуманної, так і ветеринарної медицини, що робить пошук нових антимікробних препаратів та речовин різного походження надзвичайно важливим. Однією з таких речовин є евгенол. Як відомо, евгенол – це фенольна сполука, що міститься у високій концентрації в *Syzygium aromaticum* (гвоздиці), яка має антибактеріальні властивості широкого спектра дії. Тому, метою дослідження було оцінити антибактеріальну активність етанольного екстракту гвоздики *Syzygium aromaticum* відносно грамнегативних бактерій з множинною лікарською стійкістю (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* та *Klebsiella pneumoniae*). Бактеріальні ізоляти для дослідів (*E. coli*, *K. pneumoniae* та *P. aeruginosa*) були отримані від тварин з інфекційними захворюваннями. Екстракт гвоздики отримували з порошку рослини за допомогою стандартних методів мацерації та випаровування. У дослідженнях протестовано чотири концентрації екстракту (50,0 %, 25,0 %, 12,5 % та 6,25 %) за допомогою методу дифузії в агар (метод «колодязів»). Результати показали концентраційно-залежний інгібуєчий ефект екстракту отриманого з *Syzygium aromaticum*. Найвищі зони інгібування зафіксовано за використання екстракту в 50,0 % концентрації: *E. coli* (25,0 мм), *P. aeruginosa* (24 мм) та *K. pneumoniae* (20 мм). Серед трьох досліджених мікроорганізмів культура *E. coli* продемонструвала найвищу чутливість до виготовленого екстракту гвоздики за концентрацій 12,5 %, 25,0 % та 50,0 % із зонами інгібування росту 16,0, 21,0 та 25,0 мм відповідно. Водночас, *K. pneumoniae* продемонструвала найменшу зону інгібування (20 мм) при найвищій концентрації екстракту (50,0 %). Таким чином, екстракт гвоздики володіє вираженою антибактеріальною активністю щодо мультирезистентних грамнегативних бактерій, що робить його перспективним у використанні й потребує подальших досліджень.

Ключові слова: *Syzygium aromaticum*, екстракт гвоздики, антибактеріальна активність, мультирезистентні бактерії, евгенол, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*.

Бібліографічний опис для цитування: Худаср Амаал М. Антибактеріальна активність екстракту гвоздики *Syzygium aromaticum* відносно грамнегативних мультирезистентних штамів бактерій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 132–135.

Introduction

Multidrug-resistant bacteria are a major cause of mortality associated with infectious diseases, particularly in developing countries [1]. *Syzygium aromaticum* antibacterial, antioxidant, anti-cancer, anti-inflammatory, and anti-diabetic qualities made it significant in medicine [2]. Known more commonly as clove, *Syzygium aromaticum* (family: *Myrtaceae*) is native to the Indonesian islands.

Eugenol is the main component of Clove Essential Oil Composition (CEO), accounting for at least half of the more than 30 compounds that have been identified. Humulene, eugenyl acetate, and caryophyllene make approximately 10 % to 40 % of the residual material. The remaining components are regarded as minor elements because they are present in minor amounts (<10 %) [3]. Due to their antibacterial, antifungal, anti-inflammatory, insecticidal, and antioxidant qualities, as well as their historical use as a flavoring agent and antimicrobial substance in food, the high concentration of eugenol in leaf and bud oil makes it potentially useful in medications [4].

Eugenol, the primary phenolic compound in clove, exhibits multiple antibacterial mechanisms, including disruption of bacterial cell membranes, increased membrane permeability, protein denaturation, and inhibition of biofilm formation [5]. According to reports, they eradicate bacteria without encouraging the growth of resistance [6]. Alternatives to traditional antibiotics must be found immediately since antibiotic-resistant bacteria are becoming more and more common. Potential uses for plant-derived substances (PDSs) include both antibacterial and antibiotic resistance modulation [7]. Clove essential oil and extracts exhibit significant activity against *Pseudomonas aeruginosa*, a multidrug-resistant pathogen [8]. In tropical Asia, clove has traditionally been used to treat various diseases, including cholera, malaria, and tuberculosis. Comparative studies have shown its inhibitory effect on clinical strains of *P. aeruginosa*, as well as its use in the treatment of nausea and vomiting [9].

The aim of the study

The study aimed to establish the antibacterial activity of ethanolic clove *Syzygium aromaticum* extract against multidrug-resistant Gram-negative bacteria (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*).

Materials and methods

Extraction of Plant Material

Two hundred fifty milliliters of sterile distilled water were used to dissolve 25 grams of the finely powdered *S. aromaticum* in order to reach a dilution ratio of 1 : 10 (1 g/10 ml). To get the same dilution ratio, another 25 grams of the powder were dissolved in 250 milliliters of 95 % ethanol. The mixtures were shaken intermittently for three days [10]. The solutions were filtered using

Whatman No. 1 filter paper. The crude ethanolic extracts of *S. aromaticum* were collected, filtered, evaporated in a water bath, and stored at 4 °C until further analysis [11].

Collection of test isolates

The bacterial species used in this study were *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Pseudomonas aeruginosa*. The isolates were obtained from animals with infectious diseases and confirmed by culturing on solid agar media followed by incubation at 37 °C for 24 h. A biochemical reaction was then carried out for further identification and confirmation after the colonies had been inspected macroscopically for colonial traits and microscopically using Gram's stain [12].

Standardization of Inoculum

Colonies from overnight cultures of the test organisms were transferred using a sterile inoculating loop into tubes containing approximately 2.0 mL of sterile normal saline (0.9%). The turbidity was adjusted to match the 0.5 McFarland standard [13].

Extract Working Concentrations Preparation

The greatest stock concentration, 100 mg/mL, was obtained by dissolving one gram of the crude extract in ten milliliters of 2 % Dimethyl Sulfoxide (DMSO) in a test tube. Serial dilutions were prepared using distilled water to obtain concentrations of 100, 50, 25, 12.5, and 6.25 mg/mL.

Determination of Antibacterial Activity

The antibacterial effectiveness of the *S. aromaticum* extracts was assessed using the agar well diffusion method, which was initially demonstrated by [13]. A sterile swab was used to inoculate the Mueller-Hinton agar with the modified bacterial suspensions after it had been prepared and solidified. After that, the agar was allowed to stand for 15 minutes. Then, four 4 mm wells were drilled using a sterile cork tool. The ethanol extract was added to 0.2 milliliters at varying doses (50, 25, 12, and 6.25 milligrams per milliliter). Plates were incubated at 37 °C for 24 h. Antibacterial activity was evaluated by measuring the diameter of inhibition zones (mm).

Results and discussion

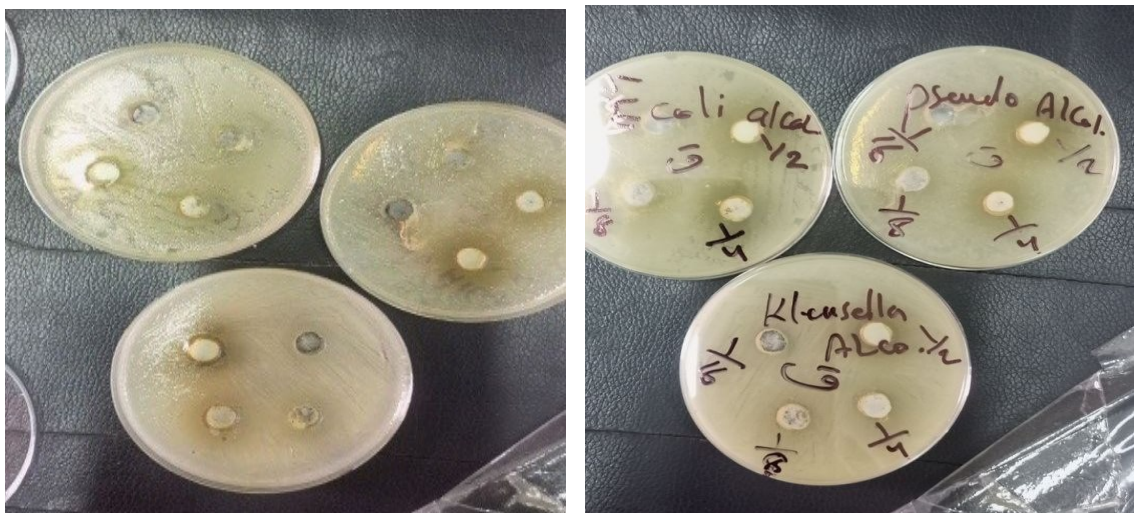
The study's findings demonstrated that the ethanolic extract of cloves (*Syzygium aromaticum*) exhibited concentration-dependent antibacterial activity. The inhibition zones were highest at 50%, followed by 25 % and 12.5 %, while no inhibition was observed at 6.25 % (**Table 1** and **Fig. 1**).

This aligns with the findings of [14], who reported a similar trend where higher concentrations of clove extract produced significantly larger inhibition zones against *E. coli*, *P. aeruginosa*, and *Salmonella* species. Their study showed inhibition zones up to 27 mm using ethanolic extract concentrations ranging from 100 to 500 mg/mL.

Table 1

Diameter of inhibition zones produced by ethanolic clove extract against test isolates

Test isolates	Concentration ethanolic extract of cloves, %				Mean±SD
	50.0	25.0	12.5	6.25	
<i>Escherichia coli</i>	25 mm	21 mm	16 mm	0	15.50 ± 10.37
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	20 mm	18 mm	15 mm	0	13.25 ± 8.38
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	24 mm	17 mm	15 mm	0	14,00 ± 9.71

**Fig. 1.** showed the Clove ethanol extract's inhibitory zone in relation to the test isolates

Among the tested bacteria, *E. coli* showed the highest sensitivity (25 mm at 50%), followed by *P. aeruginosa* (24 mm) and *K. pneumoniae* (20 mm). These results align with previous studies [15], which found that *E. coli* and *P. aeruginosa* were significantly inhibited by clove extract with inhibition zones between 18–26 mm at higher concentrations.

The antibacterial activity of clove is mainly attributed to its bioactive constituents, particularly eugenol, which disrupts bacterial membranes, inhibits enzyme activity, and impairs biofilm formation. Eugenol has been shown to inhibit fimbrial gene expression and curli formation in *E. coli*, significantly reducing bacterial adhesion [16]. In *P. aeruginosa*, clove extract interferes with quorum-sensing pathways essential for virulence and biofilm production [17].

In addition, recent studies also indicate synergistic effects when clove extract is combined with conventional antibiotics. The combination of clove extract with imipenem or amoxicillin–clavulanic acid significantly reduced the minimum inhibitory concentration (MIC) against multidrug-resistant *P. aeruginosa*, suggesting its potential role as an adjuvant therapy [18–20]. Overall, the data suggest that clove extract holds promising antibacterial potential, particularly against Gram-negative pathogens. The findings encourage more research into its mechanisms of action and potential therapeutic uses, as well as supporting earlier investigations.

Conclusions

Studies have shown that clove extract exhibits pronounced antibacterial activity against multidrug-resistant Gram-negative bacteria. It was found that the

expression of antimicrobial properties depends on the concentration of the ethanolic extract of cloves. The largest inhibition zones were observed at 50% concentration: *E. coli* (25 mm), *P. aeruginosa* (24 mm), and *K. pneumoniae* (20 mm). At 6.25%, no inhibition was observed. Among the three microorganisms studied, the *E. coli* test culture demonstrated the highest sensitivity to ethanolic clove extract at concentrations of 12.5, 25.0, and 50.0%, with growth inhibition zones of 16.0, 21.0 and 25.0 mm, respectively.

Conflict of interest

The author state that there is no conflict of interest.

References

1. Taati Moghadam, M., Khoshbayan, A., Chegini, Z., Farahani, I., & Shariati, A. (2020). Bacteriophages, a new therapeutic solution for inhibiting multidrug-resistant bacteria causing wound infection: lesson from animal models and clinical trials. *Drug Design, Development and Therapy*, 14, 1867–1883. <https://doi.org/10.2147/dddt.s251171>
2. Lau, K. Y., & Rukayadi, Y. (2015). Screening of tropical medicinal plants for sporicidal activity. *International Food Research Journal*, 22 (1), 421–425.
3. Haro-González, J. N., Castillo-Herrera, G. A., Martínez-Velázquez, M., & Espinosa-Andrews, H. (2021). Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): Extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. *Molecules*, 26 (21), 6387. <https://doi.org/10.3390/molecules26216387>
4. Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, A. J., Egido, J., & Marm, S. (2003). Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. *International Journal of Food Microbiology*, 89 (2–3), 145–154. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(03\)00116-8](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(03)00116-8)

5. Elbestawy, M. K. M., El-Sherbiny, G. M., & Moghannem, S. A. (2023). Antibacterial, antibiofilm and anti-inflammatory activities of eugenol clove essential oil against resistant *Helicobacter pylori*. *Molecules*, 28 (6), 2448. <https://doi.org/10.3390/molecules28062448>
6. Kavanaugh, N. L., & Ribbeck, K. (2012). Selected Antimicrobial essential oils eradicate *Pseudomonas* spp. and *Staphylococcus aureus* biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*, 78 (11), 4057–4061. <https://doi.org/10.1128/aem.07499-11>
7. Al-Tawalbeh, D. M., Alawneh, J. M., Momani, W., & Mayyas, A. (2025). Comparative antibacterial activity of clove extract against *Pseudomonas aeruginosa*. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 25 (1), 7. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04740-7>
8. Garba, L., Lawan, H. S., Puma, H. U., Abdullahi, M. M., Yusuf, I., & Mukhtar, M. D. (2019). Phytochemical screening and *in vitro* bacteriostatic effects of *Syzygium aromaticum* (clove) extracts on clinical bacterial isolates. *Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology*, 7 (1), 5–9. <https://doi.org/10.54987/jobimb.v7i1.445>
9. Oteng Mintah, S., Asafo-Agyei, T., Archer, M.-A., Atta-Adjei Junior, P., Boamah, D., Kumadoh, D., Appiah, A., Ocloo, A., Duah Boaky, Y., & Agyare, C. (2019). Medicinal plants for treatment of prevalent diseases. *Pharmacognosy - Medicinal Plants*, 17, 1–9. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82049>
10. Kubmarawa, D., Khan, M. E., & Shuaibu, A. (2012). Comparative phytochemical screening and biological evaluation of n-hexane and water extracts of *Acacia tortilis*. *Research in Pharmaceutical Biotechnology*, 4 (2), 18–23. <https://doi.org/10.5897/rpb11.029>
11. Sanusi, S. B., Audu, Y., Hamza, I., Usman, A., & Makama, P. (2019). Phytochemical analysis and antibacterial activities of ginger (*Zingiber officinale*) collected from different parts of Kaduna state against selected bacteria isolated from wound. *Science World Journal*, 14 (4), 62–65.
12. Chesebrough, M. (2005). *Medical laboratory manual for tropical countries. Part 2. Second Edition*. New York: Cambridge University Press
13. Sanusi, S. B., Lawal, S. M., Usman, A., Musa, F. M., & Ardo, B. (2022). Phytochemical analysis and antibacterial activity of stem bark extracts of *Detarium microcarpum* against bacteria causing gastrointestinal tract infections in humans. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 8 (1b), 82–89. <https://doi.org/10.4314/dujopas.v8i1b.10>
14. Shehu, I., Sanusi, S. B., & Saka, H. K. (2023). Study on antibacterial activity of clove (*Syzygium aromaticum*) crude extract against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Pseudomonas* sp. *Science World Journal*, 18 (1), 97–100.
15. Bisht, D., Faujdar, S., & Sharma, A. (2020). Antibacterial activity of *Syzygium aromaticum* (clove) against uropathogens producing ESBL, MBL, and AmpC beta-lactamase: Are we close to getting a new antibacterial agent? *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9 (1), 180–186. https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_908_19
16. Devi, K. P., Nisha, S. A., Sakthivel, R., & Pandian, S. K. (2010). Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. *Journal of Ethnopharmacology*, 130 (1), 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.04.025>
17. Musthafa, K. S., Balamurugan, K., Pandian, S. K., & Ravi, A. V. (2012). 2,5-Piperazinedione inhibits quorum sensing-dependent factor production in *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *Journal of Basic Microbiology*, 52 (6), 679–686. <https://doi.org/10.1002/jobm.201100292>
18. Abbas, M., Gururani, M. A., Ali, A., Bajwa, S., Hassan, R., Batool, S. W., Imam, M., & Wei, D. (2024). Antimicrobial properties and therapeutic potential of bioactive compounds in *Nigella sativa*: A review. *Molecules*, 29 (20), 4914. <https://doi.org/10.3390/molecules29204914>
19. Hemaiswarya, S., & Doble, M. (2009). Synergistic interaction of eugenol with antibiotics against Gram negative bacteria. *Phytomedicine*, 16 (11), 997–1005. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.04.006>
20. Mahboub, R., & Memmou, F. (2016). Antimicrobial properties of 6-bromo Eugenol and eugenol. *International Letters of Natural Sciences*, 53, 57–64. <https://doi.org/10.56431/p-4u2geq>

ORCID

Amaal M. Khudaier 

<https://orcid.org/0009-0009-2207-4266>



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

Disinvasive activity of modern disinfectants against *Ascaridia galli* nematode eggsV. Melnychuk  | O. Kovalenko | V. Yevstafieva | A. Zamazyi | O. Dolhin

Article info

Citation: Melnychuk, V., Kovalenko, O., Yevstafieva, V., Zamazyi, A., & Dolhin, O. (2025). Disinvasive activity of modern disinfectants against *Ascaridia galli* nematode eggs. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 136–141. doi: 10.31210/spi2025.28.04.20Correspondence Author
V. MelnychukE-mail:
melnychuk86@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda Str., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Maintaining the well-being of poultry farms, increasing the number of birds, as well as enhancing their productivity depends on the implementation of therapeutic and preventive measures. Compliance with zoohygienic requirements and veterinary and sanitary rules for keeping chickens ensures veterinary well-being of farms, including with regard to nematodoses of the digestive tract. The aim of the research was to determine the disinvasive activity of modern disinfectants against eggs of the nematode *Ascaridia galli*, which parasitizes chickens. Under laboratory conditions, the destructive effect of domestically produced disinfectants was determined, including "Kristal-900" (active ingredients: glutaraldehyde, glyoxalaldehyde, benzalkonium chloride), "Creolin" (cresols, naphthalene, resin acids, pyridine bases and emulsifiers) and "Desirex Forte ParvoStop" (quaternary ammonium compounds, glutaraldehyde, non-inogenic surfactants) on a test culture of ascarid eggs isolated from the gonads of female nematodes. The conducted studies have established a high level of disinvasive effectiveness against *A. galli* nematode eggs of the following agents: "Krystal-900" – at 1.5 % concentration with exposure times of 1 h, 2 h and 3 h (90.3 %, 94.0 % and 100.0 % respectively); "Creolin" – at 4.0 % concentration for exposures of 2 and 3 h (92.9 and 100.0 % respectively) and at 5.0 % concentration for all exposure periods (100.0 %); "Desirex Forte ParvoStop" – at 0.5 % concentration with exposure times of 2 and 3 h (93.7 and 100.0 % respectively). Lower concentrations of the tested disinfectants, depending on the exposure duration, had either satisfactory or unsatisfactory levels of disinvasion efficiency against the eggs of the nematode *A. galli*. The destructive effect of disinfectants was accompanied by changes in the morphological structure of the eggs, which were characterized by the arrest of their development and loosening of the embryo; destruction and loosening of the eggshell, disintegration of both the embryo and shell, and larval death. The obtained research results allow us to recommend the disinfectants "Krystal-900", "Creolin" and "Desirex Forte ParvoStop" in specific application regimens for the effective control and prevention of ascaridiosis in chickens.

Keywords: chickens, ascariasis, *Ascaridia galli*, nematode eggs, disinfestation, effectiveness.Дезінвазійна активність сучасних дезінфектантів відносно яєць нематод *Ascaridia galli*

В. В. Мельничук | О. В. Коваленко | В. О. Євстаф'єва | А. А. Замазій | О. С. Долгін

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Збереження благополуччя птахівничих господарств, збільшення поголів'я птахів, а також підвищення їх продуктивності залежить від здійснення лікувально-профілактичних заходів. Дотримання зоогієнічних вимог та ветеринарно-санітарних правил утримання курей забезпечує ветеринарне благополуччя у господарствах, зокрема й відносно нематодозів травного тракту. Метою досліджень було визначити дезінвазійну активність сучасних дезінфектантів відносно яєць нематод *Ascaridia galli*, що паразитують у курей. У лабораторних умовах визначали згубну дію дезінфікуючих засобів вітчизняного виробництва: «Кристал-900» (діючі речовини – глутаровий альдегід, гліоксальовий альдегід, бензалконію хлорид), «Креоліну» (крезоли, нафталін, смоляні кислоти, піридинові основи і емульгатори) та «Дезірекс Форте ParvoStop» (четвертинні амонієві сполуки, глутаровий альдегід, неіногенні поверхнево-активні речовини) на тест-культуру яєць аскарид, виділених з гонад самок нематод. Результати проведених досліджень свідчать про високий рівень дезінвазійної ефективності відносно яєць нематод *A. galli* засобів: «Кристал-900» – у 1,5 % концентрації при експозиції 1 год, 2 год та 3 год (90,3 %, 94,0 % та 100,0 % відповідно); «Креоліну» – у 4,0 % концентрації при експозиції 2 та 3 год (92,9 та 100,0 % відповідно) та у 5,0 % концентрації при всіх експозиціях (100,0 %); «Дезірекс Форте ParvoStop» – у 0,5 % концентрації при експозиції 2 та 3 год (93,7 та 100,0 % відповідно). Нижчі концентрації випробуваних дезінфікуючих засобів залежно від експозиції мали або задовільний або незадовільний рівень дезінвазійної ефективності відносно яєць нематод *A. galli*. Згубна дія дезінфектантів супроводжувалася змінами в морфологічній структурі яєць, які характеризувалися зупиненням їх розвитку та розривленням зародку; руйнуванням та розривленням оболонки; розпадом зародку та оболонки; загибеллю личинки. Отримані результати досліджень дозволяють рекомендувати дезінфікуючі засоби «Кристал-900», «Креолін» та «Дезірекс Форте ParvoStop» у визначних режимах застосування для ефективного боротьби та профілактики аскаридозу курей.

Ключові слова: кури, аскаридоз, *Ascaridia galli*, яйця нематод, дезінвазія, ефективність.**Бібліографічний опис для цитування:** Мельничук В. В., Коваленко О. В., Євстаф'єва В. О., Замазій А. А., Долгін О. С. Дезінвазійна активність сучасних дезінфектантів відносно яєць нематод *Ascaridia galli*. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 136–141.

Introduction

It is known that one of the factors of transmission of invasive diseases are environmental objects contaminated with pathogens of parasitoses. This occurs due to the release of a large number of eggs or larvae by the definitive host, which is an important link in the epizootic process in parasitic diseases. Therefore, in the complex of measures for the prevention and control of helminthiasis in poultry farming, disinfestation plays an important role [1–5].

It has been proven that pathogens of invasive diseases at exogenous stages of development in the external environment, unlike pathogens of infectious diseases, are more resistant to the effects of adverse environmental factors, including the effects of chemicals used for disinfection and disinfestation [6–10].

Scientists are constantly studying the disinfestation properties of various disinfectants against eggs or oocysts of parasites that are localized in poultry, with the aim of implementing them in measures to combat and prevent infestations. In particular, the authors have established that the disinfectants "Hermecid-BC" and "Arquadez Plus" have ovicidal properties against eggs of the nematode *Heterakis gallinarum*. Their effectiveness depended on the application regimens, where the product "Hermecid-BC" showed a high level of ovicidal efficacy (93.5–100.0 %) at 0.25 % and 0.5 % concentrations for exposures of 10–60 min. The product "Arquadez plus" showed a high level of ovicidal efficacy (92.3–100.0 %) at 1.0 % concentration for exposures of 60 min; at 1.5–2.0 % concentration for exposures of 10–60 min [11].

Four disinfectants, including formalin, povidone iodide, TH4 and "Virkon-S", were tested on embryogenesis of *Ascaridia columbae* eggs. Significant inhibition of embryonic development of nematode eggs by 80 %, 85 % and 98 % was found after treatment of the test culture with formalin, povidone iodide and TH4, respectively. At the same time, Virkon-S did not affect the embryogenesis of ascaridies [12]. It was determined that the disinfectants "DOPT-1" and "Brovadez-20" at a concentration of 1.5 % with an exposure of 60 min have pronounced ovicidal properties against *H. gallinarum* eggs. The number of deformed eggs of heterakis under the influence of these disinfectants was 90 % and 92 %, respectively. At the same time, the disinfectant "Septamin" at the same concentrations and exposures was not sufficiently effective (30 %) against *H. gallinarum* eggs [13]. There is a report where the high disinvasive effectiveness of the disinfectant "Stalosan F" against *A. galli*, *H. gallinarum* and *Capillaria obsignata* eggs was experimentally proven [14].

There are reports on the determination of the inhibitory effect of herbal remedies: *Polygonum hydropiper*, *Azadirachta indica*, *Carica papaya*, *Momordica charantia* and *Swietenia macrophylla* on the exogenous development of *A. galli* eggs. Depending on the form in which they were used (fresh juice, extract and leaf dust), the disinvasion activity varied significantly. It was found that 4% extract of *C. papaya* showed the highest efficacy (92.86 %). Also, *P. hydropiper* leaf juice at 20% concentration showed 88.46% inhibitory effect against *A. galli* egg development. *C. papaya* showed.

Therefore, it is relevant to continue research on testing modern disinfectants in laboratory conditions for ascaridiosis in chickens.

The aim of the study

The aim of the research was to determine the disinvasive activity of modern disinfectants against eggs of the nematode *Ascaridia galli*, which parasitize chickens.

Materials and methods

The research was conducted during 2025 on the basis of the Parasitology Laboratory of the Poltava State Agrarian University and in the conditions of private farms of the Poltava region, where chickens are kept.

In order to determine the disinvasive effectiveness of the disinfectants "Krystal-900", "Creolin" and "Desirex Forte ParvoStop", test cultures of non-invasive eggs of the nematode species *Ascaridia galli*, isolated from the gonads of female nematodes, which were obtained during the dissection of the small intestine of chickens, were used. The product "Crystal-900" contains active ingredients: glutaraldehyde (95.0 g), glyoxalaldehyde (70.0 g), benzalkonium chloride (87.5 g). The product "Creolin" contains active ingredients: cresols, naphthalene, resin acids, pyridine bases and emulsifiers. The product "Desirex Forte ParvoStop" contains active ingredients: quaternary ammonium compounds (6.0 %), glutaraldehyde (5–15 %), non-ionic surfactants.

In laboratory conditions, Petri dishes were prepared with a mixture of *A. galli* eggs (at least 100 specimens). Each dish was filled with disinfectants in the following concentrations: "Kristal-900" – 0.5 %, 1.0 %, 1.5 % (exposures: 1 h, 1.5 h, 2 h); "Creolin" – 2.0 %, 3.0 %, 4.0 %, 5.0 % (exposures: 1 h, 2 h, 3 h); "Desirex Forte ParvoStop" – 0.25 %, 0.5 % (exposures: 1 h, 2 h, 3 h). After the appropriate exposures, the test cultures of *A. galli* eggs were washed in distilled water and transferred to separate Petri dishes. A control test culture of *A. galli* eggs was also prepared, in which distilled water was added instead of disinfectants. After that, the experimental and control dishes were placed in a thermostat at a temperature of 25°C and cultivated for 20 days until the appearance of motile larvae in the ascarid eggs. They were aerated and humidified every day. The experiment for each disinfectant was repeated three times. The disinfestation efficiency (DE, %) was determined on the 20th day of cultivation.

The assessment of disinvasive efficiency was carried out according to the following indicators: high level of efficiency – 90–100%, satisfactory – 60–89%, unsatisfactory – up to 60%.

Microphotography of *A. galli* eggs was performed using a SIGETA M3CMOS 14000 14.0 MP digital camera (China).

Mathematical analysis of the obtained data was performed using the Microsoft Excel application package by determining the arithmetic mean (M) and standard error (m).

Results and discussion

The conducted studies have shown that the disinfectant "Krystal-900" showed a high level of disinvasive action against *A. galli* eggs in the following modes: at 1.5 % concentration with exposure for 1 hour – 90.3 %, 2 hours – 94.0 %, 3 hours – 100.0 %. A satisfactory level of disinvasive efficiency was established when using the product at 0.5 % concentration with exposure for 1.5 and 2 hours – 63.1 and 67.5 %, respectively; at 1.0 % concentration with exposure for

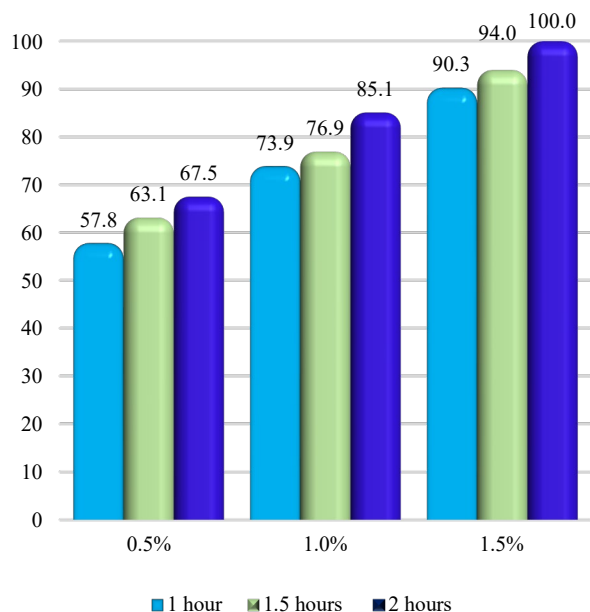


Fig. 1. Disinfection efficiency (%) of the disinfectant "Krystal-900" against eggs of the nematode *Ascaridia galli* (n=100)

The disinfectant "Creolin" showed a high level of disinvasive action against *A. galli* eggs in the following modes: at 4.0 % concentration for 2 and 3 h exposure – 92.9 and 100.0 %, respectively; at 5.0 % concentration for 1 h, 2 h, 3 h exposure – 100.0 %. A satisfactory level of disinvasive efficiency was established when using "Creolin" at 2.0 % concentration for 3 h exposure – 60.8 %; at 3.0 % concentration for 1 h exposure – 63.8 %, 2 h – 71.3 %, 3 h – 84.0 %; at 4.0 % concentration for 1 h exposure – 89.2 %. An unsatisfactory level of disinvasive efficiency was established when using "Creolin" at a 2.0 % concentration with an exposure of 1 hour – 42.9 % (Fig. 3).

Depending on the concentration of the drug "Creolin" and its exposure, the number of ascaridies eggs that died ranged from 49.0±2.3 to 100.0±0.0 % of specimens (Fig. 4).

The disinfectant "Desirex Forte ParvoStop" showed a high level of disinvasive action against *A. galli* eggs at a 0.5 % concentration for 2 h exposure – 93.7 %, 3 h – 100.0 %. A satisfactory level of disinvasive effectiveness was established when using the product at a 0.25 % concentration for 3 h exposure – 68.7 %; at a 0.5 % concentration for 1 h exposure – 82.1 %. An unsatisfactory level of disinvasive effectiveness was established when using the product at a 0.25 % concentration for 1 h exposure – 39.2 % (Fig. 5).

1 hour – 73.9 %, 2 hours – 76.9 %, 3 hours – 85.1 %. An unsatisfactory level of disinvasive efficiency was established when using the product at 0.5 % concentration with exposure for 1 hour – 57.8 % (Fig. 1).

However, in the control test culture, 89.3±1.5 % of eggs formed motile larvae and reached the invasive stage. Only 10.7±1.5 % of eggs died during their cultivation. Also, depending on the concentration of disinfectant and exposure, the number of ascaridies eggs that died ranged from 62.3±2.6 to 100.0±0.0 % of specimens (Fig. 2).

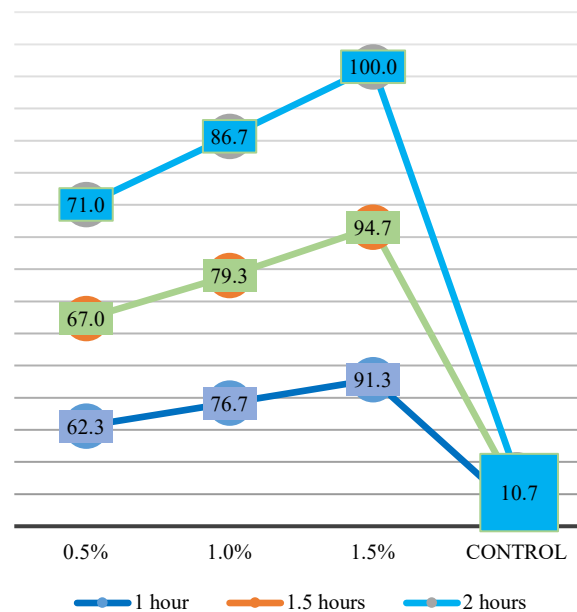


Fig. 2. Number of *Ascaridia galli* eggs (%) that died during their cultivation, under the influence of "Krystal-900" and in the control test culture

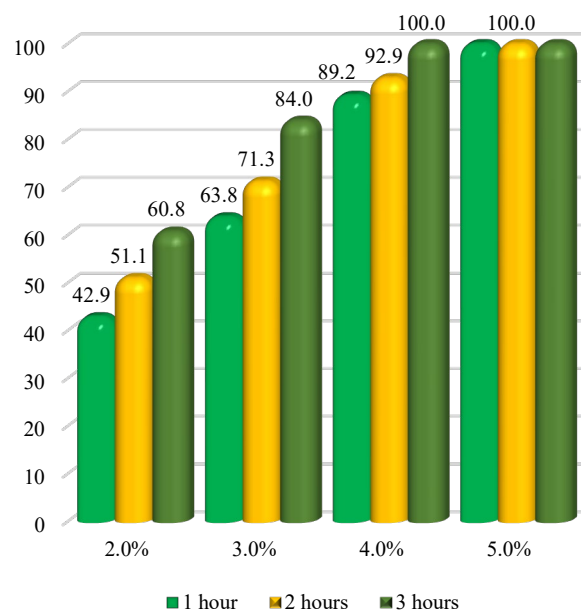


Fig. 3. Disinfection efficiency (%) of the disinfectant "Creolin" against eggs of the nematode *Ascaridia galli* (n=100)

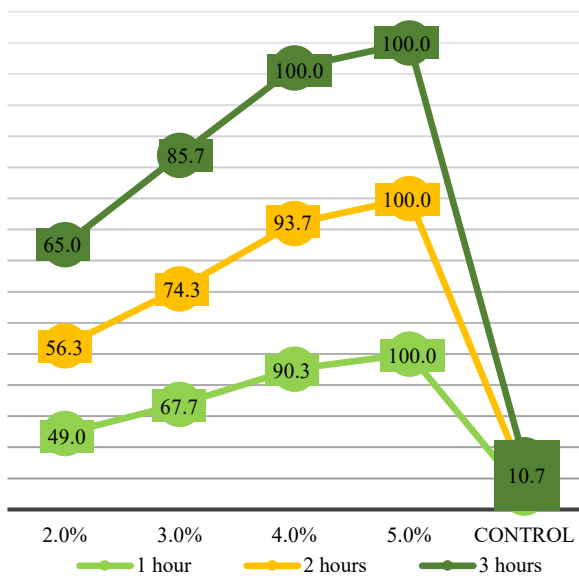


Fig. 4. Number of *Ascaridia galli* eggs (%) that died during their cultivation, under the influence of "Creolin" and in the control test culture

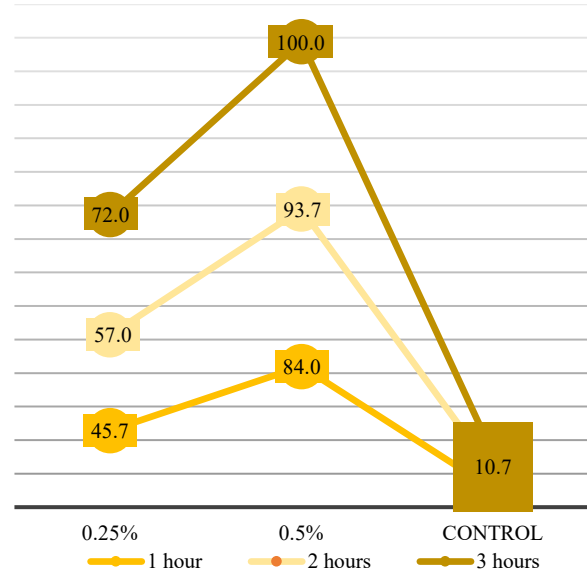


Fig. 6. Number of *Ascaridia galli* eggs (%) that died during their cultivation, under the influence of "Desirex Forte ParvoStop" and in the control test culture

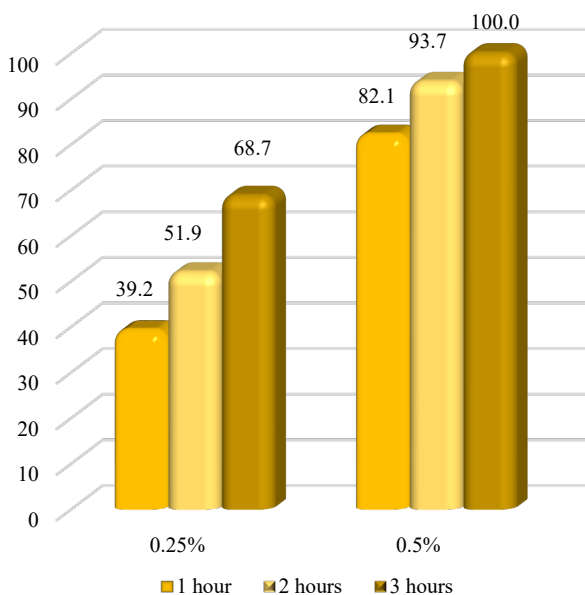


Fig. 5. Disinfection efficiency (%) of the disinfectant "Desirex Forte ParvoStop" against eggs of the nematode *Ascaridia galli* (n=100)

Depending on the concentration of the drug "Desirex Forte ParvoStop" and its exposure, the number of ascaridies eggs that died ranged from 45.7 ± 2.7 to 100.0 ± 0.0 % of specimens (Fig. 6).

The detrimental effect of disinfectants was accompanied by changes in the morphological structure of eggs in the form of: arrest in their development and loosening of the embryo (Fig. 7 a), destruction and loosening of the shell (Fig. 7 b), disintegration of the embryo and shell (Fig. 7 c), as well as the death of the larva at the stage of its formation in the egg (Fig. 7 d). In control test cultures, the formation of motile larvae in eggs was established (Fig. 8).

It is known that ascariidiosis of chickens is one of the most common nematodoses of the digestive tract among poultry farms in the world, including in Ukraine [15–18]. Such a significant spread of helminthiasis among chickens is associated with the high resistance of ascarid eggs in the environment, which ensures constant reinfection of susceptible birds [19, 20]. Therefore, scientists are constantly conducting experimental studies to determine the disinvasive properties of disinfectants available on the veterinary market against *A. galli* eggs [11–13].

The conducted studies have established a high level of disinvasive efficiency against *A. galli* nematode eggs of modern disinfectants: "Krystal-900" – at 1.5 % concentration for exposures of 1 h, 2 h and 3 h (90.3 %, 94.0 % and 100.0 %, respectively); "Creolin" – at 4.0 % concentration for exposures of 2 and 3 h (92.9 and 100.0 %, respectively) and at 5.0 % concentration for all exposures (100.0 %); "Desirex Forte ParvoStop" – at 0.5 % concentration for exposures of 2 and 3 h (93.7 and 100.0 %, respectively). The detrimental effect of disinfectants was accompanied by changes in the morphological structure of eggs, which were characterized by a stop in their development and loosening of the embryo; destruction and loosening of the shell; disintegration of the embryo and shell, as well as the death of the larva.

There are separate reports that prove the high disinvasive activity of the disinfectant based on glutaraldehyde – "Hermecid-BC" against the eggs of *Heterakis*, which parasitize chickens. This agent showed a high level of ovicidal efficacy at 0.25 % and 0.5 % concentrations with exposures of 10–60 minutes 93.5–100.0 % [11].

The obtained research results allow us to recommend the disinfectants "Krystal-900", "Creolin" and "Desirex Forte ParvoStop" in specific application regimens for the effective control and prevention of ascariidiosis in chickens.

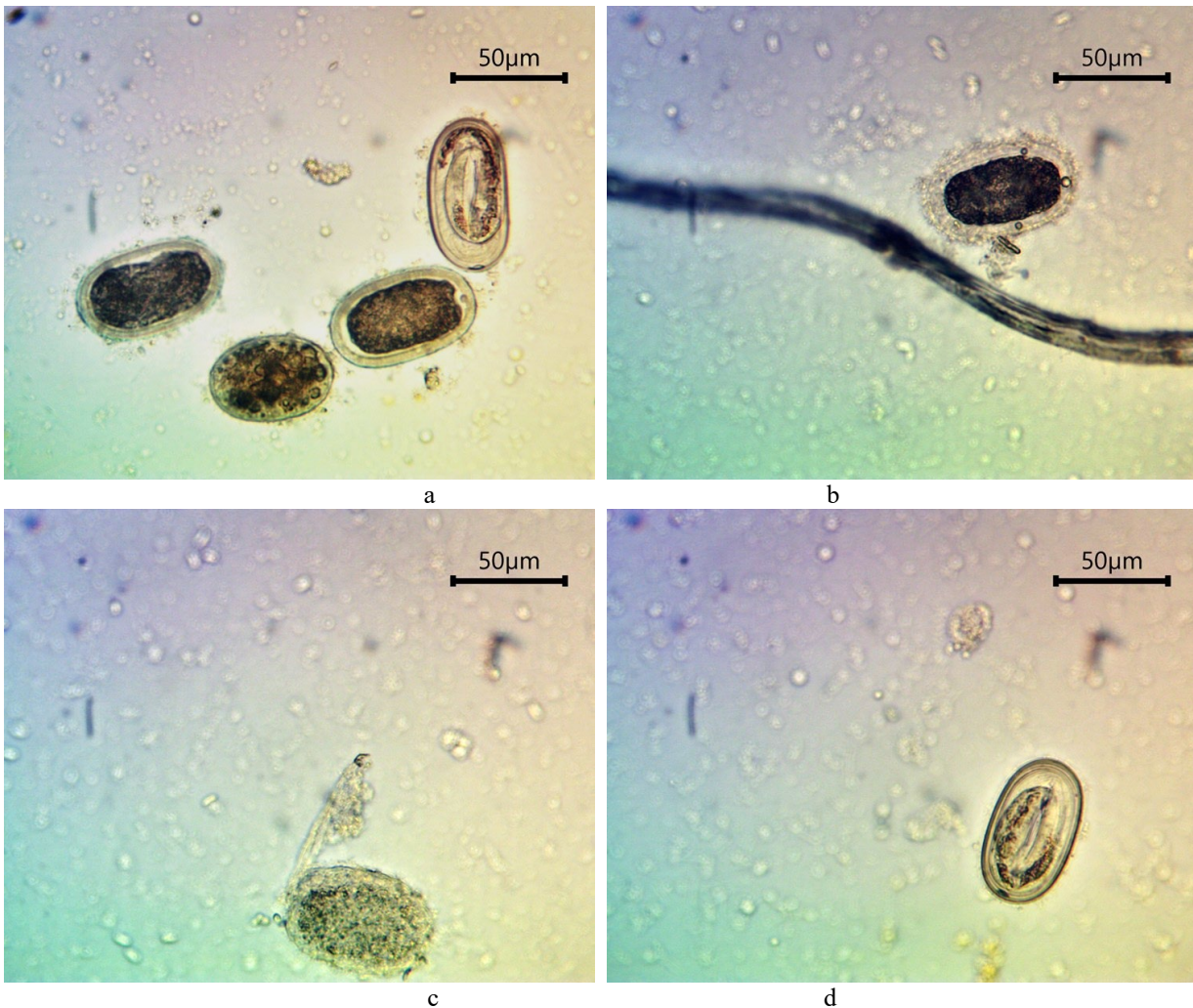


Fig. 7. Changes in *Ascaridia galli* eggs when exposed to disinfectants on experimental test cultures

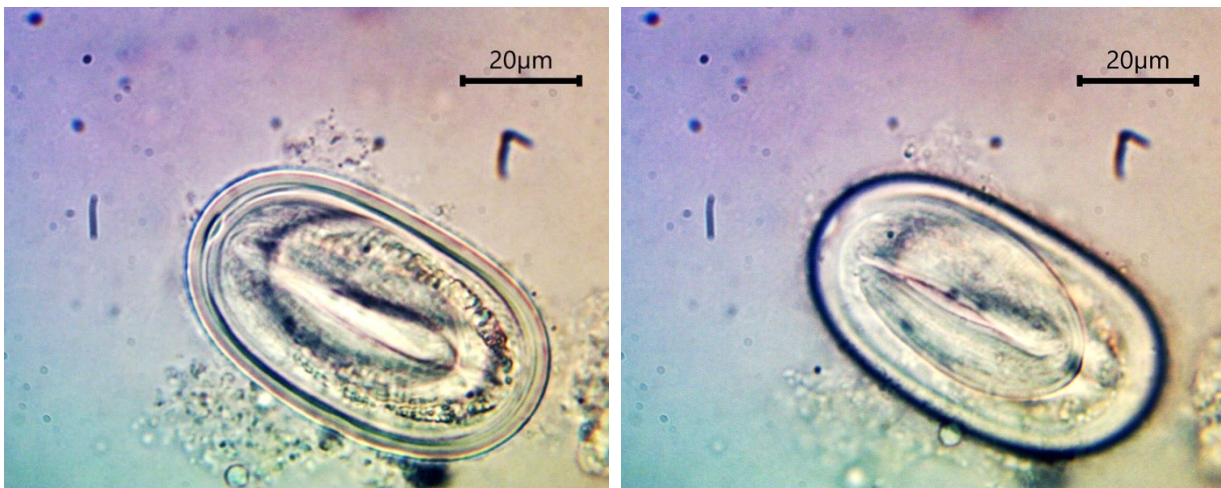


Fig. 8. Formation of motile larvae in *Ascaridia galli* eggs in a control test culture

Conclusions

The disinvasive properties of domestic disinfectants "Kristal-900", "Creolin" and "Desirex Forte ParvoStop" have been proven in relation to test cultures of *Ascaridia galli* eggs. A high level of disinvasive activity was established when using "Kristal-900" at a 1.5 %

concentration for exposure of 1–3 hours (90.3–100.0 %); "Creolin" – at a 4.0 % concentration for exposure of 2–3 hours (92.9–100.0 %), at a 5.0 % concentration for exposure of 1–3 hours (100.0 %); "Desirex Forte ParvoStop" – at a 0.5% concentration for exposure of 2–3 hours (93.7–100.0%). The number of dead *Ascaridia galli* eggs ranged from 91.3 to 100.0 % when using

"Kristal-900", from 93.7 to 100.0 % when using "Creolin", and from 94.3 to 100.0 % when using "Desirex Forte ParvoStop".






Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

1. You, M.-J. (2014). Suppression of *Eimeria tenella* Sporulation by Disinfectants. *The Korean Journal of Parasitology*, 52 (4), 435–438. <https://doi.org/10.3347/kjp.2014.52.4.435>
2. Cupo, K. L., & Beckstead, R. B. (2019). An *in vitro* assay of disinfectants on the viability of *Heterakis gallinarum* eggs. *Avian Diseases*, 63(3), 511–513. <https://doi.org/10.1637/11952-081418-resnote.1>
3. Yeresko, V. I. (2018). Dezinvaziini vlastyvoli khimichnoho zasobu «Dezsan» vidnosno invaziinykh yaiets zbudnykiv kapiliariozu husei. *Visnyk Sum-Skoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya «Veterynarna Medytsyna»*, 1 (42), 158–161. [in Ukrainian]
4. Boyko, O., & Brygadyrenko, V. (2021). Nematicidal activity of essential oils of medicinal plants. *Folia Oecologica*, 48 (1), 42–48. <https://doi.org/10.2478/foecol-2021-0005>
5. Boyko, O., & Brygadyrenko, V. (2022). Nematicidal activity of inorganic food additives. *Diversity*, 14 (8), 663. <https://doi.org/10.3390/d14080663>
6. Paliy, A., Sumakova, N., Petrov, R., Shkromada, O., Ulko, L., & Paliy, A. (2019). Contamination of urbanized territories with eggs of helminths of animals. *Biosystems Diversity*, 27 (2), 118–124. <https://doi.org/10.15421/011916>
7. Papini, R., & Cacciuttolo, E. (2008). Observations on the occurrence of *Heterakis gallinarum* in laying hens kept on soil. *Italian Journal of Animal Science*, 7 (4), 487–493. <https://doi.org/10.4081/ijas.2008.487>
8. Bojar, H., & Kłapeć, T. (2018). Contamination of selected recreational areas in Lublin Province, Eastern Poland, by eggs of *Toxocara* spp., *Ancylostoma* spp. and *Trichuris* spp. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25 (3), 460–463. <https://doi.org/10.26444/aem/92252>
9. Maikai, B. V., Umoh, J. U., Ajanusi, O. J., & Ajogi, I. (2008). Public health implications of soil contaminated with helminth eggs in the metropolis of Kaduna, Nigeria. *Journal of Helminthology*, 82 (2), 113–118. <https://doi.org/10.1017/s0022149x07874220>
10. Simonato, G., Cassini, R., Morelli, S., Di Cesare, A., La Torre, F., Marcer, F., Traversa, D., Pietrobelli, M., & Frangipane di Regalbano, A. (2019). Contamination of Italian parks with canine helminth eggs and health risk perception of the public. *Preventive Veterinary Medicine*, 172, 104788. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104788>
11. Yevstafieva, V., Omelchenko, O., Melnychuk, V., Dmitrenko, N., Krykunova, V., Peredera, O., & Tahiltseva, Y. (2024). *In vitro* tests of effect of disinfectants on the viability of *Heterakis gallinarum* nematode eggs during embryogenesis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15 (4), 696–701. <https://doi.org/10.15421/0224100>
12. Bessat, M., & Dewair, A. (2019). Assessment of the inhibitory effects of disinfectants on the embryonation of *Ascaridia columbae* eggs. *PLOS ONE*, 14 (5), e0217551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217551>
13. Bohach, M. V. (2007). Vyprobuvannia dezinfektantiv pry heterakoznii invazii indyktiv. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomor'ia*, 39, 85–88. [in Ukrainian]
14. Schou, T. W., & Permin, A. (2003). The effect of Stalosan F on selected poultry parasites. *Helminthologia*, 40 (1), 15–21.
15. Islam, K., Farjana, T., Begum, N., & Mondal, M. (2008). *In vitro* efficacy of some indigenous plants on the inhibition of development of eggs of *Ascaridia galli* (Digenia: Nematoda). *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*, 6 (2), 159–167. <https://doi.org/10.3329/bjvm.v6i2.2330>
16. Shohana, N. N., Rony, S. A., Ali, Md. H., Hossain, Md. S., Labony, S. S., Dey, A. R., Farjana, T., Alam, M. Z., Alim, Md. A., & Anisuzzaman. (2023). *Ascaridia galli* infection in chicken: Pathobiology and immunological orchestra. *Immunity, Inflammation and Disease*, 11 (9), e1001. <https://doi.org/10.1002/iid3.1001>
17. Höglund, J., Daş, G., Tarbiat, B., Geldhof, P., Jansson, D. S., & Gauly, M. (2023). *Ascaridia galli* - an old problem that requires new solutions. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 23, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2023.07.003>
18. Hlechyk, M. V. (2009). Osoblyvosti epizootologii kyschkovykh parazytoziv kurei u Lvivskii oblasti. *Naukovi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii imeni S. Z. Gzhytskoho*, 11 (2), 40–45. [in Ukrainian]
19. 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>
20. Bautista-Vanegas, A. L., Esteban-Mendoza, M. V., & Cala-Delgado, D. L. (2023). *Ascaridia galli*: A report of erratic migration in eggs for human consumption in Bucaramanga, Colombia - case report. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 75 (1), 122–126. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12818>

ORCID

- V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>
O. Kovalenko  <https://orcid.org/0000-0001-5897-4797>
V. Yevstafieva  <https://orcid.org/0000-0003-4809-2584>
A. Zamazyi  <https://orcid.org/0000-0003-3138-0424>
O. Dolhin  <https://orcid.org/0000-0003-0368-317X>



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

Feline herpesvirus infection (epizootological monitoring, hematological parameters, treatment and prevention in the veterinary service "VetExpert" of the city Poltava)

O. Titarenko¹ | O. Horshenina² | O. Kyrychko¹ | V. Skrypnyk^{3,4}

Article info

Correspondence Author

O. Titarenko

E-mail:

olena.titarenko@pdau.edu.ua

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

² Veterinary service
"VetExpert",
Dmitra Prugla Str., 10, Poltava,
36003, Ukraine

³ Institute of Veterinary Medicine
National Academy of Agrarian
Sciences,
Donetska Str., 30, Kyiv, 03151,
Ukraine

⁴ Ukrainian Association of
Manufacturers and Distributors
of Veterinary Medicines and
Feed Additives,
Vasylykivska Str., 16. Office
225, Kyiv, 03040, Ukraine

Citation: Titarenko, O., Horshenina, O., Kyrychko, O., & Skrypnyk, V. (2025). Feline herpesvirus infection (epizootological monitoring, hematological parameters, treatment and prevention in the veterinary service "VetExpert" of the city Poltava). *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 142–147. doi: 10.31210/spi2025.28.04.21

This study presents the results of research on hematological parameters, as well as the treatment and prevention of feline herpesvirus infection in the city of Poltava. During the period of 2019–2024, 375 cases of infectious rhinotracheitis were registered in cats in "VetExpert" veterinary service of the city of Poltava. The diagnosis of infectious rhinotracheitis was established comprehensively taking into account epizootological data, anamnesis data, clinical signs. Immunochromatographic rapid tests based on the detection of the pathogen antigen were performed to confirm the diagnosis. Animals that became ill were either not vaccinated against infectious rhinotracheitis or had not followed the recommended vaccination schedule. The highest incidence of feline herpesvirus infection was observed in kittens aged 2–3 months, accounting for 51.9 % of all sick animals. The epizootic process of the disease was characterized by seasonality. In 2023, the largest number of cases of herpesvirus infection (44.2 %) occurred in the autumn period, 23.1 % of sick animals were registered in the spring, 21.2 % of cases of the disease in the winter period, and the smallest number (11.5 %) in the summer. Hematological analysis revealed leukocytosis in sick animals, caused by an increase in the relative number of lymphocytes due to viral infection and the relative number of granulocytes due to inflammatory processes in the body. The treatment of cats using the immunomodulator "Roborante Calieru", antibacterial drug "Unidox Solutab", antiviral drug "Viraxy" and Ringer's solution was 20 % more effective in terms of the speed of recovery of animals and the absence of fatalities compared to the treatment scheme using "Fosprenil", "Synulox", "Gepavi-Kel", "Ringer's" solution. The positive effect of the selected therapy was confirmed by changes in the blood. Probable changes were recorded in erythrocytes, the number of which increased by 1.7 times ($P < 0.001$), leukocytes, the number of which decreased by 1.7 times ($P < 0.001$), percentage of lymphocytes with granulocytes, which decreased by 1.4 and 1.3 times ($P < 0.001$) and hemoglobin concentration increased by 7.21 % ($P < 0.05$). The high efficiency of the used vaccines Nobivak Tricat Trio and Felocell 4 for the prevention of herpesvirus infection in 237 cats in the veterinary service "VetExpert" have been confirmed.

Keywords: herpesvirus, cats, epizootological monitoring, hematological parameters, treatment, vaccines, prevention.

Герпесвірусна інфекція у котів (епізоотологічний моніторинг, гематологічні показники, лікування та профілактика в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави)

O. В. Титаренко¹ | O. П. Горшеніна² | O. Б. Киричко¹ | В. Г. Скрипник^{3,4}

¹ Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

² Ветеринарний сервіс
«VetExpert»,
м. Полтава, Україна

³ Інститут ветеринарної
медицини НААН,
м. Київ, Україна

⁴ Українська асоціація
виробників і
дистриб'юторів
ветеринарних препаратів та
кормових добавок,
м. Київ, Україна

Представлено результати досліджень щодо гематологічних показників, лікування та профілактики герпесвірусної інфекції у котів у місті Полтаві. Встановлено, що за період 2019–2024 років в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави було виявлено 375 хворих на інфекційний ринотрахеїт котів. Діагноз на інфекційний ринотрахеїт встановлювали комплексно з огляду на епізоотологічні дані, дані анамнезу, клінічні ознаки. Для підтвердження діагнозу проводили імунохроматографічні експрес-тести, засновані на виявленні антигену збудника. Тварини, які захворіли, не були щеплені проти інфекційного ринотрахеїту, або була не дотримана правильна схема вакцинацій. Найбільше хворих на герпесвірусну інфекцію тварин серед кошенят віком 2–3 місяці, що становило 57,4 % від усіх хворих тварин. Епізоотичний процес хвороби характеризувався сезонністю. Упродовж 2023 року найбільше випадків герпесвірусної інфекції (44,2 %) виникло в осінній період, навесні реєстрували 23,1 % хворих тварин, у зимовий період – 21,2 % випадків хвороби, а найменше (11,5 %) – влітку. У крові хворих тварин відмічали лейкоцитоз за рахунок збільшення відносної кількості лімфоцитів унаслідок вірусної інфекції та відносної кількості гранулоцитів внаслідок запальних процесів в організмі. Проведене лікування котів із використанням імуномодулятора «Роборанте Калієру», антибактеріального засобу «Юнідоксу Солотабу», противірусного препарату «Віракси» та розчину «Рінгера», за швидкістю настання одужання тварин та за відсутністю летальних випадків виявилось на 20 % ефективнішим за схему із застосуванням «Фоспренілу», «Синулоксу», «Гепаві-келу», розчину «Рінгера». Позитивний ефект підбраної терапії підтверджувався змінами в крові тварин. Зафіксовано вірогідні зміни з боку еритроцитів, кількість яких зросла в 1,7 раза ($P < 0,001$), лейкоцитів, кількість яких знизилася в 1,7 раза ($P < 0,001$), відсотку лімфоцитів з гранулоцитами, які знизилися відповідно у 1,4 та 1,3 раза ($P < 0,001$), та гемоглобіну, концентрація якого зросла на 7,21 % ($P < 0,05$). Підтверджена висока ефективність застосованих вакцин Нобівак Трікат Тріо та Фелосел 4 для профілактики герпесвірусної інфекції на 237 котах в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert».

Ключові слова: герпесвірус, коті, епізоотологічний моніторинг, гематологічні показники, лікування, вакцини, профілактика.

Бібліографічний опис для цитування: Титаренко О. В., Горшеніна О. П., Киричко О. Б., Скрипник В. Г. Герпесвірусна інфекція у котів (епізоотологічний моніторинг, гематологічні показники, лікування та профілактика в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави). *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 142–147.

Вступ

Інфекційний ринотрахеїт котів (Feline Viral Rhinotracheitis (FVR), вірусний ринотрахеїт, герпесвірусна інфекція котів) – поширене в усьому світі захворювання, що характеризується ураженням верхніх дихальних шляхів і очей, з набуттям пожиттєвого латентного перебігу після гострої фази [1].

Збудником інфекційного ринотрахеїту (ІРТ) котів є герпесвірус котів (Feline rhinotracheitis virus) типу 1, що належить до порядку Herpesvirales, родини Orthoherpesviridae, підродини Alphaherpesvirinae, роду *Varicellovirus*, виду *Varicellovirus felidalpha1* (FeHV-1) [2].

За даними Gould, (2011), у деяких популяціях котів FeHV-1 виявляють майже у 97 % тварин відносно до загальної кількості досліджених [3].

Знання кількох важливих вірусологічних фактів дозволяє лікарям-практикам надавати відповідні поради власникам окремих домашніх котів, інфікованих цим вірусом, і допомагати в управлінні притулками та іншими домогосподарствами з кількома котями, в яких вірус є ензоотичним [4].

Лікування котів, хворих на герпесвірусну інфекцію, здійснюється із застосуванням широкого спектру препаратів підтримувальної терапії, протівірусних засобів і додаткової терапії [4].

Ветеринарні лікарі та науковці світу застосовують різні препарати за різними схемами терапії [3–16].

За наявності первинної герпесвірусної інфекції зазвичай відбувається самостійне одужання тварин, особливо вакцинованих, і кошенят, що мають достатній рівень материнських антитіл. Основою лікування більшість таких пацієнтів у разі первинної інфекції є підтримувальна терапія [4].

Основними терапевтичними цілями за ІРТ у котів є запобігання вторинним інфекціям, спричиненим бактеріями, які зазвичай присутні у верхніх дихальних шляхах і на поверхні очей, а також адекватне забезпечення тварин нутрієнтами та водою [4].

Лікування захворювання очей, спричинене FeHV-1, є складним завданням. Протівірусне медикаментозне лікування може бути дорогим та вимагати достатньої відповідальності власника та доступності пацієнта для проведення терапії. Клінічні реакції у пацієнтів можуть бути різними. Вибір відповідного терапевтичного підходу вимагає ретельної оцінки таких факторів, як тяжкість і клінічна стадія захворювання, дотримання режиму пацієнта та власника, а також фінансових міркувань [3–5].

Сильно уражені ІРТ коти часто потребують госпіталізації. Застосування протівірусних препаратів у котів обмежене, оскільки вони часто неефективні або токсичні за системного застосування [7–9].

Зокрема, нуклеозидні аналоги протівірусних препаратів першого покоління, включаючи ацикловір (ACV) і валацикловір (VACV), викликають у котів серйозні побічні ефекти, зокрема пригнічення процесу кровотворення та токсичність для печінки та нирок [8, 9]. Тому протівірусні препарати головно використовують місцево для лікування змін очей, пов'язаних з FeHV-1 [7–9].

Однак препарат фамцикловір є ефективним

засобом для системної терапії у котів із клінічними ознаками, пов'язаними з FeHV-1 [7, 10].

Американські вчені продемонстрували ефективність місцевого застосування цидофовіру при первинній очній інфекції FeHV-1 [11].

Допоміжними методами лікування інфекції FeHV-1 є застосування L-лізину, лактоферину та інтерферонів. L-лізин є антагоністом аргініну, необхідного для синтезу білка HSV-1 і FeHV-1 [12]. Отже, лікування герпесвірусної інфекції у котів із застосуванням L-лізину зменшує реплікацію вірусу та має певний інгібуючий ефект проти FeHV-1 [12, 13].

Пероральне введення зменшує тяжкість експериментально індукованого FeHV-1 кон'юнктивіту [13] та виділення вірусу з очей за умови реактивації латентної інфекції [12]. L-лізин було запропоновано використовувати на ранніх стадіях гострого захворювання або як засіб для зменшення тяжкості захворювання та виділення вірусу під час стресу [14].

Було показано, що залізов'язуючий глікопротеїн лактоферин ссавців пригнічує реплікацію FeHV-1 *in vitro* внаслідок перешкоджання адсорбції та проникненню вірусу у чутливу клітину [15].

Італійські вчені з'ясували, що терапія, заснована на застосуванні активованих розчинів інтерлейкіну-12 разом із інтерфероном-гамма у низьких дозах, представляє новий підхід у лікуванні інфекції FeHV-1 у котів [16].

Дослідники відмітили збільшення середньої кількості лейкоцитів (WBC) у інфікованих FeHV-1 котів, порівняно зі здоровими котями, за рахунок збільшення кількості нейтрофілів, еозинофілів і моноцитів [17, 18]. Лейкоцитоз може бути спричинений вторинними інфекціями очей, верхніх дихальних шляхів і некротичними виразками ротової порожнини [17].

Італійські вчені під час проведення досліджень титрів сироваткових антитіл проти вірусних інфекцій у різних популяціях бродячих котів у місті Мілан виявили, що серед котів старшого віку реєстрували значно більший відсоток серопозитивних тварин і вищі титри антитіл проти герпесвірусу, порівняно з молодими тваринами. Окрім того, серед стерилізованих котів було виявлено більше серопозитивних тварин зі значно вищими титрами антитіл до FeHV-1, порівняно з нестерилізованими [19].

Європейська консультативна рада з хвороб котів European Advisory Board on Cat Diseases (ABCD) регулярно представляє поточні знання та експертну думку та рекомендації щодо щеплень домашніх, вуличних, котів у притулках і розплідниках [20–22] й використання тестування на протівірусні антитіла в різних ситуаціях [23].

Незважаючи на значні досягнення науки та практики у лікуванні та профілактиці у котів герпесвірусного ринотрахеїту, хвороба і надалі завдає моральних та матеріальних збитків їхнім власникам.

Мета дослідження

Метою досліджень було визначити гематологічні показники крові хворих на герпесвірусну інфекцію котів і після їхнього лікування порівняти

ефективність терапевтичних схем та визначити ефективність щеплень в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави.

Матеріали і методи

Дослідження здійснювали в умовах ветеринарного сервісу "VetExpert" міста Полтави, застосовуючи такі методи: епізоотологічний аналіз, клінічний, гематологічний, біохімічний, імунохроматографічний та статистичний. Матеріалами для епізоотологічного аналізу щодо інфекційного ринотрахеїту котів були дані звітності ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави у період з 2019 по 2024 роки.

Ефективність заходів специфічної профілактики герпесвірусної інфекції котів в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» визначали за 2023 рік. З цією метою протягом року було щеплено 237 здорових тварин двома різними вакцинами згідно з інструкціями до кожного з біопрепаратів:

1) Нобівак Трікет Тріо (Nobivac Tricat Trio) – проти вірусного ринотрахеїту, каліцивірусної інфекції та панлейкопенії котів, виробник Інтервет, Нідерланди;

2) Фелосел 4 (Felocell 4) – проти вірусного ринотрахеїту, каліцивірусної інфекції, панлейкопенії та хламідіозу котів, виробник Zoetis Inc., США.

Вакциною Нобівак Трікет Тріо щепили 144 тварини (60,7%), а вакциною Фелосел-4 – 93 коти (39,3%). Після профілактичних щеплень за тваринами здійснювали контроль щодо їх захворюваності протягом року.

Діагностику захворювання проводили комплексно, а саме за епізоотологічними даними, даними анамнезу, клінічними ознаками та результатами експрес-тестів. При клінічному огляді підозрюваних щодо захворювання котів враховували їх загальний стан, наявність чи відсутність апетиту, температуру тіла, частоту пульсу і дихання, оглядали очі, ніс та шкіру, наявність або відсутність чихання або/та кашлю, характер виділень з очей та носа. Клінічний огляд проводили згідно із загальноприйнятими методами.

Попередній клінічний діагноз щодо герпесвірусної інфекції підтверджували шляхом застосування імунохроматографічного експрес-тест-комплекту «Ринотрахеїт (герпесвірус) FHV Ag», заснованого на виявленні антигену збудника, виробництва ASAN Pharm Південної Кореї. У підозрюваних у захворюванні на вірусний ринотрахеїт котів відбирали стерильною ватною паличкою біоматеріал (змиви із кон'юнктивального мішка). Після цього зразок поміщали у флакон із буферним розчином для аналізу на 1 хвилину. Потім 3–4 краплі отриманого розчину вносили у тестову лунку з діагностикомом і очікували на результат 5–10 хвилин. Результат вважали позитивним при появі двох кольорових смужок на С (контрольній) і Т (тестовій) рисках.

Від хворих на вірусний ринотрахеїт котів до початку лікування та після проведеного лікування відбирали проби цільної крові для загального аналізу, який проводили в умовах ветеринарного сервісу з

допомогою гематологічного аналізатора RT-7600 VET виробництва Китаю.

Задля визначення і порівняння ефективності двох різних схем лікування було проведено експериментальне дослідження. Для цього було сформовано дві групи тварин по 5 хворих котів різного віку, не вакцинованих проти герпесвірусної інфекції.

Котам першої групи (схема 1) застосовували системний противірусний препарат на основі діючої речовини фамцикловіру «Віракса» протягом 10 днів, антибіотик тетрациклінової групи «Юнідокс Солютаб» протягом 7 днів, імуномодулятор «Роборанте Калієр» протягом 7 днів, внутрішньовенні інфузії розчину «Рінгера» та 0,9 % розчину натрію хлориду, підігрітими до 38 °С, протягом 3–5 днів.

Котам другої групи (схема 2) застосовували імуномодулятор «Фоспреніл» протягом 10 днів, антибіотик широкого спектру дії «Синулокс» протягом 7 днів, комплекс вітамінів групи В «Гепаві-кел» протягом 7 днів, внутрішньовенні інфузії розчином «Рінгера» та 0,9 % розчином натрію хлориду, підігрітими до 38 °С, протягом 3–5 днів.

Тваринам обох груп застосовували очну окситетрациклінову мазь 3–4 рази на день протягом 7 днів. За наявності у котів виразок на рогиці очей додатково застосовували очний гель «Корнерегель» 3–4 рази на день.

Статистичну обробку цифрових даних проводили із застосуванням програми Microsoft Excel шляхом визначення середнього арифметичного значення (М) та його похибки (m). В усіх випадках вірогідними вважали відмінності за умови значення ймовірності $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

Згідно з проаналізованих протягом 2023 року даними журналів клініки, випадків захворювання на герпесвірусну інфекцію серед щеплених згідно з інструкціями котів зареєстровано не було, що підтверджує високу профілактичну ефективність використаних в умовах установи ветеринарної медицини вакцин (Nobivac Tricat Trio та Felocell 4) вакцин.

Протягом 2019–2024 років у клініці зареєстровано 375 котів, хворих на інфекційний ринотрахеїт (рис. 1).

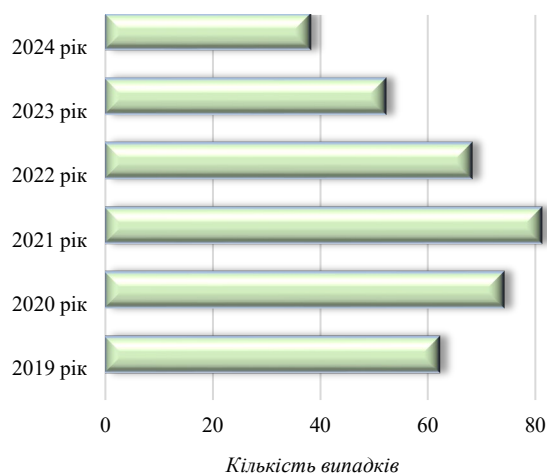


Рис. 1. Захворюваність котів на інфекційний ринотрахеїт в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави протягом 2019–2024 рр.

Отримані дані свідчать про те, що в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави було зареєстровано 2019 року – 62 коти, 2020 – 74, 2021 – 81, 2022 – 68, 2023 – 52, 2024 – 38 тварин, хворих на інфекційний ринотрахеїт.

З'ясовано, що хворі тварини не були вакциновані проти інфекційного ринотрахеїту або було порушено схему вакцинації.

Вікові показники захворюваності котів на інфекційний ринотрахеїт протягом 2023 року відображені у **таблиці 1**.

Таблиця 1

Вікові показники захворюваності котів на інфекційний ринотрахеїт протягом 2023 року

Вік тварин	Кількість хворих тварин	%
1–2 місяці	5	9,6
2–3 місяці	27	51,9
3–4 місяці	11	21,2
5–6 місяців	2	3,8
3–5 років	7	13,5

З **таблиці 1** видно, що частіше на ІРТ хворіли кошенята у віці 2–3 місяці (їх кількість становила 51,9 % від загальної кількості хворих тварин). Визначено, що найменше тварин уражених ІРТ встановлено серед молодяку у віці від 5 до 6 місяців де їх кількість складала 3,8 %.

Дані щодо реєстрації випадків інфекційного ринотрахеїту у котів згідно із сезонами календарного року відображені у **таблиці 2**.

Таблиця 3

Гематологічні показники у котів, хворих на інфекційний ринотрахеїт, n=5 (M±m)

Показники	Норма*	До лікування	Після лікування
Еритроцити (RBC), 10 ¹² /L	5,5 – 10	4,8±0,47	8,1±1,1***
Лейкоцити (WBC), 10 ⁹ /L	5,5 – 19,5	31,6±2,2	18,2±1,2***
Тромбоцити (PLT), 10 ⁹ /L	160 – 630	201,0±12,0	189,2±10,1
Гемоглобін (HGB), g/L	90 – 160	142,9±3,4	154,0±6,0*
Гематокрит (HCT), %	26 – 48	41,0±0,5	41,2±1,2
Лімфоцити (LYM), %	20 – 55	61,0±2,0	44,1±1,6***
Моноцити (MID), %	1 – 4	2,8±0,2	2,8±0,7
Гранулоцити (GRAN), %	45 – 80	88,1±2,2	69,0±2,0***

Примітки: ступінь вірогідності порівняно з показниками крові котів до початку лікування – P<0,05-*, P<0,001-***; * – норми подано відповідно до керівництва з експлуатації гематологічного аналізатора RT-7600 VET.

Дані **таблиці 3** свідчать про те, що у крові хворих тварин відмічено лейкоцитоз через збільшення понад норму відносної кількості лімфоцитів до 61,0 % через вірусну інфекцію та відносної кількості гранулоцитів до 88,1 % внаслідок запальних процесів в організмі. Ці зміни показників крові котів за наявності інфекційного ринотрахеїту також підтверджуються результатами досліджень інших авторів [17, 18].

Варто зазначити, що у крові хворих котів порівняно з нормативним показником також було зафіксовано зниження кількості еритроцитів – до 4,8±0,47 10¹²/L.

Результати досліджень гематологічних досліджень котів свідчать про те, що внаслідок проведеного лікування всі досліджені показники крові після лікування від інфекційного ринотрахеїту прийшли до меж фізіологічної норми. Зокрема, у порівнянні з

Таблиця 2

Реєстрація випадків інфекційного ринотрахеїту у котів у розрізі місяців 2023 року в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert»

Місяць року	Випадки хвороби	
	тварин	%
Січень	4	7,6
Лютий	1	1,9
Березень	8	15,4
Квітень	2	3,9
Травень	2	3,9
Червень	4	7,6
Липень	0	0
Серпень	2	3,9
Вересень	9	17,3
Жовтень	3	5,7
Листопад	11	21,2
Грудень	6	11,6

Отримані дані свідчать про те, що епізоотичний процес хвороби характеризувався сезонністю. Протягом 2023 року найбільше випадків герпесвірусної інфекції (44,2 %) виникало в осінній період, навесні реєстрували 23,1 % хворих тварин, у зимовий період – 21,2 % випадків хвороби, а найменше (11,5 %) – влітку.

Також нами було досліджено окремі показники крові котів, хворих на інфекційний ринотрахеїт, до та після проведеного лікування (за схемою №2). Результати отриманих даних відображені у **таблиці 3**.

показниками крові до початку проведеного лікування зафіксовано вірогідне збільшення кількості еритроцитів у 1,7 раза (P<0,001), зниження кількості лейкоцитів у 1,7 раза (P<0,001), відсотку лімфоцитів та гранулоцитів у 1,4 (P<0,001) та 1,3 раза (P<0,001) відповідно. Окрім того, відбулися також позитивні зрушення з боку показнику гемоглобіну, концентрація в крові котів якого зросла на 7,21 % (P<0,05).

Протягом лікування температура тіла у тварин, яких лікували за першою схемою, поверталася до норми на другу добу, а у тварин, яких лікували за другою схемою – на третю добу.

Апетит та активність у тварин з'явилися на 3 та 5 добу відповідно. Чихання та виділення із носа у котів, яких лікували за першою схемою, минали через 4 доби, а у котів, яких лікували за другою схемою – через 5–6 діб.

Гнійний кон'юнктивіт у тварин обох груп минав за 4–5 діб.

Отже, при лікуванні тварин за першою терапевтичною схемою спостерігали більш швидке зникнення клінічних ознак хвороби, більш швидке одужання та відсутність летальних випадків.

При лікуванні тварин за другою схемою загинула одна тварина на п'ятий день лікування.

При лікуванні тварин за першою схемою жодна тварина не загинула.

Летальність серед тварин другої групи склала 20 %. Отже, терапевтична ефективність першої схеми лікування була на 20 % вища, ніж другої схеми.

Висновки

За період 2019–2024 років в умовах ветеринарного сервісу «VetExpert» міста Полтави було виявлено 375 хворих на інфекційний ринотрахеїт (ІРТ) котів.

Найбільше хворих на герпесвірусну інфекцію тварин було виявлено серед кошенят віком 2–3 місяці, що становило 51,9 % від усіх хворих тварин. Встановлено, що коти, які захворіли, не були щеплені проти інфекційного ринотрахеїту, або мали щеплення з порушенням схеми вакцинацій. Епізоотичний процес хвороби характеризувався сезонністю з піком захворювання восени, де кількість виявлених в умовах ветеринарного сервісу хворих на ІРТ котів була найвищою – 44,2 %.

У крові хворих котів зафіксовано лейкоцитоз за рахунок збільшення відносної кількості лімфоцитів внаслідок вірусної інфекції та відносної кількості гранулоцитів внаслідок запальних процесів в організмі. Після проведеного лікування показники крові котів свідчили про позитивний вплив підбраної терапії («Роборанте Калієру», «Юнідоксу Солютабу», «Віракси» та розчину «Рінгера»), зокрема зафіксовано вірогідне збільшення кількості еритроцитів ($P < 0,001$) на фоні зниження кількості лейкоцитів ($P < 0,001$) та відсотку лімфоцитів з гранулоцитами ($P < 0,001$), зростає концентрація гемоглобіну ($P < 0,05$).

Застосування схеми лікування з використанням імуномодулятора «Роборанте Калієру», антибактеріального засобу «Юнідоксу Солютабу», противірусного препарату «Віракси» та розчину «Рінгера» було на 20 % ефективнішим, порівняно із схемою («Фоспреніл», «Синулокс», «Гепаві-кел», розчин «Рінгера»), за швидкістю настання одужання тварин, та за відсутністю летальних випадків.

Перспективи подальших досліджень. У подальших дослідженнях плануємо провести епізоотологічний моніторинг та аналіз ефективності різних схем лікування інфекційних хвороб котів у ветеринарних клініках міста Полтави й області.

Конфлікт інтересів




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

References

1. Maes, R. (2012). Feline herpesvirus type 1 infection in cats: A natural host model for alphaherpesvirus pathogenesis. *ISRN Veterinary Science*, 2012 (1), 495830. <https://doi.org/10.5402/2012/495830>
2. *Varicellovirus felidalpha1*. (2024). *International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). Official Taxonomic Resources*. Retrieved from: https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode_id=202401453&taxon_name=Varicellovirus%20felidalpha1
3. Gould, D. (2011). Feline herpesvirus-1. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 13 (5), 333–346. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2011.03.010>
4. Maggs, D. J. (2005). Update on pathogenesis, diagnosis, and treatment of Feline herpesvirus type 1. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 20 (2), 94–101. <https://doi.org/10.1053/j.ctsap.2004.12.013>
5. Nasisse, M. P., Guy, J. S., Davidson, M. G., Sussman, W. A., & Fairley, N. M. (1989). Experimental ocular herpes virus infection in the cat. Sites of virus replication, clinical features and effects of corticosteroid administration. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 30 (8), 1758–1768.
6. Kuroda, Y., Yamagata, H., Nemoto, M., Inagaki, K., Tamura, T., & Maeda, K. (2019). Antiviral effect of sinefungin on in vitro growth of feline herpesvirus type 1. *The Journal of Antibiotics*, 72 (12), 981–985. <https://doi.org/10.1038/s41429-019-0234-4>
7. Bergmann, M., Ballin, A., Schulz, B., Dörfelt, R., & Hartmann, K. (2019). Therapie des akuten viralen Katzenschnupfens. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere / Heimtiere*, 47 (02), 98–109. <https://doi.org/10.1055/a-0870-0801>
8. Snoeck, R. (2000). Antiviral therapy of herpes simplex. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 16 (2), 157–159. [https://doi.org/10.1016/s0924-8579\(00\)00233-8](https://doi.org/10.1016/s0924-8579(00)00233-8)
9. Nasisse, M. P., Dorman, D. C., Jamison, K. C., Weigler, B. J., Hawkins, E. C., & Stevens, J. B. (1997). Effects of valacyclovir in cats infected with feline herpesvirus 1. *American Journal of Veterinary Research*, 58 (10), 1141–1144. <https://doi.org/10.2460/ajvr.1997.58.10.1141>
10. Malik, R., Lessels, N. S., Webb, S., Meek, M., Graham, P. G., Vitale, C., Norris, J. M., & Power, H. (2009). Treatment of feline herpesvirus-1 associated disease in cats with famciclovir and related drugs. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11 (1), 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2008.11.012>
11. Fontenelle, J. P., Powell, C. C., Veir, J. K., Radecki, S. V., & Lappin, M. R. (2008). Effect of topical ophthalmic application of cidofovir on experimentally induced primary ocular feline herpesvirus-1 infection in cats. *American Journal of Veterinary Research*, 69 (2), 289–293. <https://doi.org/10.2460/ajvr.69.2.289>
12. Maggs, D. J., Nasisse, M. P., & Kass, P. H. (2003). Efficacy of oral supplementation with L-lysine in cats latently infected with feline herpesvirus. *American Journal of Veterinary Research*, 64 (1), 37–42. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2003.64.37>
13. Stiles, J., Townsend, W. M., Rogers, Q. R., & Krohne, S. G. (2002). Effect of oral administration of L-lysine on conjunctivitis caused by feline herpesvirus in cats. *American Journal of Veterinary Research*, 63 (1), 99–103. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2002.63.99>
14. Gaskell, R., Dawson, S., Radford, A., & Thiry, E. (2007). Feline herpesvirus. *Veterinary Research*, 38 (2), 337–354. <https://doi.org/10.1051/vetres:2006063>
15. Beaumont, S. L., Maggs, D. J., & Clarke, H. E. (2003). Effects of bovine lactoferrin on *in vitro* replication of feline herpesvirus. *Veterinary Ophthalmology*, 6 (3), 245–250. <https://doi.org/10.1046/j.1463-5224.2003.00301.x>
16. Fiorito, F., Cantiello, A., Granato, G. E., Navas, L., Diffidenti, C., De Martino, L., Maharajan, V., Olivieri, F., Pagnini, U., & Iovane, G. (2016). Clinical improvement in feline herpesvirus 1 infected cats by oral low dose of interleukin-12 plus interferon-gamma. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 48, 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2016.07.006>
17. Tang, T. M. N. (n.d.). Feline Herpesvirus Infection- Diagnosis. *Bioguard*. Retrieved from: <https://www.bioguardlabs.com/feline-herpes-virus-infection-diagnosis/>
18. Ngoc, N. T., Phan, L. V., Hanh, N. T., Luu, H. C., Ngoc, T. T. B., Yên, N. T., & Hùng, L. V. (2021). Application of PCR techniques for diagnosis of feline herpesvirus -1 (FHV-1) in Cats. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, 9 (5), 616–624.

19. Dall'Ara, P., Labriola, C., Sala, E., Spada, E., Magistrelli, S., & Lauzi, S. (2019). Prevalence of serum antibody titres against feline panleukopenia, herpesvirus and calicivirus infections in stray cats of Milan, Italy. *Preventive Veterinary Medicine*, 167, 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.03.010>
20. Vaccine recommendations for cats according to their Lifestyle. (2020). *European Advisory Board on Cat Diseases (ABCD)*. Retrieved from: https://www.abcdcatsvets.org/wp-content/uploads/2022/11/TOOL_Vaccine-recommendations_Feb_2020_EN.pdf
21. Hosie, M. J., Addie, D. D., Boucraut-Baralon, C., Egberink, H., Frymus, T., Gruffydd-Jones, T., Hartmann, K., Horzinek, M. C., Lloret, A., Lutz, H., Marsilio, F., Pennisi, M. G., Radford, A. D., Thiry, E., Truyen, U., & Möstl, K. (2015). Matrix vaccination guidelines. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 17 (7), 583–587. <https://doi.org/10.1177/1098612x15590732>
22. Thiry, E., Addie, D., Belák, S., Boucraut-Baralon, C., Egberink, H., Frymus, T., Gruffydd-Jones, T., Hartmann, K., Hosie, M. J., Lloret, A., Lutz, H., Marsilio, F., Pennisi, M. G., Radford, A. D., Truyen, U., & Horzinek, M. C. (2009). Feline herpesvirus infection: ABCD guidelines on prevention and management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11 (7), 547–555. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.05.003>
23. Egberink, H., Frymus, T., Hartmann, K., Möstl, K., Addie, D. D., Belák, S., Boucraut-Baralon, C., Hofmann-Lehmann, R., Lloret, A., Marsilio, F., Pennisi, M. G., Tasker, S., Thiry, E., Truyen, U., & Hosie, M. J. (2022). Vaccination and antibody testing in cats. *Viruses*, 14 (8), 1602. <https://doi.org/10.3390/v14081602>

ORCID

- O. Titarenko  <https://orcid.org/0000-0002-7370-8523>
- O. Kyrchko  <https://orcid.org/0000-0002-0769-0804>
- V. Skrypnyk  <https://orcid.org/0009-0006-4282-6638>



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

Application of an X-ray probe for measuring and determining the spatial position of a wound channel during forensic veterinary examination

I. Yatsenko^{1,2} | V. Kozachok¹

Article info

Correspondence Author
I. Yatsenko
E-mail:
yatsenko-1971@ukr.net¹ State University of
Biotechnology,
Alchevsky Str., 44, Kharkiv,
61002, Ukraine² National Scientific Center
"Hon. Prof. M. S. Bokarius
Forensic Science Institute",
8-a Zolochivska Str.,
Kharkiv, Ukraine, 61177,
Ukraine**Citation:** Yatsenko, I., & Kozachok, V. (2025). Application of an X-ray probe for measuring and determining the spatial position of a wound channel during forensic veterinary examination. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 148–154. doi: 10.31210/spi2025.28.04.22

The study and analysis of the parameters of wounds caused by sharp instruments, particularly the wound tract, play an important role in the diagnosis and assessment of injuries in animals. The relevance of this topic lies in the specific features of the etiopathogenesis and pathophysiology of such injuries, as well as the need to improve diagnostic methods and develop clear algorithms for conducting forensic veterinary examinations. This paper presents the application of an original radiographic probe for examining and determining the spatial orientation of the wound tract, establishes its practical effectiveness in forensic veterinary expertise, and evaluates the prospects for further use of the instrument, taking into account its properties. It is shown that the instrument has a cylindrical, hollow structure with a diameter ranging from 3 to 5 mm and a variable length. Its distal end is blunt. The probe surface is marked with 1 cm graduations. A key feature of the radiographic probe is the ability to fill its cylindrical tube with a radiopaque contrast agent (Omnipaque, Ultravist) via a dedicated connector. Examination of the wound tract is performed by carefully inserting the probe into the animal's wound channel, followed by radiography of the affected body region. The radiographic image clearly visualizes the projection of the probe, allowing accurate determination of the spatial location of the wound tract in any part of the body. It has been demonstrated that the design of the developed instrument possesses several important characteristics: the ability to precisely penetrate narrow cavities; the capability to determine and measure the depth of the wound tract due to the surface markings on the probe; and an optimal balance of rigidity and flexibility for the examination of tortuous wound tracts. The instrument enables identification of the location and depth of a foreign object within the wound tract and ensures its visualization on radiographs. In addition, it is characterized by long-term preservation of operational properties, resistance to fracture under lateral loads, reusability, ease of manufacturing new units, and compliance with ergonomic requirements. The main aspects of effectiveness are considered, including the accuracy of the data obtained, ease of use for the forensic veterinary expert, and the probe's ability to adapt to a wide variety of wound types. The application of the proposed instrument will contribute to increasing the informativeness of studies in the field of forensic veterinary wound examination.

Keywords: forensic veterinary examination, animals, wound injuries, wound tract, radiographic probe, investigation.

Застосування рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування раневого каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи

I. В. Яценко^{1,2} | В. В. Козачок¹¹ Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна² Національний науковий
центр «Інститут судових
експертиз ім. Засл. проф.
М. С. Бокаріуса»
м. Харків, Україна

Дослідження та аналіз параметрів ран, спричинених гострими зброями, зокрема раневого каналу, відіграють важливу роль у діагностиці та оцінці ушкоджень у тварин. Актуальність цієї теми зумовлена особливостями етіопатогенезу та патофізіології таких ушкоджень, а також необхідністю вдосконалення методів діагностики та розробки чітких алгоритмів для проведення судово-ветеринарної експертизи. У роботі розкрито застосування авторського рентген-зонда для обстеження та визначення просторового розташування раневого каналу, визначивши його практичну ефективність у судово-ветеринарній експертизі, а також оцінити перспективи подальшого застосування інструмента, враховуючи його властивості. Показано, що даний інструмент має циліндричну, порожнисту форму з діаметром від 3 до 5 мм і може змінюватися за довжиною. Його передня частина закінчується тупо. На стінці зонда нанесено розмітку з поділками по 1 см. Важливою особливістю рентген-зонда є можливість заповнення його циліндричної трубки рентген-контрастною речовиною (Омніпак, Ультравіст) через спеціальний конектор. Дослідження раневого каналу здійснюється шляхом обережного введення зонда в рановий канал тварини, після чого виконують рентгенографію ураженої ділянки тіла. На рентгеновському знімку чітко видно проєкцію зонда, що дозволяє точно визначити просторове розташування раневого каналу в будь-якій частині тіла. Доведено, що конструкція розробленого інструмента має низку важливих характеристик: здатність точно проникати у вузькі порожнини, можливість визначення та вимірювання глибини раневого каналу завдяки розмітці на поверхні зонда, оптимальне поєднання жорсткості та гнучкості для дослідження звивистих ранових ходів. Інструмент дозволяє визначити місцезнаходження та глибину залягання стороннього предмета в рановому каналі й забезпечує його візуалізацію на рентгенограми. Також він відзначається тривалим збереженням експлуатаційних властивостей, стійкістю до поломок при бічних навантаженнях, багаторазовим використанням, простотою у виготовленні нових зразків і відповідністю ергономічним вимогам. Розглянуто основні аспекти ефективності, зокрема точність отриманих даних, зручність використання для судово-ветеринарного експерта та здатність зонда адаптуватися до різноманітних ран. Застосування запропонованого інструменту сприятиме підвищенню інформативності досліджень у сфері судово-ветеринарної експертизи ран.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, тварини, ранові ушкодження, рановий канал, рентген-зонд, дослідження.**Бібліографічний опис для цитування:** Яценко І. В., Козачок В. В. Застосування рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування раневого каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 148–154.

Вступ

Предметом судово-ветеринарного дослідження поміж іншого є ушкодження різної етіології, зокрема й за насильницьких дій над тваринами під час жорстокого поводження з ними [1, 2], а також під час виникнення різних надзвичайних ситуацій, зокрема й через численні прямі та непрямі наслідки військових дій, коли страждають не тільки люди, інфраструктура, довкілля, але й тварини, що підтверджується численними науковими дослідженнями та публікаціями [3].

Травми, завдані гострими знаряддями, у судово-ветеринарній практиці трапляються значно рідше, ніж ушкодження, спричинені тупими предметами, а також випадками отруєння. Це спостереження відіграє важливу роль для встановлення значення таких ушкоджень у процесі досудового розслідування правопорушень, скоєних проти здоров'я і життя тварин [4].

Дослідження та оцінка параметрів ран від дії гострих знарядь, зокрема й ранового каналу, має ключове значення у діагностиці ушкоджень тварин гострими знаряддями, зокрема й за вогнепальних та осколкових поранень [5]. Це обумовлено специфічними етіопатогенетичними та патофізіологічними характеристиками таких ушкоджень, а також потребою у розробці ефективної діагностики, специфічного лікування, алгоритмів проведення судово-ветеринарної експертизи [6].

Відомо, що ранові ушкодження характеризуються наступними особливостями: поділ на три зони: рановий отвір, рановий канал та дно [7]; стадійний розвиток протікання та процесів загоєння [8]; часте виявлення сторонніх тіл у рановому каналі або в тканинах навколо рани [9]; забруднення рани додатковими елементами, такими як пил, земля, уламки скла тощо [10]; наявність значних, множинних уражень життєво важливих органів та м'яких тканин [11]; довгий, та конфігураційно складний рановий канал [12].

Найпростішим і найбільш доступним методом є локальне дослідження ураженої ділянки, яке дозволяє об'єктивізувати обсяги та характер ушкоджень органів і тканин, визначити ступінь тілесних ушкоджень, загрозливих явищ для життя тощо. Це досягається шляхом огляду та ревізії травмованої ділянки, зокрема рани, завданої гострими знаряддями [13].

Як в гуманній, так і у ветеринарній медицині широко застосовується інструментарій для обстеження ран [14, 15], основними з яких є різноманітні зонди [16] та лінійки [17]. Найбільш поширене використання двох видів зондів: гудзикового та жолобуватого. Завдяки спрощеній конструкції ці зонди вирізняються своєю багатофункціональністю і низкою переваг, поміж яких гнучкість для точного введення у вузькі порожнини, легка маса, тривалий термін експлуатації та забезпечення якісного дослідження ділянки ураження.

Однак у них є і значні недоліки, зокрема, відсутність градуйованої розмітки ускладнює точне вимірювання розмірів рани, а також неможливість визначити просторову орієнтацію ранового каналу.

Одноразові лінійки, виготовлені з паперу або пластику, які широко використовуються для вимірювання ран, обмежуються визначенням лише зовнішніх розмірів. Через їхню крихкість, гнучкість і неприйнятні розміри вони не є придатними для вимірювання глибини ранових каналів.

Вимірювання ушкоджень значно впливає на результати діагностики, лікування та проведення судової експертизи [18, 19].

Окрім традиційних одновимірних методів, як-от використання лінійки чи зонда, нині активно застосовуються дво- та тривимірні методи візуалізації, штучний інтелект тощо, які стали ключовими інструментами, що забезпечують глибокий та багатовимірний аналіз, цифрову обробку зображень, точність вимірювань для оцінки складних ушкоджень [20].

Вагомий внесок у дослідження аналізованої проблеми зробили науковці: Biagioni et al. (2021) [21], Dolibog et al. (2023) [22], Tambella et al. (2025) [23], Sharun et al. (2025) [24], Sánchez-Jiménez et al. (2022) [25], Tan et al. (2023) [26], Aarts et al. (2023) [27], Lucas et al. (2021) [28], Li et al. (2020) [29], Velihotskyi et al. (2017) [30].

Наразі відсутність у судово-ветеринарній експертизі засобів для точного вимірювання ран та визначення їх просторового розташування в тілі тварини стимулювала створення нового інструменту для дослідження і вимірювання ранового каналу.

Мета дослідження

Мета дослідження – провести аналіз застосування рентген-зонда для обстеження та визначення просторового розташування ранового каналу, визначивши його практичну ефективність у судово-ветеринарній експертизі, а також оцінити перспективи подальшого застосування інструмента, враховуючи його властивості.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження був рентген-зонд, розроблений авторами цієї роботи. Експериментальні випробування проводились на трупах собак (n=5) і котів (n=3). У різних ділянках тіла створювали ранові ушкодження за допомогою колючого знаряддя. В рановий канал вводили рентген-зонд, наповнений контрастною речовиною Омніпак. Згодом здійснювали рентгенографію трупів із використанням апарата «Diagnostic X-RAY UNIT (model: PXM-408T PLUS)» (Китай), визначали довжину та просторове розташування ранового каналу. Після успішного підтвердження ефективності застосування рентген-зонда на трупах тварин проводили його практичне використання у рамках судово-ветеринарної експертизи як для живих тварин із ушкодженнями від гострих знарядь, так і для трупів тварин.

Результати та їх обговорення

Аналізувати досвід використання розробленого авторами цієї публікації рентген-зонда для обстеження та визначення просторового розташування

раневого каналу слід із врахуванням його практичного застосування, зокрема й у судово-ветеринарній експертизі тварин, травмованих гострими знаряддями.

Варто розглянути ключові аспекти ефективності, такі як точність отриманих даних, зручність використання для судово-ветеринарного експерта та здатність зонда адаптуватися до різних типів ран. Дослідження, засновані на судово-ветеринарній практиці, можуть надати важливу інформацію про те, наскільки впровадження цього інструменту сприяє покращенню результатів судово-ветеринарних досліджень.

Оцінка перспективності використання розробленого інструмента базується на порівнянні з

аналогами, економічній доцільності його впровадження, а також можливості модифікації для розширення функційності. Такий підхід допоможе визначити, чи здатен розроблений і запропонований для судово-ветеринарної практики зонд вагоме місце у діагностичній та судово-ветеринарній практиці і чи виправдає він очікування.

Зонд для обстеження та визначення просторового розташування раневого каналу був застосований під час судово-ветеринарного дослідження 85 (100 %) підекспертних тварин, як самців, так і самок, поміж яких: собаки – 55 та котів – 30 у період 2021–2025 роки з ушкодженнями м'яких тканин різної локалізації (*табл. 1*).

Таблиця 1

Розподіл підекспертних собак і котів на яких досліджено властивості зонда

Ділянки тіла, в яких досліджені рани та їх характер	Коти		Собаки		Всього	
	голів (n=30)	%	голів (n=55)	%	голів (n=85)	%
Голова	4	13,3	7	12,7	11	12,9
Шия	3	10,0	9	16,4	12	14,1
Грудна клітка	8	26,7	17	30,9	25	29,4
Черевна стінка	6	20,0	11	20,0	17	20,0
Грудні кінцівки	4	13,3	5	9,1	9	10,7
Тазові кінцівки	5	16,7	6	10,9	11	12,9
Колоті рани	9	33,3	13	23,6	22	25,9
Колото-різані рани	21	70,0	42	76,4	63	74,1
Проникаючі в порожнини тіла рани	11	36,7	38	69,1	49	57,6
Непроникаючі в порожнини тіла рани	19	63,3	17	30,9	36	42,4
Поверхневі рани	3	10,0	5	9,1	8	9,4
Глибокі рани	27	90,0	50	90,9	77	90,6
Сліпі рани	26	86,7	7	12,7	33	38,8
Наскрізні рани	4	13,3	18	87,3	52	61,2
Одиничні рани	16	53,3	47	85,5	63	74,1
Множинні	14	46,7	8	14,5	22	25,6
Ізольовані рани	6	20,0	10	18,2	16	19,8
Поєднані	24	80,0	45	81,8	69	81,2
Згруповані рани	16	53,3	47	85,5	63	74,1
Розсіянні рани	14	46,7	8	14,5	22	25,9

Як показують дані таблиці, найбільша кількість ушкоджень, спричинених гострими знаряддями у собак і котів, припадає на ділянку грудної клітки, тоді як найменша – на шийний відділ у собак та грудну кінцівку у котів.

Щодо характеру ушкоджень, то під час випробування зонда у собак переважали колото-різані, непроникаючі, глибокі, сліпі, одиничні, комбіновані та згруповані ранові ушкодження. У свою чергу, у котів частіше фіксували колото-різані, проникні в порожнини тіла, глибокі, наскрізні, одиничні, комбіновані та згруповані ранові ушкодження. Таким чином, можна зробити висновок, що в експерименті була задіяна достатня кількість тварин із різноманітними видами ушкоджень гострими знаряддями, що дало змогу підтвердити ефективність розробленого підходу в судово-ветеринарній експертизі.

Плануючи конструкцію зонда ми прагнули, щоб він відповідав таким вимогам:

- здатність точно вводиться у вузькі порожнини;
- можливість виміряти глибину раневого каналу завдяки розмітці на поверхні зонда;
- оптимальне поєднання жорсткості конструкції з гнучкістю для обстеження звивистих ранових ходів;
- довговічність збереження експлуатаційних властивостей;

– можливість вимірювання глибини залягання в раневому каналі стороннього предмета, а також візуалізувати його на рентгенограмі;

– запобігання поломкам інструменту при бічних навантаженнях;

– можливість багаторазового застосування;

– простота виготовлення нового екземпляра зонда;

– відповідність ергономічним вимогам (*рис. 1*).

Практичне застосування авторської розробки показало позитивні результати та можливість використання її в практиці судово-ветеринарної експертизи. Зонд може бути виготовлений з різних матеріалів, включаючи силікон, латекс із силіконовим покриттям або поліхлорвініл. Для цих цілей може використовуватись катетер Нелатона, запаявши всі отвори, які є на його передньому кінці.

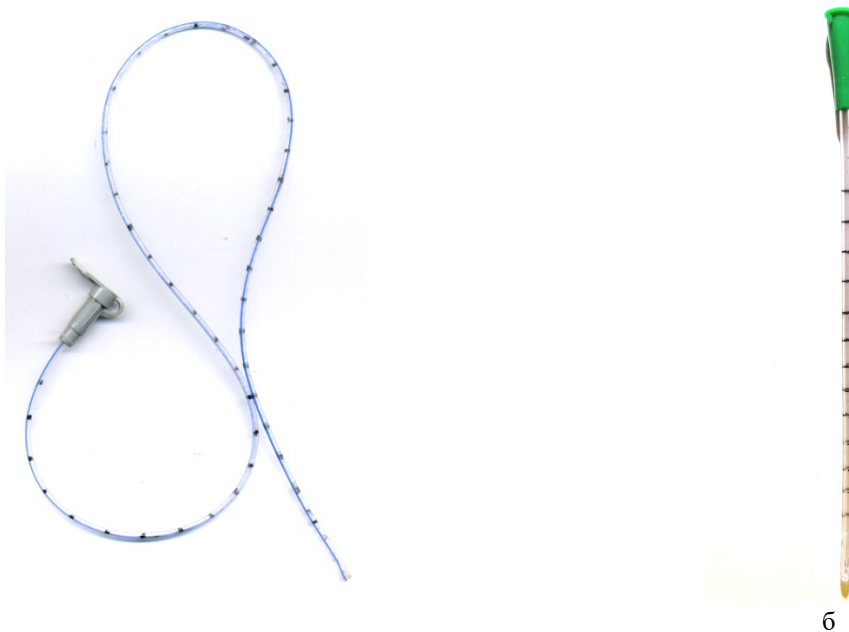
Цей інструмент має циліндричну форму із порожниною всередині, загальним діаметром від 3 до 5 мм і може бути різної довжини. Його передній кінець закінчується сліпо, а на задньому знаходиться конектор з пластиковим фіксатором. Через конектор в порожнину зонда вводять рентген-контрастну речовину (Омніпак Ультравіст та ін.). Це зручно робити за допомогою шприца. На стінці зонда є розмітка з ціною поділок 1 см, які знадобляться для вимірювання довжини раневого каналу (*рис. 2*).



а

б

Рис. 1. Колота рана тазової кінцівки у пса:
а – зовнішній вигляд; б – зонд в рановому каналі



б

Рис. 2. Загальний вигляд рентген-зонда, виготовленого на основі урогенітального зонда (а), катетера Нелатона (б)

Дослідження ранового каналу полягає в тому, що рентген-зонд обережно поміщають в рановий канал тварини, а далі проводять рентгенографію, пораненої ділянки тіла тварини. На рентгеновському знімку чітко помітна проекція зонда, за якою можна визначити просторове розташування ранового каналу в будь-якій ділянці тіла (рис. 3).

Під час початкового й подальших обстежень тварин з рановими ушкодженнями, після загального та локального огляду в процесі ревізії ран, додатково з діагностичною метою необхідно використовувати

розроблений авторами цієї публікації зонд для дослідження ран.

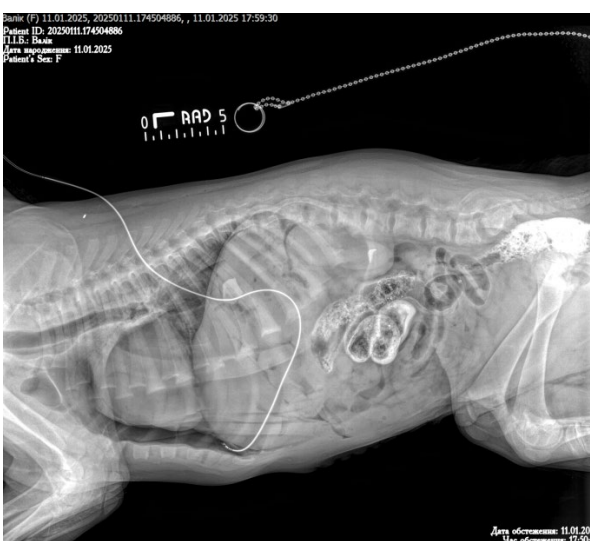
Тож за допомогою цього інструмента було виконано вимірювання ширини, довжини і глибини 85 ран у живих собак і котів, а також трупів тварин під час судово-ветеринарного дослідження. Це дозволило отримати об'єктивні дані про розміри ран, завданих гострими знаряддями, протяжність ранових каналів, їх просторову орієнтацію і характеристики динаміки ранового загоєння.



а



б



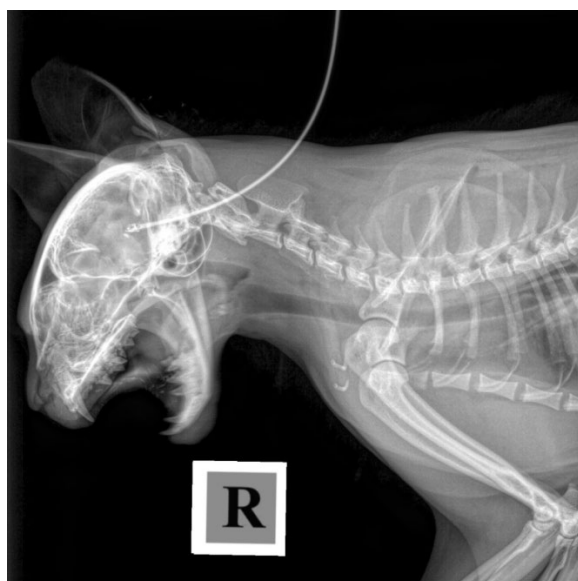
в



г



г



д

Рис. 3. Просторове розташування ранового каналу, визначене за допомогою рентген-зонда у пса: а – в нирковій ділянці, б – в ділянці мечоподібного відростка, в – в ділянці дорсального середостіння, г – в ділянці заплесного суглоба, г – в ділянці холки і ший, д – в ділянці ший і голови. Рентген-контраст Омніпак, рентгенапарат «Diagnostic X-RAY UNIT (model: PXM-408T PLUS)» (Китай)

Тож рентген-зонд забезпечує точне вимірювання глибини та ширини ранового отвору, довжини ранового каналу за шкалою на ньому. Крім того, за допомогою зонда можна знаходити й визначати наявність сторонніх тіл (металевих осколків, уламків скла тощо) в рановому каналі, шляхом виявлення ефекту «зісковзування» або «упирання», що виникає внаслідок взаємодії переднього, сліпого кінця зонда з поверхнею стороннього предмета. Також зондом можна виміряти глибину залягання стороннього предмета в рановому каналі, а на рентген-знімку ділянки ушкодження тварини – визначити його форму, щільність, розміри та ін. характеристики.

Під час ревізії ранових каналів у тварин із застосуванням розробленого зонда було виявлено сторонні тіла із встановленням їх точної локалізації у 9 трупів собак, 4 живих котів, 3 трупів котів за допомогою рентгенографії. Після видалення сторонніх предметів із ранових каналів, рани повторно зондували, виявляли нові ранові канали, визначивши їх напрямок та точну локалізацію.

Запропонований інструмент може використовуватися як самостійно, так і в комбінації з іншими хірургічними чи патологоанатомічними інструментарієм. Під час проведення зондування ранових каналів у живих підекспертних тварин не було зафіксовано жодних ускладнень або негативних наслідків, пов'язаних із застосуванням рентген-зонда.

Зважаючи на те, що зонд виготовлено із силікону, латексу із силіконовим покриттям або поліхлорвінілу, стерилізацію потрібно проводити з урахуванням таких особливостей: передстерилізаційне очищення інструмента дозволено виконувати будь-яким способом, відповідно до рекомендацій. Стерилізація можлива виключно хімічними або газовими методами. Не допускається нагрівати зонд вище 60 °С.

Позитивні результати, отримані від застосування інструмента для дослідження та вимірювання ранового каналу, дають підстави рекомендувати його для використання в практиці судово-ветеринарної експертизи тварин за травм, заподіяних гострими знаряддями.

Висновки

1. Використання розробленого рентген-зонда для вимірювання та визначення просторового розташування ранового каналу під час проведення судово-ветеринарної експертизи є простим, доступним та інтуїтивно зрозумілим для судово-ветеринарних експертів.

2. Рентген-зонд є простим у застосуванні, доступним і зрозумілим для проведення обстеження та вимірювання ранових каналів в будь-якій ділянці тіла.

3. Розроблений рентген-зонд дозволяє проводити інструментальну ревізію ранового каналу, визначити його просторове розташування, протяжність, вимірювати розміри ран (довжину, ширину й глибину).

4. Інструмент може бути застосований на всіх стадіях проведення судово-ветеринарного дослідження трупів тварин, а також живих тварин.

Перспективи подальших досліджень. В подальшому плануємо зосередитись на розробці та обґрунтуванні способів виявлення сторонніх предметів у рановому каналі тварин.

Конфлікт інтересів

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

References

- Cherevko, K. O. (2022). Foreign experience of animal protection institute against cruelty (comparative criminal legal analysis). *Bulletin of Criminological Association of Ukraine*, 27 (2), 37–47. <https://doi.org/10.32631/vca.2022.2.04>
- Yashchenko, A. M. (2026). Cruelty to animals (art. 299 of the Criminal Code of Ukraine): composition of the crime, criminal-and-legal response measures. *Bulletin of Criminological Association of Ukraine*, 27 (2), 48–59. <https://doi.org/10.32631/vca.2022.2.05>
- Pipia, S. (2024). The effect of Russia's invasion of Ukraine on non-human animals: International Humanitarian Law Perspectives. *Israel Law Review*, 57 (2), 265–287. <https://doi.org/10.1017/s0021223724000086>
- Yatsenko, I., & Kozachok, V. (2025). Forensic veterinary examination and assessment of reproductive damage and pregnancy termination in animals caused by sharp and blunt objects. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 193–206. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.30>
- Stoevesandt, D., Woydt, L., Peter, L.-M., & Weber, M. (2024). Forensic-radiological diagnosis of gunshot wounds. *Die Radiologie*, 64 (11), 854–860. <https://doi.org/10.1007/s00117-024-01367-0>
- Zaika, P. O., Kochevchenko, A. S., & Slyusarenko, D. V. (2024). Treatment of mine explosive injury of the distal division of cattle limbs. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 9, 112–119.
- Yatsenko, I., & Kozachok, V. (2025). The procedure for describing injuries inflicted by sharp objects during a forensic veterinary examination. *Directions for the Development of Science in the Context of Global Transformations. Scientific monograph*. (pp. 74–97). Riga, Latvia: Baltija Publishing <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-562-4-5>
- Lux, C. N. (2021). Wound healing in animals: a review of physiology and clinical evaluation. *Veterinary Dermatology*, 33 (1), 91. Portico. <https://doi.org/10.1111/vde.13032>
- Carey Beer, A. J., Hemon, T., Halfacree, Z., Mullins, R. A., Moores, A., de la Puerta, B., Timmermans, J., Shales, C., Goh, D., Best, E., & Bristow, P. (2022). Complications associated with and outcome of surgical intervention for treatment of esophageal foreign bodies in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260 (6), 622–627. <https://doi.org/10.2460/javma.21.01.0060>
- Yatsenko, I., Smirnov, O., & Kozachok, V. (2025). Forensic veterinary examination of animal bodies injured by glass fragments. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 16 (1), 40–58. <https://doi.org/10.31548/veterinary1.2025.40>
- Mansbridge, N., Kallis, G., He, J., Pearce, I., & Fenner, J. (2024). Physical examination and CT to assess thoracic injury in 137 cats presented to UK referral hospitals after trauma. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 26 (2). <https://doi.org/10.1177/1098612x241228050>
- Kyshkan, P., & Savka, I. (2021). 3D-modeling of an experimental wound channel caused by a piercing-cutting object with bilateral blade grinding. *Forensic-Medical Examination*, 2, 74–83. <https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2021.9>
- Yatsenko, I. V., & Kozachok, V. V. (2025). Practice of forensic veterinary examination of injuries to animals caused by sharp objects. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 4 (67), 116–130. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2024.4.17>

14. Ibraheem, W. I., Bhati, A. K., Hakami, N. A., Alshehri, A. D., Wadani, M. H. M., & Ageeli, F. M. E. (2023). Comparison of digital planimetry and ruler methods for the measurement of extraction socket wounds. *Medicina*, 59(1), 135. <https://doi.org/10.3390/medicina59010135>
15. Zhao, C., Guo, Y., Li, L., & Yang, M. (2024). Non-invasive techniques for wound assessment: A comprehensive review. *International Wound Journal*, 21(11), e70109. <https://doi.org/10.1111/iwj.70109>
16. Zhong, S. Y., Shu, M. G., & Du, H. C. (2025). Current status, representative devices, and future development trends of wound measurement technologies. *Chinese Journal of Burns and Wounds*, 41(10), 1004–1010. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn501225-20241231-00516>
17. Guarro, G., Cozzani, F., Rossini, M., Bonati, E., & Del Rio, P. (2021). Wounds morphologic assessment: application and reproducibility of a virtual measuring system, pilot study. *Acta Biomedica*, 92(5), e2021227. <https://doi.org/10.23750/abm.v92i5.11179>
18. Jørgensen, L. B., Skov-Jeppesen, S. M., Halekoh, U., Rasmussen, B. S., Sørensen, J. A., Jemec, G. B. E., & Yderstræde, K. B. (2018). Validation of three-dimensional wound measurements using a novel 3D-WAM camera. *Wound Repair and Regeneration*, 26(6), 456–462. <https://doi.org/10.1111/wrr.12664>
19. Kyshkan, P. Y., Savka, I. H., & Marchuk, V. O. (2020). Using 3D-modelling methods during acute heart injury examination. *Forensic-Medical Examination*, 1, 75–84. <https://doi.org/10.24061/2707-8728.1.2020.10>
20. Giggin, T., Martin, K. D., Vebugopal, S. K., Anil, K. S., Sreeranjini, A. R., & Narayanan, M. K. (2024). Comparative analysis of mathematical models and app-based measurement for estimating the cutaneous wound areas of captive Asian elephants. *Cureus*, 16(7), e65533. <https://doi.org/10.7759/cureus.65533>
21. Biagioni, R. B., Carvalho, B. V., Manzoni, R., Matiolo, M. F., Brochado Neto, F. C., & Sacilotto, R. (2021). Smartphone application for wound area measurement in clinical practice. *Journal of Vascular Surgery Cases, Innovations and Techniques*, 7(2), 258–261. <https://doi.org/10.1016/j.jvscit.2021.02.008>
22. Dolibog, P. T., Dolibog, P., & Chmielewska, D. (2023). Determining the measurement accuracy in assessing the progress of wound healing. *Advances in Dermatology and Allergology*, 40(4), 554–560. <https://doi.org/10.5114/ada.2023.129326>
23. Tambella, A. M., Galosi, M., Angorini, A., Dini, F., Piccionello, A. P., Di Bella, C., Serino, F., Sassaroli, S., & Troisi, A. (2025). Advances in noncontact measurement of wound area using an application for smart mobile devices. *Advances in Skin & Wound Care*, 38(7), 360–366. <https://doi.org/10.1097/asw.0000000000000296>
24. Khan, S., Banu, S. A., Mamachan, M., Vinodhkumar, O. R., Manjusha, K. M., Kumar, R., Pawde, A. M., Dhama, K., & Pal, A. (2025). Comparative assessment of smartphone-based digital planimetry for wound area measurement. *Narra J*, 5(2). <https://doi.org/10.52225/narra.v5i2.1987>
25. Sánchez-Jiménez, D., Buchón-Moragues, F. F., Escutia-Muñoz, B., & Botella-Estrada, R. (2021). SfM-3DULC: Reliability of a new 3D wound measurement procedure and its accuracy in projected area. *International Wound Journal*, 19(1), 44–51. <https://doi.org/10.1111/iwj.13595>
26. Tan, P., Basonbul, R. A., Lim, J., & Moiemmen, N. (2023). Performance of portable objective wound assessment tools: a systematic review. *Journal of Wound Care*, 32(2), 74–82. <https://doi.org/10.12968/jowc.2023.32.2.74>
27. Aarts, P., van Huijstee, J. C., Ragamin, A., Reeves, J. L., van Montfrans, C., van der Zee, H. H., & Prens, E. P. (2022). Validity and reliability of two digital wound measurement tools after surgery in patients with hidradenitis suppurativa. *Dermatology*, 239(1), 99–108. <https://doi.org/10.1159/000525844>
28. Lucas, Y., Niri, R., Treuillet, S., Douzi, H., & Castaneda, B. (2021). Wound size imaging: Ready for smart assessment and monitoring. *Advances in Wound Care*, 10(11), 641–661. <https://doi.org/10.1089/wound.2018.0937>
29. Li, S., Mohamedi, A. H., Senkowsky, J., Nair, A., & Tang, L. (2020). Imaging in chronic wound diagnostics. *Advances in Wound Care*, 9(5), 245–263. <https://doi.org/10.1089/wound.2019.0967>
30. Velihotskyi, O. M., Mykhailusov, R. M., & Nehoduiko, V. V. (2017). *Patent na korysnu model No 121011. UA. Sposib videoendoskopichnoi vizualizatsii ranovoho kanalu ta storonnikh til.* Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/745897/> [in Ukrainian]

ORCID

I. Yatsenko  <https://orcid.org/0000-0001-8903-2129>
V. Kozachok  <https://orcid.org/0009-0009-5116-0630>



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

Pancreatitis in domestic cats: prevalence

Yu. Dereza  | N. Kanivets

Article info

Correspondence Author

Yu. Dereza

E-mail:

fedorchak96@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Dereza, Yu., & Kanivets, N. (2025). Pancreatitis in domestic cats: prevalence. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 155–158. doi: 10.31210/spi2025.28.04.23

The article presents the results of a comprehensive analysis of the prevalence of non-infectious pancreatitis among domestic cats in the Poltava region during the period 2022–2024. In total, 13,146 cases of disease in cats were registered in veterinary clinics in Poltava, of which 11,437 (87.0 %) were non-infectious pathologies. Digestive disorders accounted for 19.16 % (2,191 cases), among which pancreatitis was diagnosed in 334 animals (15.25 %), which allows us to identify it as one of the leading pathologies of the gastrointestinal tract along with gastroenteritis (291 cases; 13.29 %) and neoplasms (137 cases; 6.25 %). An in-depth analysis included 134 cats with laboratory-confirmed pancreatitis, among which 14 animals were found to have a chronic form of the disease, and 10 had concomitant disorders of the hepatobiliary and digestive systems. An age-related dependence of the development of pathology was established: the largest proportion was animals aged 7–11 years (41.7 %), followed by cats aged 1–6 years (33.3 %) and 12–15 years (25 %). Gender distribution showed no significant differences: females – 54.2 %, males – 45.8 %, which does not indicate a stable gender predisposition to the development of pancreatitis. The obtained results indicate the high clinical significance of pancreatitis in the structure of non-infectious gastroenterological pathologies in cats, its polyetiological nature, and frequent combination with other diseases of the abdominal organs. A summary of the obtained results indicates that pancreatitis is a polyetiological process that often occurs in combination with other inflammatory or metabolic disorders of the abdominal organs. The data presented are of practical importance and can serve as a basis for improving diagnostic approaches, interpretation of clinical and laboratory indicators, and the development of algorithms for early detection of pathology and planning of further studies aimed at clarifying risk factors, breed- and season-related predisposition to pathology, which is especially relevant in the context of an increase in the number of chronic gastroenterological diseases in small domestic animals.

Keywords: research, domestic cat, gastroenterology, pancreas, prevalence of pancreatitis, age, sex.

Панкреатит у свійських котів: поширення

Ю. Ф. Дереза | Н. С. Канівець

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті наведено результати комплексного аналізу поширеності панкреатиту незаразної етіології серед свійських котів Полтавського регіону за період 2022–2024 років. Загалом у ветеринарних клініках м. Полтави зареєстровано 13146 випадків захворювань у котів, з яких 11437 (87,0 %) становили патології незаразної природи. Порушення з боку органів травлення склали 19,16 % (2191 випадок), серед яких панкреатит встановлено у 334 тварин (15,25 %), що дозволяє визначити його як одну з провідних патологій шлунково-кишкового тракту поряд із гастроентеритом (291 випадок; 13,29 %) та новоутвореннями (137 випадків; 6,25 %). Поглиблено дослідили 134 котів з лабораторно підтвердженим панкреатитом, серед яких у 14 тварин виявлено хронічний перебіг захворювання, а у 10 – супутні порушення гепатобілярної та травної систем. Встановлено вікову залежність розвитку патології: найбільшу частку становили тварини віком 7–11 років (41,7 %), далі – котів віком 1–6 років (33,3 %) та 12–15 років (25 %). Статевий розподіл виявив мінімальні відмінності: самки – 54,2 %, самці – 45,8 %, що не свідчить про наявність стабільної статевої схильності до розвитку панкреатиту. Отримані результати вказують на високу клінічну значущість панкреатиту у структурі незаразних гастроентерологічних патологій котів, його поліетіологічний характер та часте поєднання з іншими захворюваннями органів черевної порожнини. Узагальнення отриманих результатів свідчить, що панкреатит є поліетіологічним процесом, який часто перебігає у поєднанні з іншими запальними або метаболічними порушеннями органів черевної порожнини. Представлені дані мають важливе практичне значення і можуть слугувати підґрунтям для вдосконалення діагностичних підходів, інтерпретації клініко-лабораторних показників та формування алгоритмів раннього виявлення патології і планування подальших досліджень, спрямованих на уточнення факторів ризику, породної та сезонної схильності до патології, що особливо актуально в умовах збільшення кількості хронічних гастроентерологічних захворювань у дрібних домашніх тварин.

Ключові слова: дослідження, свійський кіт, гастроентерологія, підшлункова залоза, поширення панкреатиту, вік, стать.**Бібліографічний опис для цитування:** Дереза Ю. Ф., Канівець Н. С. Панкреатит у свійських котів: поширення. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 155–158.

Вступ

Діагностика панкреатиту у свійських котів за життя тварини традиційно вважалася малоймовірною, що зумовлено як відносною рідкістю цього захворювання, так і суттєвими складнощами у встановленні остаточного клінічного діагнозу [4, 13, 16]. У більшості випадків патологічні зміни, характерні для панкреатиту, виявлялися лише під час патологоанатомічного розтину [3, 4, 8, 11]. Наприклад, за даними одного з ретроспективних аналізів секційного матеріалу, приблизно у 3,5 % досліджених котів було виявлено ознаки ураження екзокринної частини підшлункової залози [6]. При цьому автори наголошували, що реальна частка випадків панкреатиту може бути дещо нижчою, оскільки до вибірки було включено різні патології підшлункової залози, зокрема неоплазії, амілоїдоз, кістозні ураження та екзокринну недостатність [19].

В іншому масштабному огляді, який охопив 8687 випадків розтинів котів за тринадцятирічний період, повідомлялося про 40 випадків гострого панкреатиту. Це відповідає приблизно одному випадку на 800 хворих тварин, господарі яких зверталися за допомогою до ветеринарних клінік [18]. Додаткові дослідження демонстрували схожі тенденції: частота виявлення панкреатиту коливалася в межах від 0,57 до 2,9 % [15,19].

Наукова спільнота загалом дійшла висновку, що серед котів переважає інтерстиціальна (неускладнена) форма панкреатиту, тоді як гострі гнійні або некротичні форми реєстрували значно рідше [9, 13, 18, 20]. Існувало також припущення, що в Північній Америці захворюваність на панкреатит може бути вищою, ніж у європейських країнах, і це потенційно пов'язували з більшою поширеністю супутніх патологій, зокрема печінковий ліпідоз у котів, який був поширеним на цьому континенті [17].

У сучасній клінічній практиці дрібних домашніх тварин панкреатит у котів дедалі частіше розглядається як поширена патологія, а не випадкове явище. Така тенденція значною мірою зумовлена суттєвим розширенням можливостей ветеринарної діагностики, зокрема широким впровадженням ультразвукового дослідження органів черевної порожнини та підвищенням рівня фахової підготовки лікарів. Додатково це пов'язано з усвідомленням недостатньої інформативності традиційних методів діагностики й активним розвитком нових лабораторних тестів, що характеризуються високою чутливістю та специфічністю. У котів, як і в інших видів, виокремлюють гострі та хронічні форми панкреатиту, клінічний перебіг та морфологічні особливості яких багато в чому нагадують аналогічні стани, описані у собак [9].

За даними інших дослідників, встановлення діагнозу панкреатит у свійських котів за життя тварини є надзвичайно складним завданням, що зумовлено неспецифічністю клінічних проявів та відсутністю чітко визначених діагностичних порогових значень ліпази. Наголошується також, що у випадках супутніх екстрапанкреатичних патологій

клініко-лабораторні зміни, сумісні з панкреатитом, нерідко не призводять до постановки відповідного клінічного діагнозу [7].

Для уточнення цих аспектів зарубіжні автори провели ретроспективний аналіз 563 госпіталізованих котів із гіперліпаземією. У межах цього дослідження оцінювали частоту встановлення клінічного діагнозу панкреатит у тварин з підвищеною активністю ліпази, а також частоту виявлення супутніх захворювань у котів із підозрою на панкреатичне ураження. Результати показали, що панкреатит діагностувався відносно часто – у 34 % випадків (192 із 563), причому більшість цих тварин мали принаймні одну супутню патологію. Водночас частка котів із панкреатитом без будь-яких інших діагнозів була низькою та становила лише 6 % (33 із 563) [7, 9].

Однак навіть у межах цієї малої підгрупи тварин, щодо яких у медичній документації не вказувалися супутні захворювання, у 70 % котів (23 із 33) під час ультразвукового дослідження все ж реєстрували патологічні зміни з боку кишечника або гепатобіліарної системи. Лише у 30 % тварин (10 із 33) не було виявлено жодних позапанкреатичних ультразвукових аномалій, що підтверджує високу поширеність прихованої коморбідності [7].

Водночас у 66 % котів із гіперліпаземією (371 із 563) не отримали клінічного діагнозу панкреатиту. Цікаво, що у 15 % з них (55 із 371) все ж спостерігали ультразвукові ознаки ураження підшлункової залози, що може свідчити про недооцінювання реальної поширеності цього захворювання або про складність його диференціальної діагностики в умовах супутніх патологічних процесів [5].

Мета дослідження

Мета дослідження полягала у встановленні поширеності патології підшлункової залози – панкреатиту, незаразної етіології, серед свійських котів Полтавського регіону і виявлення вікової та статеві схильності до захворювання.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на базі навчально-науково-виробничої клініки ветеринарної медицини Полтавського державного аграрного університету, а також у ветеринарних закладах (клініках ветеринарної медицини) м. Полтава впродовж 2022–2024 років.

Статистичний аналіз здійснювали за допомогою прикладних програм статистичного аналізу Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

У результаті аналізу журналів амбулаторних хворих та історій хвороб ветеринарних клінік м. Полтави включно з даними навчально-науково-виробничої клініки ветеринарної медицини ПДАУ встановлено, що 2022–2024 років було зареєстровано 13 146 випадків захворювань у свійських котів. Із них

11 437 (переважна більшість) становили патології незаразної етіології.

Серед порушень з боку органів травлення (2191 випадок, 19,16 % від загальної кількості реєстрацій) значну частку становили запальні захворювання. Зокрема, у 291 тварини (13,29 %) діагностували гастроентерит, у 334 котів (15,25%) – панкреатит, а у 137 тварин (6,25 %) виявляли новоутворення шлунково-кишкового тракту та інші патологічні стани (рис. 1).



Рис. 1. Поширення хвороб шлунково-кишкового тракту незаразної етіології свійських котів

Встановлено, що панкреатит посідає одне з провідних місць серед діагностованих захворювань травної системи. Така висока поширеність, на нашу думку, не є випадковою, оскільки підшлункова залоза є органом, надзвичайно чутливим до впливу медикаментів, стресових чинників, метаболічних порушень та ішемічних процесів, що виникають при широкому спектрі клінічних станів. Це може пояснювати часте виявлення легких форм панкреатичного ураження навіть у зовні клінічно здорових тварин.

Подальший аналіз охопив 134 свійських котів з лабораторно підтвердженим діагнозом панкреатит. Серед них ознаки хронічного перебігу запалення підшлункової залози були встановлені у 14 тварин, а ще у 10 котів реєстрували патології гепатобіліарної та травної систем, які можуть виступати чинниками ризику розвитку панкреатиту. У наукових статтях існують повідомлення, що найпоширенішою супутньою патологією панкреатиту у котів є запалення кишечника, яке реєстрували у 42,85 % хворих котів [2, 12]. Інші дослідники вказують, що панкреатит у котів може перебігати у складі тріадиту (17,0 %) [10].

Дослідження вікової структури хворих показало, що найвища частка випадків припадала на тварин віком 7–11 років – 10 котів (41,7 %). Другою за поширеністю була група віком від 1 до 6 років – 8 тварин (33,3 %). Ще шість котів (25 %) належали до вікової категорії 12–15 років (рис. 2).

Отже, отримані дані свідчать про підвищену вразливість до панкреатиту у зрілих тварин, особливо у віковому інтервалі 7–11 років, що може бути пов'язано з накопиченням морфофункціональних,

метаболічних та імунологічних змін, характерних для котів середнього та старшого віку. Наші дослідження підтверджують результати й інших авторів, згідно з аналізом даних щодо розповсюдження патології панкреаса в літературі описано, що найпоширенішим віком прояву панкреатиту був зафіксований саме 8,6 років (в середньому) [1, 12, 20].

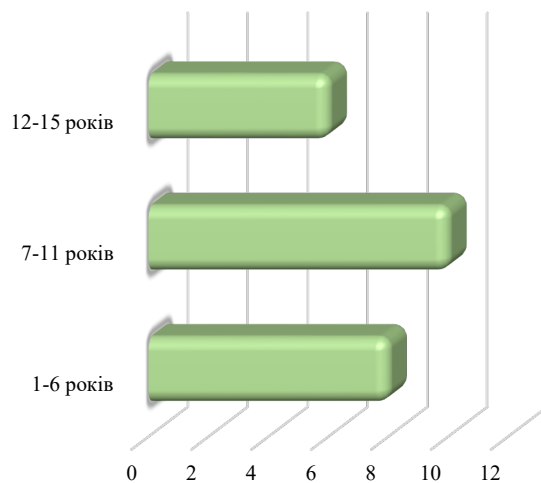


Рис. 2. Поширення панкреатиту серед свійських котів за віковою схильністю, n=24

Щодо поширення панкреатиту за статевим розподілом, то згідно з отриманими даними, серед досліджуваної вибірки самці становили 11 голів (45,8 %), а самки – 13 голів (54,2 %; рис. 3).

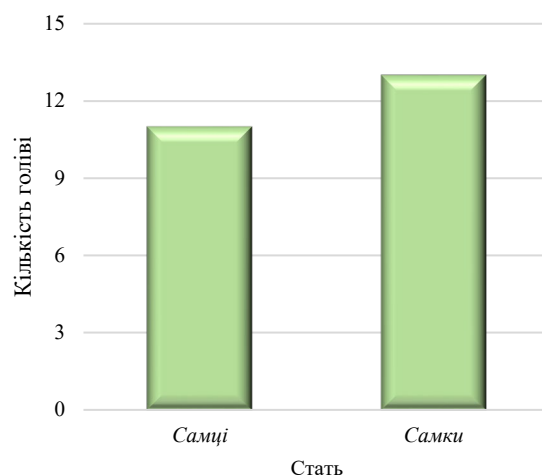


Рис. 3. Поширення панкреатиту серед свійських котів за статевою ознакою, n=24

Незначна перевага самок узгоджується з даними зарубіжних авторів, які загалом не виявляють чіткої статевої схильності до розвитку панкреатиту [5]. Водночас у літературі трапляються повідомлення про протилежні тенденції, зокрема вищу частоту патології серед самців, що може бути пов'язано з особливостями досліджень або популяційними відмінностями [10, 14]. У нашому випадку статеві варіації ймовірно зумовлені відносно невеликою вибіркою або особливостями структури локальної популяції свійських котів.

Висновки

У ході проведеного дослідження встановлено, що панкреатит є однією з найбільш поширених патологій травної системи у свійських котів у м. Полтаві. Аналіз даних ветеринарних клінік за 2022–2024 роки продемонстрував, що серед значної частки захворювань незаразної етіології порушення функціонування органів травлення становлять майже п'яту частину всіх зареєстрованих випадків. При цьому панкреатит посідає провідне місце серед таких патологій, випереджаючи за частотою гастроентерити та новоутворення шлунково-кишкового тракту. Така ситуація підтверджує високу клінічну чутливість підшлункової залози до впливу різноманітних ендогенних та екзогенних чинників.

Детальний аналіз групи котів із лабораторно підтвердженим панкреатитом дозволив встановити, що значна частина хворих тварин мала супутні патології гепатобіліарної та травної систем, що вказує на тісний патогенетичний зв'язок панкреатиту з іншими захворюваннями черевної порожнини та підтверджує поліетіологічний характер цього процесу. Виявлені дані свідчать, що панкреатит рідко виникає як ізольоване захворювання, а найчастіше розвивається у комплексі з іншими метаболічними або запальними порушеннями.

Оцінка вікової структури хворих тварин показала виражену схильність до розвитку панкреатиту у котів зрілого та старшого віку, з піковою поширеністю у віковій групі 7–11 років. Це узгоджується з відомими даними про накопичення вікових змін у тканинах підшлункової залози, зниження її функціонального резерву та підвищення вразливості до дії патологічних чинників.

Статеві відмінності у поширенні панкреатиту у межах досліджуваної вибірки були мінімальними, а незначна перевага самок, імовірно, має випадковий характер і не формує підстав для висновків про статеву схильність до захворювання.

У перспективі подальших досліджень вважаємо за потрібне проаналізувати поширення патології підшлункової залози за породною схильністю та сезонністю реєстрації цієї патології у свійських котів.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bazelle, J., & Watson, P. (2014). Pancreatitis in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 16 (5), 395–406. <https://doi.org/10.1177/1098612x14523186>
2. Černá, P., Kilpatrick, S., & Gunn-Moore, D. A. (2020). Feline comorbidities: What do we really know about feline triaditis? *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22 (11), 1047–1067. <https://doi.org/10.1177/1098612x20965831>

3. Dill-Macky, E. (1993). Pancreatic Diseases of Cats. *Compendium of Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 15, 589–595.
4. Duffell, S. J. (1975). Some aspects of pancreatic disease in the cat. *Journal of Small Animal Practice*, 16 (1–12), 365–374. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1975.tb05757.x>
5. Forman, M. A., Steiner, J. M., Armstrong, P. J., Camus, M. S., Gaschen, L., Hill, S. L., Mansfield, C. S., & Steiger, K. (2021). ACVIM consensus statement on pancreatitis in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (2), 703–723. <https://doi.org/10.1111/jvim.16053>
6. Hill, R. C., & Van Winkle, T. J. (1993). Acute necrotizing pancreatitis and acute suppurative pancreatitis in the cat: a retrospective study of 40 cases (1976–1989). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 7 (1), 25–33.
7. Hotz, V., Brugger, D., & Kook, P. H. (2024). Evaluation of disease spectrum in hospitalized cats with hyperlipasemia: Pancreatitis alone is rare, hyperlipasemia without suspected pancreatitis is common. *Animals*, 14 (10), 1479. <https://doi.org/10.3390/ani14101479>
8. Jubb, K. V. F., Kennedy, P. C., & Palmer, N. (2012). *Pathology of domestic animals*. Academic Press.
9. Mansfield, C. (2012). Acute pancreatitis in dogs: advances in understanding, diagnostics, and treatment. *Topics in Companion Animal Medicine*, 27 (3), 123–132. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2012.04.003>
10. Mansfield, C. S., & Jones, B. R. (2001). Review of feline pancreatitis part one: the normal feline pancreas, the pathophysiology, classification, prevalence and aetiologies of pancreatitis. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 3 (3), 117–124. <https://doi.org/10.1053/jfms.2001.0129>
11. Owens, J. M., Drazner, F. H., & Gilbertson, S. R. (1975) Pancreatic disease in the cat. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 11, 83–89.
12. Santos, B. G. S. dos, & Andrade, J. da S. (2023). Pancreatite felina: análises de perfil e comorbidades em pacientes de um hospital veterinário diagnosticados em Caxias do Sul-RS entre o período de 2021–2022. *Research, Society and Development*, 12 (7), e3512742464. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i7.42464>
13. Schaer, M., & Holloway, S. (1991). Diagnosing acute pancreatitis in the cat. *Veterinary Medicine August*, 86 (8), 782–795.
14. Schaer, M. (1991). Acute pancreatitis in the cat. *Feline Practice*, 19, 24–25.
15. Simpson, K. W. (1993). Current concepts of the pathogenesis and pathophysiology of acute pancreatitis in the dog and cat. *Compendium of Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 15, 247–253.
16. Simpson, K. W., Shiroma, J. T., Biller, D. S., Wicks, J., Johnson, S. E., Dimski, D., & Chew, D. (1994). Ante mortem diagnosis of pancreatitis in four cats. *Journal of Small Animal Practice*, 35 (2), 93–99.
17. Siriphanpom, Y., Wiratsudakul, A., Kasemsuwan, S., Chuchalermpom, P., Vijamsorn, M., & Kashemsant, N. (2025). Retrospective evaluation of the prognostic utility of clinical and laboratory findings in hospitalized cats with pancreatitis. *Animals*, 15 (7), 1060. <https://doi.org/10.3390/ani15071060>
18. Spinaci, M., & Marcato, P. S. (1993). Pancreatiti e altre patologie del pancreas esocrino nel gatto. *Obiettivi e Documenti Veterinari*, 14, 35–35.
19. Steiner, J. M., & Williams, D. A. (1997). Feline pancreatitis. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 19 (5), 590–601.
20. Williams, D. A., Guilford, W. G., & Center, S. A. (1996). *Strombeck's small animal gastroenterology*. Philadelphia: WB Saunders

ORCID

- Yu. Dereza  <https://orcid.org/0000-0001-9851-252X>
N. Kanivets  <https://orcid.org/0000-0001-9520-2999>



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

Effectiveness of using the method for determining contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons

A. Nikitan✉

Article info

Correspondence Author

A. Nikitan

E-mail:

raiden9917@gmail.com

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Nikitan, A. (2025). Effectiveness of using the method for determining contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 159–162. doi: 10.31210/spi2025.28.04.24

Parasitic zoonotic helminthiases with complex cycles and mechanisms of invasion transmission are a sanitary and hygienic problem on the global and local scale. The pathogens of these invasions are biologically, ecologically, physiologically, epidemiologically, epizootologically protected in natural conditions and actively circulate among different species of animals and humans directly or indirectly through the pathogens' eggs with the tendency to contaminate the environment of existence. The presence of a large number of eggs in the environment guarantees the reliable functioning of the "parasite-host" system and leads to infecting of both intermediate and definitive hosts. The constant presence of viable helminthes eggs guarantees long-term maintenance of the epizootologic process. In this connection, the aim of the research was to determine the effectiveness of the method for determining the contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons. The experimental studies were conducted in the Laboratory of Parasitology of Poltava State Agrarian University and veterinary clinic "Aibolyt" (city of Poltava). The method that allows detect the contamination of the distal extremity section in dogs in case of dipylidiasis was improved. According to the results of the conducted studies, it was determined that the use of the method for determining the contamination of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons as to the number of positive samples and the average number of isolated invasive elements turned out to be the most effective. The sensitivity of the improved method in detecting dipylidium cocoons was higher by 30.0 and 90.0 % compared to the analogue method and the express method, respectively. Also, the improved method showed higher effectiveness in comparison with the analogue method – by 58.2 % ($P < 0.001$) and with express method – by 89.8 % ($P < 0.001$). The use in the improved method of the flotation solution, which demonstrates coagulation properties against foreign remains, facilitates the microscopy process. The obtained data allow us to recommend the improved method for determining the contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons, as an effective and sensitive method for conducting sanitary and hygienic studies in monitoring dipylidiasis in dogs.

Keywords: parasitology, dogs, dipylidiasis, cocoons, contamination level, effectiveness.

Ефективність застосування способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок собак коконами дипілідій

А. Д. Нікітан

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Паразитарні зоонозні гельмінтози зі складними циклами та механізмами передачі інвазії є санітарно-гігієнічною проблемою у глобальному та локальному масштабі. Збудники даних інвазій біологічно, екологічно, фізіологічно, епідеміологічно, епізоотологічно захищені в природних умовах та активно циркулюють між різними видами тварин і людиною прямо або опосередковано через яйця патогенів з тенденцією контамінації середовища існування. Наявність великої кількості яєць у довкіллі гарантує надійне функціонування системи «паразит-хазяїн» та призводить до зараження як проміжних, так і дефінітивних хазяїв. Постійна наявність життєздатних яєць гельмінтів гарантує тривале підтримання епізоотологічного процесу. У зв'язку з цим, метою досліджень було визначити ефективність застосування способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок собак коконами дипілідій. Експериментальні дослідження виконували у лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету та ветеринарній клініці «Айболить» (м. Полтава). Проведено удосконалення способу, який дозволяє виявити контамінацію дистального відділу кінцівок у собак за дипілідіозу. Відповідно до результатів проведених досліджень визначено, що застосування способу для встановлення контамінації дистального відділу кінцівок у собак коконами дипілідій за показником числа позитивних проб та середньої кількості виділених інвазійних елементів виявився найбільш ефективним. Чутливість удосконаленого способу при виявленні коконів дипілідій виявилася вищою на 30,0 та 90,0 % порівняно зі способом-аналогом та експрес-методом відповідно. Також, удосконалений спосіб показав вищу результативність порівняно зі способом-аналогом – на 58,2 % ($P < 0,001$) та з експрес-методом – на 89,8 % ($P < 0,001$). Використання в удосконаленому способі флотаційного розчину, що проявляє коагуляційні властивості відносно сторонніх решток, полегшує процес мікроскопії. Отримані дані дозволяють рекомендувати удосконалений спосіб визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у собак коконами дипілідій, як ефективний та чутливий метод проведення санітарно-гігієнічних досліджень у моніторингу дипілідіозу собак.

Ключові слова: паразитологія, собаки, дипілідіоз, кокони, рівень контамінації, ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Нікітан А. Д. Ефективність застосування способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок собак коконами дипілідій. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 159–162.

Introduction

Environmental contamination with parasitic elements is a serious problem worldwide. Helminthes' eggs and larvae, like other parasites, are extremely ecologically plastic, viable in unfavorable environmental conditions for a long period, for which insects and various types of invertebrates, cold-blooded and warm-blooded vertebrates are the natural reservoirs [1–5]. In particular, researchers have established that on the territory of Kharkiv region the average level of soil contamination in rural areas made 12.5 %. The level of soil contamination in park areas of urbanized territories with exogenous stages of helminthes made 5–55 %, and in residential areas of cities – 20.0–23.3 %. In cities, soil contamination with pathogens that parasitize in dogs and cats is represented by eggs of *Toxocara* spp. and *Dipylidium caninum* [6].

Scientists examined soil in various parks and public places of the city of Khorremshehr in south-western Iran for contamination with eggs of *Toxocara* spp. nematodes, which were isolated in 18 % of the examined samples [108]. Scientists from Australia examined samples taken from city parks, where 44.2 % of them were contaminated with helminthes' eggs. The most common were hookworms (10.2 %) and *Trichuris* spp. (1.3 %) [7].

On the territory of Poland, the presence of *Toxocara* spp. (37.5–96 %) and *Trichuris* spp. (37.5–60 %) geo-helminthes' eggs was detected in soil and water samples [8, 9]. While examining water samples from the rivers in the South Africa, *Toxocara* spp., *Trichuris* spp. and *Taenia* spp. eggs were found [10]. In some regions of Japan, 107 sandboxes in public parks were examined and found to be contaminated with *Toxocara* spp. and *Capillaria* spp. eggs [11].

On the territory of Estonia, scientists identified environmental contamination with the eggs of nematodes that parasitize in dogs in rural areas. *Trichuris* spp. eggs were found in 15.5 % of samples, *U. stenocephala* – in 14.7 %, *T. canis* – in 4.3 % [12]. Scientists from Chile analyzed 170 dog feces samples collected from different locations. The diversity of parasite species varied depending on the surveyed area. The most frequently detected eggs were *T. canis* – in 27 samples and *A. caninum* – in 4 samples [13].

Scientists from Nigeria studied the contamination of the streets of a megapolis with the eggs of helminthic pathogens. The following eggs were found: *Ancylostoma* spp. – in 24.6 % of samples, *Toxocara* spp. – in 9.8 %, and *Uncinaria* spp. – in 2.5 %. The samples collected from residential areas and markets had the highest contamination level [14]. In Ecuador, when studying public beaches, eggs of 10 parasite species were found, 9 of which were potentially zoonotic. *Ancylostoma* spp. – 19.4 % and *Toxocara* spp. – 7.2 % turned out to be the most widespread. *Trichuris* spp. eggs were found less frequently [15]. In Ireland, it was found that soil samples taken at the entrances to parks were the most contaminated with *T. canis* eggs compared to other places within the parks [16].

The aim of the study

In this connection, the aim of the research was to determine the effectiveness of using the method for determining the contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons.

Materials and methods

The work was carried out during 2025 in the Laboratory of Parasitology of Poltava State Agrarian University and the veterinary clinic “Aibolyt” (the city of Poltava).

To define the effectiveness of the improved method for determining the contamination of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons, the comparative study was conducted using the analogue method [17] and the known express method [18] using dogs that were infected with the dipylidiasis pathogen. The infection of dogs was previously confirmed by coproovoscopic examination [19].

The following indicators served as the evaluation criteria: the number of positive samples, the average number of detected invasive elements – dipylidium cocoons in 1 sample and their minimum and maximum values, as well as the presence of foreign remains (garbage, hair, dust, etc.) of various sizes under the preparation's microscopy. The contamination of the microscopic field with foreign remains was conditionally divided into: insignificant contamination – the number of foreign residues – up to 5 specimens in the microscopic field; average contamination – from 6 to 10 specimens of foreign remains in the microscopic field; heavy contamination – 11 or more foreign specimens in the microscopic field.

Statistical processing of the experimental study results was conducted by determining the arithmetic mean (M), standard deviation (SD), and probability level (P) using the one-way analysis of variance technique using Fisher's criterion.

Results and discussion

By the conducted studies it was established that the use of the method for detecting the distal extremity section contamination in dogs with dipylidium cocoons by the number of positive samples turned out to be the most effective. The sensitivity of the improved method for detecting dipylidium cocoons made 76.9 %. At the same time, 53.8 % of positive samples were detected by the analogue method, and 7.7 % – by the express method, which is by 30.0 and 90.0 % less than when using the improved method (**Fig. 1**).

Also, the improved method turned out to be more effective by the indicator of the average number of detected invasive elements, where at its use 9.8 ± 2.7 dipylidium cocoons were isolated, which turned out to be by 58.2 % more (4.1 ± 1.7 cocoons, $P < 0.001$) compared to the analogue method, and by 89.8 % more (1.0 ± 0.0 cocoons, $P < 0.001$) compared to the known express method (**Fig. 2**).

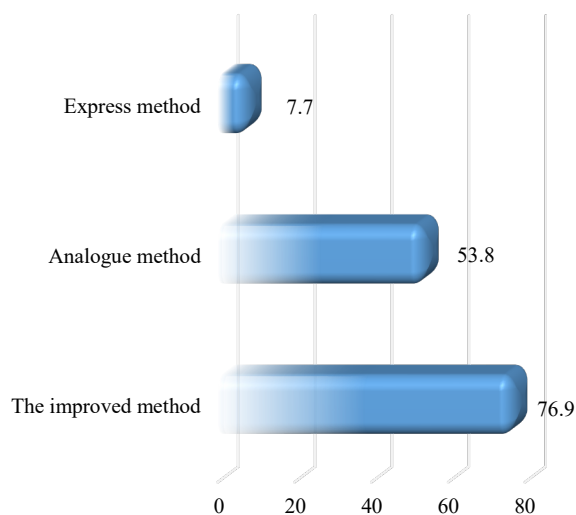


Fig. 1. Sensitivity of the tested methods for determining the contamination of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons (n=13, %)

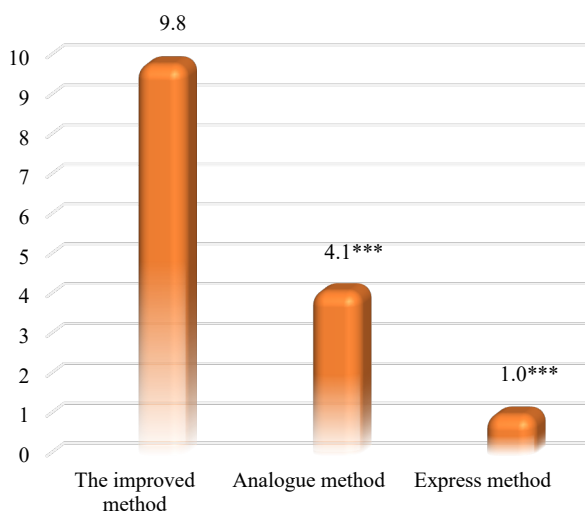


Fig. 2. Indicators of the number of detected dipylidium cocoons when using the tested methods for determining the contamination of the distal extremity section in dogs (n=13, specimens)

Notes: *** – P<0.001 – compared to the similar digital indicator obtained by using the improved method.

During the microscopy of the preparations made from the material taken from dogs, using the improved method, insignificant amount of small foreign residues was detected in the samples – 5.2±1.9 specimens. Somewhat more small-sized foreign remains were found while conducting the microscopy of preparations made by using the analogue method – 6.1±2.3 specimens, which is by 17.3 % more than when using the improved method (*Table 1*).

The largest amount of foreign residues were detected by microscopy of the preparations using the well-known express method – 36.5±9.6 specimens, which is 7.0 times more (P<0.001) than when using the improved method. At the same time in the microscopic field, a large amount

of small and large foreign remains, and especially hairs were detected, which complicated microscopy and significantly worsened the process of detecting invasive elements in the field of view.

Table 1

Comparative effectiveness of the methods for examining the distal extremity section in dogs to detect dipylidium cocoons (n=13)

Method of study	Invasive elements detected, min–max	Foreign residues, specimens, M±SD
The improved method	5–15	5.2±1.9
Analogue method	2–6	6.1±2.3
Express method	1	36.5±9.6***

Notes: *** – P<0.001 – compared to the similar digital indicator obtained by using the improved method.

Scientific studies indicate a significant spread of dipylidiasis in dogs in the majority of the countries of the world, where one of the factors of such spreading is a high level of environmental contamination with dipylidium cocoons [20, 21]. Therefore, we have improved the method for determining the contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons and established its effectiveness.

According to the results of the conducted research, it was determined that the use of the method for revealing the contamination of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons, based on the number of positive samples and the average number of isolated invasive elements turned out to be the most effective. The sensitivity of the proposed method for detecting dipylidium cocoons was higher by 30.0 and 90.0 % compared to the analogue method and the express method, respectively. Also, the proposed method showed higher effectiveness in comparison with the analogue method – by 58.2 % (P<0.001) and the express method – by 89.8 % (P<0.001). The use of the flotation solution, which exhibits coagulation properties as to foreign residues, facilitates the microscopy process.

There are reports in the scientific literature that indicate the relevance of determining the level of contamination of the distal extremity section in dogs with propagative stages of parasites' development. According to the authors' data, the contamination level of the distal extremity section in dogs with cystoisospora oocysts on the territory of Kharkiv made 12.4 % and 2.4±1.7 oocysts. Moreover, the most contaminated were the wash offs from the distal extremity sections in dogs that were walked on the territory near houses (22.4 %, 2.7±1.9 oocysts). Less contaminated with cystoisospora oocysts were wash offs from the distal extremity sections of dogs that were walked in city squares and parks (9.3 %, 1.8±0.9 oocysts) and suburban green areas (1.0 %, 1.0±0.0 oocysts) [22].

The obtained data allow us to recommend the improved method for determining the level of contamination of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons as an effective and sensitive method for conducting sanitary and hygienic studies in monitoring dipylidiasis caninum.

Conclusions

The high effectiveness of the improved method for determining the contamination level of the distal extremity section in dogs with dipylidium cocoons was proven. The method consists in the following: it is simple to perform and does not require expensive equipment and deficit reagents; the proposed supersaturated flotation solution used in the method demonstrates high flotation ability relative to dipylidium cocoons – 9.8 specimens / sample (with fluctuations from 5 to 15 specimens); the flotation solution showing coagulation properties relative to foreign residues is used in the method, which facilitates the process of microscopy and detection of invasive elements in the field of view.

Conflict of interest

The author (s) state that there is no conflict of interest.

References

1. Yevstafieva, V., & Dolhin, O. (2022). Viability of exogenous stages of development of the causative agent of trichuriasis of dogs under the influence of temperature. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (107), 58–63. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10710>
2. Traversa, D., Frangipane di Regalbano, A., Di Cesare, A., La Torre, F., Drake, J., & Pietrobelli, M. (2014). Environmental contamination by canine geohelminths. *Parasites & Vectors*, 7 (1), 67. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-67>
3. Cociancic, P., Deferrari, G., Zonta, M. L., & Navone, G. T. (2020). Intestinal parasites in canine feces contaminating urban and recreational areas in Ushuaia (Argentina). *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 21, 100424. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100424>
4. Bojar, H., & Kłapeć, T. (2012). Contamination of soil with eggs of geohelminths in recreational areas in the Lublin region of Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 19 (2), 267–270.
5. Maikai, B. V., Umoh, J. U., Ajanusi, O. J., & Ajogi, I. (2008). Public health implications of soil contaminated with helminth eggs in the metropolis of Kaduna, Nigeria. *Journal of Helminthology*, 82 (2), 113–118. <https://doi.org/10.1017/s0022149x07874220>
6. Paliy, A., Sumakova, N., Petrov, R., Shkromada, O., Ulko, L., & Paliy, A. (2019). Contamination of urbanized territories with eggs of helminths of animals. *Biosystems Diversity*, 27 (2), 118–124. <https://doi.org/10.15421/011916>
7. Massetti, L., Wiethoelter, A., McDonagh, P., Rae, L., Marwedel, L., Beugnet, F., Colella, V., & Traub, R. J. (2022). Faecal prevalence, distribution and risk factors associated with canine soil-transmitted helminths contaminating urban parks across Australia. *International Journal for Parasitology*, 52 (10), 637–646. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2022.08.001>
8. Kowalczyk, K., & Kłapeć, T. (2020). Contamination of soil with eggs of geohelminths *Ascaris* spp., *Trichuris* spp., *Toxocara* spp. in Poland – potential source of health risk in farmers. *Annals of Parasitology*, 66 (4), 433–440.
9. Zdybel, J., Karamon, J., Dąbrowska, J., Różycki, M., Biliska-Zajac, E., Kłapeć, T., & Cencek, T. (2019). Parasitological contamination with eggs *Ascaris* spp., *Trichuris* spp. and *Toxocara* spp. of dehydrated municipal sewage sludge in Poland. *Environmental Pollution*, 248, 621–626. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.003>
10. Amoah, I. D., Kumari, S., Reddy, P., Stenström, T. A., & Bux, F. (2020). Impact of informal settlements and wastewater treatment plants on helminth egg contamination of urban rivers and risks associated with exposure. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (11), 713. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08660-0>
11. Matsuo, J., & Nakashio, S. (2005). Prevalence of fecal contamination in sandpits in public parks in Sapporo City, Japan. *Veterinary Parasitology*, 128 (1-2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.11.008>
12. Tull, A., Valdmann, H., Rannap, R., Kaasiku, T., Tammeleht, E., & Saarma, U. (2022). Free-ranging rural dogs are highly infected with helminths, contaminating environment nine times more than urban dogs. *Journal of Helminthology*, 96, e19. <https://doi.org/10.1017/s0022149x22000116>
13. Alegria-Morán, R., Pastenes, Á., Cabrera, G., Fredes, F., & Ramírez-Toloza, G. (2021). Urban public squares as potential hotspots of dog-human contact: A spatial analysis of zoonotic parasites detection in Gran Santiago, Chile. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 24, 100579. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100579>
14. Ayinmode, A. B., Obebe, O. O., & Olayemi, E. (2016). Prevalence of potentially zoonotic gastrointestinal parasites in canine faeces in Ibadan, Nigeria. *Ghana Medical Journal*, 50 (4), 201–206. <https://doi.org/10.4314/gmj.v50i4.2>
15. Calvopina, M., Cabezas-Moreno, M., Cisneros-Vásquez, E., Paredes-Betancourt, I., & Bastidas-Caldes, C. (2023). Diversity and prevalence of gastrointestinal helminths of free-roaming dogs on coastal beaches in Ecuador: Potential for zoonotic transmission. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 40, 100859. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100859>
16. Keegan, J. D., Airs, P. M., Brown, C., Dingley, A. R., Courtney, C., Morgan, E. R., & Holland, C. V. (2025). Park entrances, commonly contaminated with infective *Toxocara canis* eggs, present a risk of zoonotic infection and an opportunity for focused intervention. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 19 (3), e0012917. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012917>
17. Wolfe, A., & Wright, I. P. (2003). Human toxocarosis and direct contact with dogs. *Veterinary Record*, 152 (14), 419–422. <https://doi.org/10.1136/vr.152.14.419>
18. Mazannyi, O. V., Prykhodko, Yu. O., Nikiforova, O. V., Mazanna, M. H., Fedorova, O. V., & Liulin, P. V. (2020). Patent na korysnu model No 144699. UA. Ekspres-metod kilkinsnoho vyznachennia ektoparazytiv na shkiri reptylii. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1460655/> [in Ukrainian]
19. Dakhno, I. S., & Dakhno, Yu. I. (2010). *Ekolohichna helmintolohiia*. Vydavnytstvo «Kozatskyi val», Sumy [in Ukrainian]
20. Gutema, F. D., Yohannes, G. W., Abdi, R. D., Abuna, F., Ayana, D., Waktole, H., Amenu, K., Hiko, A., & Agga, G. E. (2020). *Dipylidium caninum* infection in dogs and humans in Bishoftu Town, Ethiopia. *Diseases*, 9 (1), 1. <https://doi.org/10.3390/diseases9010001>
21. Trasviña-Muñoz, E., López-Valencia, G., Monge-Navarro, F. J., Herrera-Ramírez, J. C., Haro, P., Gómez-Gómez, S. D., Mercado-Rodríguez, J. A., Flores-Dueñas, C. A., Cueto-Gonzalez, S. A., & Burquez-Escobedo, M. (2020). Detection of intestinal parasites in stray dogs from a farming and cattle region of Northwestern Mexico. *Pathogens*, 9 (7), 516. <https://doi.org/10.3390/pathogens9070516>
22. Suvorov, R. S., & Melnychuk, V. V. (2024). Riven kontaminatsii zmyviv z lap sobak ootsystamy *Cystoisospora canis*. *Suchasni aspekty likuvannia i profilaktyky khvorob tvaryn. Materialy VIII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii, prysviachenoii 30-richchiiu zasnuvannia kafedry terapii imeni profesora P. I. Lokesa (23-24 zhovtnia 2024, m. Poltava)* (S. 161–163). Poltava: PDAU [in Ukrainian]

ORCID

A. Nikitan 

<https://orcid.org/0009-0006-6471-6704>



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

Antibiotic resistance: causes, consequences, ways to overcome

S. Rublenko | D. Chernai✉

Article info

Correspondence Author
D. Chernai
E-mail:
neposida.08@gmail.comBila Tserkva National Agrarian
University,
Cathedral Square, 8/1, Bila
Tserkva, 09117, Ukraine**Citation:** Rublenko, S., & Chernai, D. (2025). Antibiotic resistance: causes, consequences, ways to overcome. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 163–167. doi: 10.31210/spi2025.28.04.25

The aim of the review was to systematize and analyze current scientific data on the causes of antibiotic resistance formation in veterinary medicine, its epizootiological and clinical consequences, as well as to identify the main directions for the prevention and control of the spread of resistant microorganisms in veterinary therapeutic practice. According to the World Health Organization (WHO), antibiotic resistance represents a significant global public health threat. At present, several major causes of resistance development can be identified. Among them, the leading role is played by the excessive and unjustified use of antimicrobial agents in medicine and their application in various sectors of animal husbandry, as well as the frequent prescription of antibiotics without appropriate indications, which significantly contributes to the formation of microbial resistance. Approximately 50 % of antimicrobial prescriptions in practice are considered unjustified or “prophylactic.” Additional factors contributing to the development of antibiotic resistance include self-medication, the lack of antimicrobial susceptibility testing, incorrect dosing, and premature discontinuation of treatment courses. In particular, when clinical symptoms subside, animal owners often discontinue therapy on their own initiative, which promotes the survival and spread of resistant bacterial strains. Non-compliance with hygiene and sanitary control measures is another important factor facilitating the dissemination of resistant microorganisms. As a result of natural bacterial adaptation mechanisms, a reduction or complete loss of the effectiveness of antimicrobial agents occurs. Factors that stimulate mutational processes include the use of subtherapeutic doses of antibiotics, the lack of pathogen susceptibility to the selected drug, and the presence of antimicrobial residues in food products. Modification of protein targets and the transfer of resistance genes between bacteria via plasmids or bacteriophages may also accelerate the development of antibiotic resistance. The predicted consequences for global health include the loss of microbial susceptibility to last-line antibiotics, such as carbapenems, vancomycin, and colistin, which necessitates the development of new antimicrobial agents and the implementation of strict control over their rational use.

Key words: antibiotics, resistance, global health, companion animals, global monitoring, hospital-acquired infections.

Антибіотикорезистентність: причини, наслідки, шляхи подолання

С. В. Рубленко | Д. С. Чернай

Білоцерківський
національний аграрний
університет
м. Біла Церква, Україна

Мета проведеного огляду полягала у систематизації та аналізі сучасних наукових даних щодо причин формування антибіотикорезистентності у ветеринарній медицині, її епізоотологічних та клінічних наслідків, а також визначенні основних напрямів профілактики та контролю поширення резистентних мікроорганізмів у практиці лікування тварин. Антибіотикорезистентність є актуальною загрозою громадському здоров'ю у всьому світі за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ). На даний момент можна виокремити декілька основних причин розвитку резистентності. Серед них провідну роль відіграє надмірне та необгрунтоване використання антимікробних препаратів у медицині та застосування їх у різних галузях тваринництва, а також часте призначення без відповідних показань, що суттєво сприяє формуванню стійкості мікроорганізмів. Близько 50 % призначень антимікробних препаратів у практиці є не обгрунтованими, або «профілактичними». Також причиною розвитку є відсутність заходів направлених на визначення чутливості збудника до антибіотиків, неправильне дозування та передчасне припинення курсу лікування. Зокрема, при зникненні клінічних симптомів захворювання господарі тварин припиняють застосування препаратів, що сприяє виживанню та формуванню стійких штамів бактерій. Недотримання правил гігієни та санітарного контролю – ще один фактор, що сприяє поширенню резистентних штамів бактерій. Завдяки природним механізмам бактеріальної адаптації відбувається зниження або повна втрата ефективності антимікробних препаратів. Фактори, що стимулюють мутації – низькі дози антибіотиків, відсутність чутливості збудника до препарату, наявність антимікробних препаратів в продуктах харчування. Модифікація білкових мішеней і передача генів резистентності між бактеріями через плазміни або бактеріофаги, також можуть пришвидшувати розвиток антибіотикорезистентності. Прогнозованими наслідками для глобального здоров'я є втрата чутливості мікроорганізмів до антибіотиків останнього покоління, зокрема карбопенемів, ванкоміцину, колістину, що зумовнює необхідність в синтезі нових препаратів та їх раціональному застосуванні.

Ключові слова: антибіотики, резистентність, глобальне здоров'я, тварини компаньйони, глобальний моніторинг, внутрішньо лікарняні інфекції.

Бібліографічний опис для цитування: Рубленко С. В., Чернай Д. С. Антибіотикорезистентність: причини, наслідки, шляхи подолання. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 163–167.

Антибіотики – одна з часто застосовуваних груп лікарських засобів в медицині та ветеринарній практиці. Засоби цієї групи здатні пригнічувати розвиток мікроорганізмів, руйнувати клітинну структуру, що допомагає виліковувати інфекційні захворювання. Використання антибіотиків, фактично безбар'єрне – вони ефективні при лікуванні шлунково-кишкових, сечокам'яних інфекціях, захворюваннях верхніх дихальних шляхів, шкіри та м'яких тканин, а також для профілактики в післяопераційний період. Проте, не зважаючи на терапевтичні ефекти зростає стійкість до антимікробних препаратів серед поширених бактеріологічних патогенів, ставлячи під загрозу успішність результатів лікування. Центри з контролю та профілактики захворювань США (CDC) та Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) класифікують патогени, стійкі до антимікробних препаратів (АРМ), як загрозу глобальному здоров'ю [1, 2].

Для ветеринарних клінік основною проблемою лікування інфекційних захворювань домашніх тварин є поширення штамів мікроорганізмів, резистентних до дії антибіотиків.

Під антибіотикорезистентністю мають на увазі здатність до росту і розмноження мікроорганізмів під впливом на них антимікробних препаратів [3].

Вирізняють природну і набуту стійкість до антибіотиків. При природній (первинній) стійкості мікроорганізми не мають структур, на які поширюється дія препарату чи виробляється фермент, що інактивує його. Набута (вторинна) стійкість виникає в результаті взаємодії мікроорганізмів з антибіотиками, в наслідок чого з'являються мутантні резистентні форми, відбувається їх направлена селекція, можлива зовнішньо хромосомна передача подібних властивостей плазмідами та епосомами [4].

Причини розвитку резистентності у ветеринарній медицині багатofакторні. Надмірне і необґрунтоване використання антибіотиків для лікування та профілактики захворювань у тварин, створюють сприятливі умови для виживання і поширення стійких до лікарських засобів штамів, шляхом селективного тиску на патогенні бактерії. Крім того, використання антибіотиків у сільському господарстві (наприклад, для вирощування птиці, що тісно пов'язано з фізіологією сучасних кросів), низький рівень санітарії та недотримання гігієнічних норм у тваринницьких господарствах сприяють швидкому розповсюдженню інфекцій і змушують ветеринарних лікарів частіше застосовувати антибіотики. Недостатній контроль і регуляція використання ветеринарних препаратів, а також відсутність системи моніторингу резистентності, призводять до безконтрольного призначення антибіотиків, що значно посилює формування резистентних штамів бактерій [5–7].

Однак проблема не обмежується лише сільсько-господарськими тваринами. Усе частіше об'єктом уваги фахівців стають домашні улюбленці.

Тварини-компаньйони розглядаються, як ймовірний резервуар бактерій, стійких до антимікробних препаратів, на основі спорадичних випадків передачі патогенних бактеріальних штамів, таких як

Staphylococcus aureus [8], *S. intermedius* [9], *S. pseudintermedius* [10], *Campylobacter jejuni* [11] та *Enterococcus faecium* [12], між домашніми тваринами та власниками. Тварини іноді можуть здаватися здоровими, навіть якщо вони є носіями мікроорганізмів, які можуть спричиняти багато різних видів захворювань у людей і тварин, від легких до серйозних і навіть смерті. З даними центру контролю та профілактики захворювань відомо, що групи людей з ослабленим імунітетом та діти можуть бути в групі ризику зараження зоонозними агентами [13].

Це особливо актуально в контексті зростання кількості мікроорганізмів, які демонструють високу стійкість до антимікробних засобів. У таких випадках небезпеку становлять не лише типові збудники, а й нові резистентні штами, здатні викликати важкі інфекції, що погано піддаються лікуванню [14, 15].

З огляду на це, зростає потреба у глобальному моніторингу та класифікації найбільш небезпечних мікроорганізмів.

У цьому контексті IDSA (товариство фахівців з інфекційних хвороб) виділило групу мікроорганізмів, що отримала аббревіатуру «патогени ESKAPE», які здатні «уникати» біоцидної дії антибіотиків і разом представляють нові парадигми в патогенезі, передачі та резистентності [16].

ESKAPE – це аббревіатура для групи бактерій, що охоплює, як грампозитивні, так і грамнегативні види, що складаються з *E. faecium*, *S. aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* та роду *Enterobacter*. Ці бактерії часто є збудниками внутрішньолікарняних інфекцій із високим ризиком летальних наслідків у тяжкохворих пацієнтів і мають потенціал до формування лікарської резистентності [17].

З них більшість ізолятів мають множинну стійкість до антибактеріальних препаратів, можуть довше зберігати життєздатність в умовах клінік, залишаючись джерелом інфекції для сприйнятливих макроорганізмів, що призводить до обмежених можливостей лікування та поганого прогнозу для пацієнтів [17].

Причиною появи бактерій з множинною лікарською стійкістю (МЛС) (бактерій, стійких до більш ніж трьох класів антибіотиків) [18] супроводжується зменшенням обсягів розробки антибіотиків [19, 21].

Завдяки генетичним мутаціям та придбанню мобільних генетичних елементів (MGE) [20], патогени ESKAPE розвинули механізми резистентності до оксазолідинонів, ліпопептидів, макролідів, фторхінолонів, тетрациклінів, β-лактамів, комбінацій інгібіторів β-лактамів-β-лактамаз та антибіотиків, які є останньою лінією захисту, включаючи карбапенеми, глікопептиди та клінічно несприятливі поліміксини.

Враховуючи частоту, з якою організми ESKAPE зустрічаються в клінічних умовах, очікувано, що у цих патогенів спостерігається безліч різних механізмів антимікробної резистентності (AMP). Їх можна загалом розділити на чотири групи, що включають інактивацію або зміну антимікробної молекули, модифікації ділянки бактеріальної мішені,

зниження проникнення/накопичення антибіотика та утворення бактеріальних біоплівки [22].

Один з найпоширеніших механізмів антимікробної резистентності (AMP), що використовуються патогенами ESKAPE, включає вироблення ферментів, які незворотно руйнують або нейтралізують антибіотики. Такі ферменти особливо поширені серед грамнегативних патогенів і включають ті, що руйнують активний компонент антибіотика (наприклад, гідролітичне розщеплення β -лактаму кільця β -лактамазами) або ковалентно модифікують ключові структурні елементи препарату, щоб перешкоджати взаємодії бактерій з мішенню (наприклад, ферменти, що модифікують аміноглікозиди (AME), що каталізують модифікацію гідроксильних/аміногруп) [22].

Наразі дослідники приділяють увагу ролі домашніх тварин, як переносників бактерій групи ESKAPE [23]. Міжнародна наукова література висвітлює ризик зоонозної передачі від собаки до людини (і навпаки), що стосується всіх бактерій групи ESKAPE, тому рівень спостереження повинен включати обов'язковий мікробіологічний контроль та суворі правила гігієнічного та поведінкового ведення тварин [22, 23, 24]. Фактично, тісний контакт між людиною та домашніми тваринами визначає ризик зоонозу та створює можливості для міжвидової передачі резистентних бактерій [24]. Деякі з ізолятів, зареєстрованих у ветеринарних закладах, мають схожу клональну лінію з тими, що зареєстровані у людей [25].

У ветеринарній медицині наслідками поширення антимікробної резистентності є зростання кількості випадків відсутності терапевтичного ефекту від проведеного лікування, подовження тривалості курсів лікування тварин, збільшення витрат власників на ветеринарну допомогу, а також підвищення ризику формування резервуарів резистентних мікроорганізмів у популяціях тварин-компаньйонів та сільсько-господарських тварин.

Наслідком для глобального здоров'я є втрата чутливості до антибіотиків останнього покоління, таких, як карбопенемі, ванкоміцин, колістин. Це тягне за собою ризик глобальної пандемії резистентних інфекцій та зростання рівня ускладнень та смертності [26].

Як зазначається в Регламенті (ЄС) 2019/6 [27], явище антимікробної резистентності (AMP) у тварин набагато складніше, ніж у людей, і вимагає ще більш уважного та свідомого використання антибіотиків [28]. Тому в останні роки застосування фармакокінетичного/фармакодинамічного підходу для визначення правильного режиму дозування антибіотиків стало важливим інструментом у ветеринарній медицині, покращуючи результати лікування пацієнтів та обмежуючи відбір резистентних мутантів [29].

Однак, незважаючи на визнану важливість фармакокінетичного/фармакодинамічного підходу та відповідального й обачного використання антибіотиків, все ще існує багато різноманітних аспектів, які залишаються неконтрольованими (наприклад, міжвидові відмінності в кінетиці та динаміці є лише одним із багатьох можливих прикладів) [30].

З огляду на існуючий тісний контакт між людиною та тваринами, незважаючи на видові відмінності, організмами зі схожими біологічними процесами, що вимагає обачного та відповідального застосування антимікробних препаратів. Це вимагає від лікаря ветеринарної медицини бути обізнаним в питаннях фармакокінетики/фармакодинаміки антимікробних препаратів, які можуть оптимізувати режими дозування, навіть у критично хворих пацієнтів [31].

Шляхом подолання та профілактики антибіотикорезистентності у ветеринарній практиці є обмеження необґрунтованого застосування антибіотиків для тварин, контроль за реалізацією препаратів [28] та покращення санітарних умов на фермах і клініках шляхом дезінфекції [32–35].

У 2015 році держави-члени ВООЗ одноголосно схвалили Глобальний план дій щодо боротьби з АРМ (GAP-AMR) [36]. Мета GAP-AMR полягає в тому, щоб «забезпечити якомога довше безперервність успішного лікування та профілактики інфекційних захворювань ефективними та безпечними лікарськими засобами, які мають гарантовану якість, використовуються відповідально та доступні всім, хто їх потребує». 22 жовтня 2015 року ВООЗ запустила глобальну систему спостереження за резистентністю до антимікробних препаратів та їх використанням (GLASS), першу глобальну спільну ініціативу щодо стандартизації спостереження за AMP [37].

Potteth et al. (2022) зазначають, лише заходами, що направлені на обмежене використання антимікробних препаратів не вдасться вирішити проблему розвитку антибіотикорезистентності. Важливим є не лише контроль, а й розробка нових препаратів [21] і альтернативних схем лікування, створення вакцин проти деяких ESKAPE-патогенів.

Висновки

Мета проведеного огляду полягала у систематизації та аналізі сучасних наукових даних щодо причин формування антибіотикорезистентності у ветеринарній медицині, її епізоотологічних та клінічних наслідків, а також визначенні основних напрямів профілактики та контролю поширення резистентних мікроорганізмів у практиці лікування тварин. Отримані узагальнення свідчать про важливість оцінки антимікробної резистентності серед патогенів групи ESKAPE у ветеринарних закладах з метою впровадження програм раціонального використання антибіотиків, обмеження їх необґрунтованого застосування та посилення заходів інфекційного контролю.

Подолання даної проблеми можливе лише завдяки комплексному, міждисциплінарному підходу. Без термінових дій, проблема стійкості може мати негативні наслідки для глобального здоров'я, тому міжнародна співпраця та стандартизація заходів WHO, FAO, OIE, а також підтримка принципів One Health – єдиного підходу до здоров'я людей, тварин та довкілля є невід'ємною складовою, що забезпечить контроль над проблемою розвитку резистентності.

Перспективи подальших досліджень будуть направлені на проведення обов'язкових тестів анти-мікробної чутливості перед призначенням анти-мікробних засобів тваринам, з метою зменшення ризику розвитку резистентності.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Antimicrobial resistance global report on surveillance : 2014 summary. (2014). *World Health Organization*. Retrieved from: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HSE-PED-AIP-2014.2>
2. Antibiotic resistant threats in the United States 2019. (2019). *Centers for Disease Control and Prevention*. Retrieved from: <https://www.cdc.gov/drugresistance/pdf/threats-report/2019-antibiotic-report-508.pdf>
3. Chinemerem Nwobodo, D., Ugwu, M. C., Oliseloke Anie, C., Al-Ouqaili, M. T. S., Chinedu Ikem, J., Victor Chigozie, U., & Saki, M. (2022). Antibiotic resistance: The challenges and some emerging strategies for tackling a global menace. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36 (9), e24655. <https://doi.org/10.1002/jcla.24655>
4. Urban-Chmiel, R., Marek, A., Stępień-Pyśniak, D., Wiczorek, K., Dec, M., Nowaczek, A., & Osek, J. (2022). Antibiotic resistance in bacteria – a review. *Antibiotics*, 11 (8), 1079. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11081079>
5. Broens, E. M., & van Geijlswijk, I. M. (2018). Prudent use of antimicrobials in exotic animal medicine. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 21 (2), 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2018.01.014>
6. Magnusson, U. (2020). Prudent and effective antimicrobial use in a diverse livestock and consumer's world. *Journal of Animal Science*, 98 (Suppl. 1), S4–S8. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa148>
7. Tóth, A. G., Tóth, I., Rózsa, B., Dubecz, A., Patai, Á. V., Németh, T., Kaplan, S., Kovács, E. G., Makrai, L., & Solymosi, N. (2022). Canine saliva as a possible source of antimicrobial resistance genes. *Antibiotics*, 11 (11), 1490. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11111490>
8. Manian, F. A. (2003). Asymptomatic Nasal Carriage of mupirocin-resistant, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in a pet dog associated with MRSA infection in household contacts. *Clinical Infectious Diseases*, 36 (2), e26–e28. <https://doi.org/10.1086/344772>
9. Guardabassi, L., Loeber, M. E., & Jacobson, A. (2004). Transmission of multiple antimicrobial-resistant *Staphylococcus intermedius* between dogs affected by deep pyoderma and their owners. *Veterinary Microbiology*, 98 (1), 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2003.09.021>
10. Frank, L. A., Kania, S. A., Kirzeder, E. M., Eberlein, L. C., & Bemis, D. A. (2009). Risk of colonization or gene transfer to owners of dogs with methicillin-resistant *Staphylococcus pseudintermedius*. *Veterinary Dermatology*, 20 (5–6), 496–501. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2009.00826.x>
11. Wolfs, T. F. W., Duim, B., Geelen, S. P. M., Rigter, A., Thomson-Carter, F., Fleer, A., & Wagenaar, J. A. (2001). Neonatal sepsis by *Campylobacter jejuni*: Genetically proven transmission from a household puppy. *Clinical Infectious Diseases*, 32 (5), e97–e99. <https://doi.org/10.1086/319224>
12. Simjee, S., White, D. G., McDermott, P. F., Wagner, D. D., Zervos, M. J., Donabedian, S. M., English, L. L., Hayes, J. R., & Walker, R. D. (2002). Characterization of Tn 1546 in vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* isolated from canine urinary tract infections: Evidence of gene exchange between human and animal enterococci. *Journal of Clinical Microbiology*, 40 (12), 4659–4665. <https://doi.org/10.1128/jcm.40.12.4659-4665.2002>
13. Ways to stay healthy around animals. (2025). *Healthy Pets, Healthy People*. Retrieved from: <https://www.cdc.gov/healthy-pets/about/index.html>
14. Categorisation of antibiotics in the European Union. (2019). European Medicines Agency. Retrieved from: https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/categorisation-antibiotics-european-union-answer-request-european-commission-updating-scientific-advice-impact-public-health-animal-health-use-antibiotics-animals_en.pdf
15. WHO warns of widespread resistance to common antibiotics worldwide. (2025). World Health Organization. Retrieved from: <https://www.who.int/news/item/13-10-2025-who-warns-of-widespread-resistance-to-common-antibiotics-worldwide>
16. Rice, L. B. (2008). Federal Funding for the study of antimicrobial resistance in nosocomial pathogens: No ESKAPE. *The Journal of Infectious Diseases*, 197 (8), 1079–1081. <https://doi.org/10.1086/533452>
17. Rice, L. B. (2010). Progress and Challenges in implementing the research on ESKAPE pathogens. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 31 (S1), S7–S10. <https://doi.org/10.1086/655995>
18. Magiorakos, A.-P., Srinivasan, A., Carey, R. B., Carmeli, Y., Falagas, M. E., Giske, C. G., Harbarth, S., Hindler, J. F., Kahlmeter, G., Olsson-Liljequist, B., Paterson, D. L., Rice, L. B., Stelling, J., Struelens, M. J., Vatopoulos, A., Weber, J. T., & Monnet, D. L. (2012). Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clinical Microbiology and Infection*, 18 (3), 268–281. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x>
19. Sommer, M. O. A., Munck, C., Toft-Kehler, R. V., & Andersson, D. I. (2017). Prediction of antibiotic resistance: time for a new preclinical paradigm? *Nature Reviews Microbiology*, 15 (11), 689–696. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.75>
20. Beatson, S. A., & Walker, M. J. (2014). Tracking antibiotic resistance. *Science*, 345 (6203), 1454–1455. <https://doi.org/10.1126/science.1260471>
21. Potteth, U. S., Upadhyay, T., Saini, S., & Saraogi, I. (2021). Novel antibacterial targets in protein biogenesis pathways. *ChemBioChem*, 23 (4), e202100459. <https://doi.org/10.1002/cbic.202100459>
22. De Oliveira, D. M. P., Forde, B. M., Kidd, T. J., Harris, P. N. A., Schembri, M. A., Beatson, S. A., Paterson, D. L., & Walker, M. J. (2020). Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens. *Clinical Microbiology Reviews*, 33 (3). <https://doi.org/10.1128/cmr.00181-19>
23. Gwenzi, W., Chaukura, N., Muisa-Zikali, N., Teta, C., Musvuugwa, T., Rzymiski, P., & Abia, A. L. K. (2021). Insects, rodents, and pets as reservoirs, vectors, and sentinels of antimicrobial resistance. *Antibiotics*, 10 (1), 68. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010068>
24. Pomba, C., Rantala, M., Greko, C., Baptiste, K. E., Catry, B., van Duijkeren, E., Mateus, A., Moreno, M. A., Pyörälä, S., Ružauskas, M., Sanders, P., Teale, C., Threlfall, E. J., Kunsagi, Z., Torren-Edo, J., Jukes, H., & Törneke, K. (2016). Public health risk of antimicrobial resistance transfer from companion animals. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 72 (4), 957–968. <https://doi.org/10.1093/jac/dkw481>
25. Santajit, S., & Indrawattana, N. (2016). Mechanisms of antimicrobial resistance in ESKAPE pathogens. *BioMed Research International*, 2016, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2016/2475067>
26. Meade, E., Slaterry, M. A., & Garvey, M. (2024). Antimicrobial resistance profile of zoonotic clinically relevant WHO priority pathogens. *Pathogens*, 13 (11), 1006. <https://doi.org/10.3390/pathogens13111006>
27. Regulation (EU) 2019/6 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on Veterinary Medicinal Products and Repealing Directive 2001/82/EC (Text with EEA Relevance). (2019). *Official Journal of the European Union*, 7.1.2019. Retrieved from: https://www.legislation.gov.uk/eur/2019/6/pdfs/eur_20190006_adop_ted_en.pdf
28. Schmerold, I., van Geijlswijk, I., & Gehring, R. (2023). European regulations on the use of antibiotics in veterinary medicine. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 189, 106473. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2023.106473>

29. Ahmad, I., Huang, L., Hao, H., Sanders, P., & Yuan, Z. (2016). Application of PK/PD modeling in veterinary field: Dose optimization and drug resistance prediction. *BioMed Research International*, 2016, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2016/5465678>
30. Luo, W., Chen, D., Wu, M., Li, Z., Tao, Y., Liu, Q., Pan, Y., Qu, W., Yuan, Z., & Xie, S. (2019). Pharmacokinetics / Pharmacodynamics models of veterinary antimicrobial agents. *Journal of Veterinary Science*, 20 (5). <https://doi.org/10.4142/jvs.2019.20.e40>
31. Toutain, P., Pelligand, L., Lees, P., Bousquet-Mélou, A., Ferran, A. A., & Turnidge, J. D. (2020). The pharmacokinetic / pharmacodynamic paradigm for antimicrobial drugs in veterinary medicine: Recent advances and critical appraisal. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 44 (2), 172–200. <https://doi.org/10.1111/jvp.12917>
32. Melekwe, G. O., Uwagie-Ero, E. A., Zoaka, H. A., & Odigie, E. A. (2018). Comparative clinical effectiveness of preoperative skin antiseptic preparations of chlorhexidine gluconate and povidone iodine for preventing surgical site infections in dogs. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6 (1), 113–116. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.03.005>
33. Chernai, D. S., & Rublenko, S. V. (2025). Microbial contamination of air and surfaces in veterinary clinics: contamination level and species composition of isolates. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 26 (2), 341–346. <https://doi.org/10.36359/scivp.2025-26-2.36>
34. Sebola, D. C., Oguttu, J. W., Kock, M. M., & Qekwana, D. N. (2023). Hospital-acquired and zoonotic bacteria from a veterinary hospital and their associated antimicrobial-susceptibility profiles: A systematic review. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1087052. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1087052>
35. Dancer, S. J. (2009). The role of environmental cleaning in the control of hospital-acquired infection. *Journal of Hospital Infection*, 73 (4), 378–385. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.03.030>
36. Gehring, R., Mochel, J. P., & Schmerold, I. (2023). Understanding the background and clinical significance of the WHO, WOA, and EMA classifications of antimicrobials to mitigate antimicrobial resistance. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1153048. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1153048>
37. Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS). (n.d.). *World Health Organization*. Retrieved from: <https://www.who.int/initiatives/glass>

ORCID

S. Rublenko  <https://orcid.org/0000-0003-0678-5497>
 D. Chernai  <https://orcid.org/0009-0005-6232-1330>



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

Improvement of the method for determining the level of contamination of the distal extremities in cats with toxocara eggs

A. Perviy✉

Article info

Correspondence Author

A. Perviy

E-mail:

andrii.perviy@pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Perviy, A. (2025). Improvement of the method for determining the level of contamination of the distal extremities in cats with toxocara eggs. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 168–171. doi: 10.31210/spi2025.28.04.26

Domestic cats play an important role in the epidemiology of gastrointestinal helminthiasis and can be carriers of a wide range of parasites. Cats are definitive hosts for many intestinal parasites, some of which can cause zoonotic diseases. Such infestations include toxocariasis, caused by the nematode *Toxocara cati*. Environmental contamination with *Toxocara* eggs is believed to be the main source of infection in humans and animals, usually caused by the ingestion of invasive eggs from the environment. The aim of the research was to improve, test and justify the feasibility of using a method for determining the level of contamination of the distal limbs of cats with *T. cati* eggs. Experimental studies were performed in the Laboratory of Parasitology of Poltava State Agrarian University and the Veterinary Clinic "Vet Help" (Poltava). In order to establish the effectiveness of the improved method, it was compared with the well-known analogue method and the express method for determining the level of contamination with toxocara eggs. It was found that the improved method was the most sensitive in isolating *T. cati* eggs in cats (81.3 %) compared to the analogue method (56.3 %) and the express method (25.0 %). In terms of the number of detected toxocara eggs, the improved method showed the highest efficiency – 15.3 copies. The effectiveness of the analogue method and the express method in determining the level of contamination of the distal limbs of cats with toxocara eggs was lower by 29.4 % (10.8 copies) and 88.2 % (1.8 copies, $P < 0.001$), respectively. During microscopy using the improved method, a small number of small foreign bodies were detected, which facilitates the process of finding nematode eggs. The use of the analogue method and the express method resulted in the presence of a significant number of foreign bodies during microscopy, which worsened the process of detecting invasive elements in the field of view. The obtained research results allow us to recommend an improved method for determining the level of contamination of the distal limbs of cats with *T. cati* eggs in monitoring studies for feline toxocariasis.

Keywords: parasitology, cats, toxocariasis, nematode eggs, contamination level, effectiveness.

Удосконалення способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар

А. О. Первий

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Домашні коти відіграють важливу роль в епідеміології шлунково-кишкових гельмінтозів і можуть бути носіями широкого спектру паразитів. Коти є остаточними хазяями для багатьох кишкових паразитів, окремі з яких можуть спричинити зоонозні захворювання. До таких інвазій відносять токсокароз, викликаний нематодою *Toxocara cati*. Вважається, що забруднення навколишнього середовища яйцями токсокар є основним джерелом зараження людини та тварин, які зазвичай спричинені потраплянням інвазійних яєць із навколишнього середовища. Мета досліджень полягала в удосконаленні, випробуванні та обґрунтуванні доцільності застосування способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями *T. cati*. Експериментальні дослідження виконували у лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету та ветеринарній клініці «Vet Help» (м. Полтава). З метою встановлення ефективності удосконаленого способу було проведено його порівняння із загальновідомим способом-аналогом та експрес-способом при встановленні рівня контамінації яйцями токсокар. З'ясовано, що удосконалений спосіб виявився найбільш чутливим при виділенні яєць *T. cati* у котів (81,3 %) порівняно зі способом-аналогом (56,3 %) та експрес-способом (25,0 %). За показниками кількості виявлених яєць токсокар удосконалений спосіб показав найвищу результативність – 15,3 екз. Ефективність способу-аналогом та експрес-способу при визначенні рівня контамінації дистального відділу кінцівок котів яйцями токсокар виявилася нижчою на 29,4 % (10,8 екз) та 88,2 % (1,8 екз, $P < 0,001$) відповідно. Під час проведення мікроскопії за удосконаленим способом виявлено незначну кількість дрібних сторонніх решток, що полегшує процес знаходження яєць нематод. Використання способу-аналогом та експрес-способу призводило до наявності при мікроскопії значної кількості сторонніх решток, що погіршувало процес виявлення інвазійних елементів у полі зору. Отримані результати досліджень дозволяють рекомендувати удосконалений спосіб визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями *T. cati* у проведених моніторингових досліджень за токсокарозу котів.

Ключові слова: паразитологія, коти, токсокароз, яйця нематод, рівень контамінації, ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Первий А. О. Удосконалення способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 168–171.

Вступ

Домашні коти є джерелом багатьох видів збудників паразитозів, з-поміж яких токсокароз, викликаний нематодами *Toxocara cati*, є значно поширеною зооантропонозною інвазією у світі [1–6]. Забруднення навколишнього середовища пропативними формами паразитів, які домашні улюбленці виділяють разом з фекаліями, може призвести до зараження людей, а також сприйнятливих тварин. Це призводить до постійного забруднення довкілля, що і сприяє збереженню цього забруднення [7–11].

Життєвий цикл нематод роду *Toxocara* ґрунтується на потраплянні яєць у навколишнє середовище, переважно у ґрунт. Розсіювання яєць відбувається через живі організми, такі як дощові черви, равлики, комахи, тощо, які поширюють ці форми гельмінтів на великі відстані [12–14]. Враховуючи кількість яєць паразитів, які виявляють у фекаліях тварин, та виживання яєць у ґрунті, небезпечним джерелом зараження можуть бути, навіть, окремі тварини. Зокрема, яйця *Toxocara* spp., завдяки своїй високій стійкості до різних фізичних, хімічних та біологічних факторів (вони можуть виживати в ґрунті у інвазійній стадії протягом кількох років), стали специфічним біоіндикатором забруднення навколишнього середовища фекаліями собак та котів [15].

Для вивчення забруднення навколишнього середовища яйцями *Toxocara* spp. у Бразилії, було зібрано зразки ґрунту з прибудинкових територій. Яйця токсокар були виявлені у 29,03 % досліджених проб. Кількість котів, які утримувались на обстеженій території, коливалася від 1 до 14 [16]. На території Чилі яйцями *Toxocara* spp. були виявлені у 13,5 % зразках. Вони були виявлені у 66,7 % обстежених парків [17].

Дослідниками досліджено ступінь забруднення ґрунту яйцями *T. cati* у сільській та міській місцевості Польщі залежно від часу відбору проб та типу досліджуваних місць. Ними встановлено, що контамінація ґрунту яйцями токсокар було вищим у міських районах (19,8 % позитивних зразків), ніж у сільській місцевості (15,6 %). Як у селах, так і в місті ступінь забруднення ґрунту яйцями навесні та восени був найвищим (17,6 та 14,8 %) [18].

Поширення яєць *Toxocara* spp. було досліджено у місті Краків, де з 80 досліджених зразків 30 % були позитивними, а середня щільність яєць становила 3,7 яйця/100 г ґрунту. Двори та площі в центрі міста були найбільш забрудненими районами (58 % позитивних зразків). Майже 90 % виявлених яєць *Toxocara* spp. були інвазійними. З-поміж них 80 % яєць були класифіковані як *T. cati* [15].

Мета дослідження

Мета досліджень полягала в удосконаленні, випробуванні та обґрунтуванні доцільності застосування способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями *T. cati*.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2025 р. в умовах лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету та ветеринарної клініки «Vet Help» (м. Полтава).

Для визначення ефективності удосконаленого способу встановлення контамінації дистального відділу кінцівок собак коконами дипілідій порівняно зі способом-аналогом [19] та відомим експрес-способом [20] проведено порівняльне дослідження з використанням котів, які інвазовані збудником токсокарозу. Всього було досліджено за кожним способом 13 проб (всього 39 проб).

Критерієм оцінки слугували наступні показники: число позитивних проб, середня кількість виявлених інвазійних елементів – яєць токсокар у 1 пробі та їх мінімальні й максимальні значення, а також наявність сторонніх решток (сміття, волосся, пил тощо) різного розміру за мікроскопії препарату. Забруднення поля зору мікроскопу сторонніми рештками умовно поділили на:

- незначне забруднення – кількість сторонніх решток – до 5 екз у полі зору мікроскопа;
- середнє забруднення – у полі зору мікроскопа від 6 до 10 екз сторонніх решток;
- сильне забруднення – у полі зору мікроскопа 11 і більше екз сторонніх решток.

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили визначенням середнього арифметичного (М), стандартного відхилення (SD) та рівня вірогідності (Р) з використанням методики однофакторного дисперсійного аналізу, використовуючи критерій Фішера.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що застосування способу для встановлення контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар за показником числа позитивних проб виявився найбільш ефективним. Чутливість удосконаленого способу при виявленні яєць токсокар становила 81,3 %. Водночас, за способом-аналогом виявлено 56,3 % позитивних проб, а за експрес-методом – 25,0 %, що на 30,8 та 69,2 % нижче, ніж за використання удосконаленого способу (рис. 1).

Також, удосконалений спосіб виявився ефективнішим за показником середньої кількості виявлених яєць токсокар, де за його застосування виділено $15,3 \pm 7,9$ екз, що виявилось більшим на 29,4 % ($10,8 \pm 4,3$ екз) порівняно зі способом-аналогом, і на 88,2 % ($1,8 \pm 1,0$ екз, $P < 0,001$) порівняно з відомим експрес-способом (рис. 2).

Під час проведення мікроскопії препаратів, виготовлених з відібраного матеріалу від собак, за удосконаленим способом та способом-аналогом у пробах виявляли незначну кількість дрібних сторонніх решток – $3,1 \pm 1,7$ та $3,6 \pm 2,0$ екз відповідно (табл. 1).

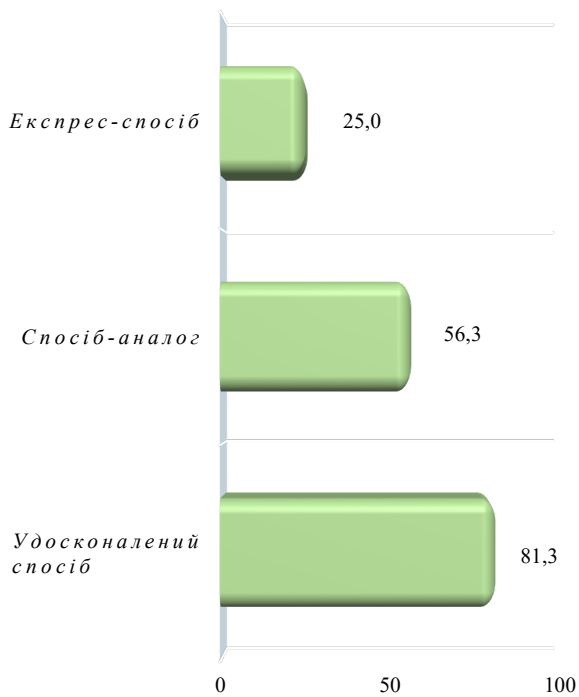


Рис. 1. Чутливість випробуваних способів встановлення контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар (n=13, %)

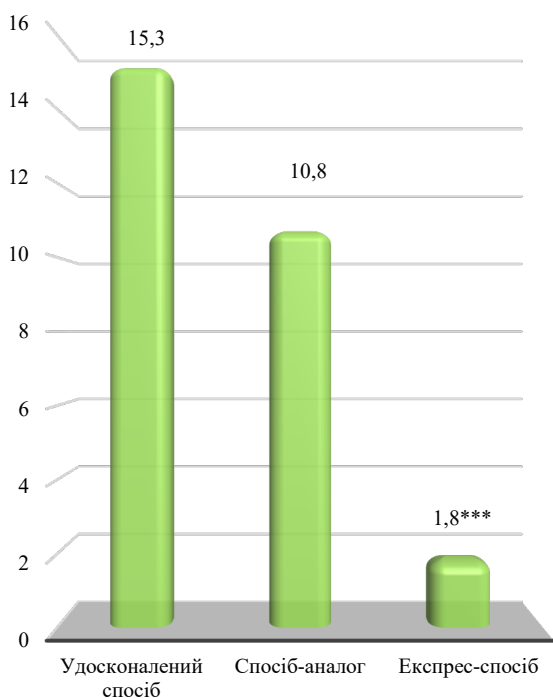


Рис. 2. Показники кількості виявлених яєць токсокар при застосуванні випробуваних способів встановлення контамінації дистального відділу кінцівок у котів (n=13, екз)

Примітки: *** – P<0,001 – порівняно з аналогічним цифровим показником, отриманим із застосуванням удосконаленого способу.

Таблиця 1

Порівняльна ефективність способів дослідження дистального відділу кінцівок котів з метою виявлення яєць токсокар (n=13)

Спосіб дослідження	Виявлено інвазійних елементів, min-max	Сторонні рештки, екз, M±SD
Удосконалений спосіб	6–33	3,1±1,7
Спосіб-аналог	4–16	3,6±2,0
Експрес-спосіб	1–3	24,4±5,6***

Примітки: *** – P<0,001 – порівняно з аналогічним цифровим показником, отриманим із застосуванням удосконаленого способу.

Найбільшу кількість сторонніх решток за мікроскопії препаратів виявляли за використання експрес-способу – 24,4±5,6 екз, що у 7,9 раза більше (P<0,001), ніж за використання удосконаленого способу. При цьому у полі зору мікроскопа одночасно виявляли велику кількість дрібних та значних за розмірами сторонніх решток, що ускладнювало мікроскопію та значно погіршувало процес виявлення інвазійних елементів у полі зору.

Наукові дослідження свідчать про значне поширення токсокарозу котів у світі, де одним із факторів такого розповсюдження є високий рівень забруднення навколишнього середовища яйцями токсокар [1, 3, 5, 15, 16]. Тому, нами було проведено удосконалення способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар та встановлення його ефективності.

З'ясовано, що удосконалений спосіб виявився найбільш чутливим при виділенні яєць *T. cati* у котів (81,3 %) порівняно зі способом-аналогом (56,3 %) та експрес-способом (25,0 %). За показниками кількості виявлених яєць токсокар удосконалений спосіб показав найвищу результативність – 15,3 екз. Ефективність способу-аналогу та експрес-способу при визначенні рівня контамінації дистального відділу кінцівок котів яйцями токсокар виявилася нижчою на 29,4 % (10,8 екз) та 88,2 % (1,8 екз, P<0,001) відповідно. Під час проведення мікроскопії за удосконаленим способом виявлено незначну кількість дрібних сторонніх решток, що полегшує процес знаходження яєць нематод. Використання способу-аналогу та експрес-способу призводило до наявності при мікроскопії значної кількості сторонніх решток, що погіршувало процес виявлення інвазійних елементів у полі зору.

Є повідомлення у науковій літературі, які зазначають про високий рівень контамінації дистального відділу кінцівок у собак пропативними стадіями розвитку паразитів. Згідно даних авторів, на території м. Харків середній рівень екстенсивного та інтенсивного індексу контамінації дистальних відділів кінцівок собак становив відповідно 15,4 % та 4,0±0,4 яєць, де показники забрудненості залежали від місць виходу собак. Найвищі значення контамінації виявлено у собак, яких виховували на прибудинкових територіях (27,3 % та 4,8±2,0 яєць) та міських скверах і парках (14,6 % та 3,4±1,9 яєць) [21].

Отримані результати досліджень дозволяють рекомендувати удосконалений спосіб визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями *T. cati* у проведенні моніторингових досліджень за токсокарозу котів.

Висновки

Доведено високу ефективність удосконаленого способу визначення рівня контамінації дистального відділу кінцівок у котів яйцями токсокар, який полягає у наступному: спосіб є простим у виконанні та не потурбує вартісного обладнання та дефіцитних реактивів; наднасичений запропонований флотант, що застосований у способі, проявляє високу флотаційну здатність відносно яєць токсокар – 15,3 екз / пробу (за коливань від 6 до 33 екз), де його результативність є вищою на 29,4 та 88,2 % порівняно зі способом-аналогом та експрес-способом; у способі використовується флотаційний розчин, що проявляє коагуляційні властивості відносно сторонніх решток, який полегшує процес мікроскопії та виявлення інвазійних елементів у полі зору.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bonilla-Aldana, J. L., Espinosa-Núñez, A. C., Bonilla-Aldana, D. K., & Rodríguez-Morales, A. J. (2024). *Toxocara cati* infection in cats (*Felis catus*): A systematic review and meta-analysis. *Animals*, 14 (7), 1022. <https://doi.org/10.3390/ani14071022>
2. Fisher, M. (2003). *Toxocara cati*: an underestimated zoonotic agent. *Trends in Parasitology*, 19 (4), 167–170. [https://doi.org/10.1016/s1471-4922\(03\)00027-8](https://doi.org/10.1016/s1471-4922(03)00027-8)
3. Ketzis, J. K., & Lucio-Forster, A. (2020). *Toxocara canis* and *Toxocara cati* in domestic dogs and cats in the United States, Mexico, Central America and the Caribbean: A review. *Advances in Parasitology*, 109, 655–714. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.027>
4. Wu, T., & Bowman, D. D. (2020). Visceral larval migrans of *Toxocara canis* and *Toxocara cati* in non-canid and non-felid hosts. (2020). *Advances in Parasitology*, 109, 63–88. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.02.001>
5. Alani, Z., & Kawan, M. (2024). Prevalence and molecular analysis of *Toxocara cati* in Baghdad Province. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 11 (2), 392–397. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k788>
6. Zheng, W. B., Zou, Y., Liu, G. H., & Zhu, X. Q. (2020). Epidemiology of *Toxocara* spp. in dogs and cats in mainland China, 2000–2019. *Advances in Parasitology*, 109, 843–860. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.031>
7. Nijse, R., Overgaauw, P., Ploeger, H., & Mughini-Gras, L. (2020). Sources of environmental contamination with *Toxocara* spp.: An omnipresent parasite. *Advances in Parasitology*, 109, 585–614. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.010>
8. Nijse, R., Mughini-Gras, L., Wagenaar, J. A., Franssen, F., & Ploeger, H. W. (2015). Environmental contamination with *Toxocara* eggs: a quantitative approach to estimate the relative contributions of dogs, cats and foxes, and to assess the efficacy of advised interventions in dogs. *Parasites & Vectors*, 8 (1), 397. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-1009-9>
9. Dubná, S., Langrová, I., Jankovská, I., Vadlejch, J., Pekár, S., Nápravník, J., & Fechtner, J. (2007). Contamination of soil with *Toxocara* eggs in urban (Prague) and rural areas in the Czech Republic. *Veterinary Parasitology*, 144(1–2), 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.09.023>
10. Tiyo, R., Guedes, T. A., Falavigna, D. L. M., & Falavigna-Guilherme, A. L. (2008). Seasonal contamination of public squares and lawns by parasites with zoonotic potential in southern Brazil. *Journal of Helminthology*, 82 (1), 1–6. <https://doi.org/10.1017/s0022149x07870829>
11. Bojar, H., & Klapeć, T. (2018). Contamination of selected recreational areas in Lublin Province, Eastern Poland, by eggs of *Toxocara* spp., *Ancylostoma* spp. and *Trichuris* spp. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25 (3), 460–463. <https://doi.org/10.26444/aaem/92252>
12. Mizgajska, H. (2001). Eggs of *Toxocara* spp. in the environment and their public health implications. *Journal of Helminthology*, 75 (2), 147–151. <https://doi.org/10.1079/joh.200170>
13. Bowman D. D. (2020). History of *Toxocara* and the associated larva migrans. *Advances in Parasitology*, 109, 17–38. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2020.01.037>
14. Gao, X., Wang, H., Li, J., Qin, H., & Xiao, J. (2017). Influence of land use and meteorological factors on the spatial distribution of *Toxocara canis* and *Toxocara cati* eggs in soil in urban areas. *Veterinary Parasitology*, 233, 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.12.004>
15. Mizgajska, H. (2000). Soil contamination with *Toxocara* spp. eggs in the Kraków area and two nearby villages. *Wiadomości Parazytologiczne*, 46 (1), 105–110.
16. Santarém, V. A., Franco, E. da C., Kozuki, F. T., Fini, D., & Prestes-Carneiro, L. E. (2008). Environmental contamination by *Toxocara* spp. Eggs in a rural settlement in Brazil. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 50 (5), 279–281. <https://doi.org/10.1590/s0036-46652008000500006>
17. Castillo, D., Paredes, C., Zañartu, C., Castillo, G., Mercado, R., Muñoz, V., & Schenone, H. (2000). Contaminación ambiental por huevos de *Toxocara* sp. en algunas plazas y parques públicos de Santiago de Chile, 1999. *Boletín Chileno de Parasitología*, 55 (3–4), 86–91. <https://doi.org/10.4067/s0365-9402200000300010>
18. Mizgajska-Wiktor, H., & Jarosz, W. (2007). A comparison of soil contamination with *Toxocara canis* and *Toxocara cati* eggs in rural and urban areas of Wielkopolska district in 2000–2005. *Wiadomości Parazytologiczne*, 53 (3), 219–225.
19. Wolfe, A., & Wright, I. P. (2003). Human toxocarosis and direct contact with dogs. *Veterinary Record*, 152 (14), 419–422. <https://doi.org/10.1136/vr.152.14.419>
20. Mazannyi, O. V., Prykhodko, Yu. O., Nikiforova, O. V., Mazanna, M. H., Fedorova, O. V., & Liulin, P. V. (2020). Patent na korysnu model No 144699. UA. Ekspres-metod kilkisnoho vyznachennia ekto-parazytiv na shkiri reptylii. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1460655/> [in Ukrainian]
21. Kitichenko, A. S., & Melnychuk, V. V. (2025). Kontaminatsiia lap sobak zbudny-kamy nematodoziv travnoho traktu. *Vyrishennia suchasnykh problem u veterynarii medytsyni. Materialy X Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii (18–19 liutoho 2025, m. Poltava)*. (62–65). Poltava: PDAU [in Ukrainian]

ORCID

A. Perviy 

<https://orcid.org/0009-0002-4047-9450>



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

Spread and consequences of secondary infections in cattle affected with foot-and-mouth disease in Karbala province, Iraq

M. A. K. Hameed¹ | F. Al-Dawmy² | A. H. Alqatab³ | A. K. Zabeel⁴ | Z. K. Ibrahim⁵

Article info

Correspondence Author

M. A. K. Hameed

E-mail:

mustafa.abdul@uokerbala.edu.iq¹ College of Veterinary Medicine, University of Kerbala, Kerbala, 56001, Iraq² Alamal College of Specialized Medical Sciences, Babylon St., 56001, Iraq³ College of Healthy and Medical Technical, University of Al Zahraa, Baghdad-Karbala Rd, Karbala, 00964, Iraq⁴ Al-Zahraa University for Women, Baghdad-Karbala Rd, Karbala, 00964, Iraq⁵ Veterinary Teaching Hospital in Karbala Governorate, Iraqi Ministry of Agriculture, 56001, Karbala, Iraq**Citation:** Hameed, M. A. K., Al-Dawmy, F., Alqatab, A. H., Zabeel, A. K., & Ibrahim, Z. K. (2025). Spread and consequences of secondary infections in cattle affected with foot-and-mouth disease in Karbala province, Iraq. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 172–177. doi: 10.31210/spi2025.28.04.27

Foot-and-mouth disease (FMD) is a highly contagious viral disease caused by aphthovirus belonging to the family of *Picornaviridae*. Although the primary viral infection is known to cause the typical clinical manifestations, such as fever, salivation, and the formation of vesicles around the mouth, muzzle, teats, and interdigital spaces, the breakage of these vesicles opens the entry for opportunistic microorganisms. The latter can greatly affect the disease outcome, however, neither their spread, nor the species composition diversity among cattle herds in Iraq have not been adequately documented. Thus, the current study was aimed at isolating and identifying the secondary microbial agents that complicate the foot-and-mouth disease lesions in cattle in Karbala province, Iraq. Following the rules of asepsis, a total of one hundred smear samples were collected from the mouth cavity (n=50) and extremities (n=50) of cows that had been clinically diagnosed with FMD on the basis of the sudden appearance of the disease classical symptoms during its regional outbreak. The microbiological investigation showed a complex polymicrobial community consisting of various opportunistic pathogens that were colonizing as well as infecting the primary viral lesions. Moreover, the isolation of several pathogens from a single lesion was a common phenomenon. Among the isolated bacterial pathogens, both Gram-positive and Gram-negative forms were well represented. *Trueperella pyogenes* turned out to be the most predominant pathogen (18 % of total isolates). *Pasteurella multocida* was found to be the second (16 % of total isolates) after *T. pyogenes*. Notably large percentages of *Staphylococcus aureus* (14 %), both methicillin-sensitive and methicillin-resistant strains, as well as *Escherichia coli* (13 %), both commensal and pathogenic strains, were found. Other bacterial pathogens that were significant enough to be mentioned individually were *Streptococcus dysgalactiae* (7 %), *Fusobacterium necrophorum* (6 %), *Pseudomonas aeruginosa* (5 %). Fungal pathogens were found less frequently. They were mostly *Candida* sp. (5 %), as well as *Cryptococcus* sp. (3 %). It can be noted from these results that bacterial and fungal complications are not only incidental but also common and significant complications that occur as a result of FMD infection. These secondary infections play a vital role complicating the disease pathogenesis. Thus, this research confirmed the urgent necessity of changing the paradigm in the treatment of FMD cases, introducing integrated and holistic treatment approaches, beyond merely supportive therapy of the viral infection.

Keywords: foot and mouth disease (FMD), cattle, secondary infection, microbes, bacteria, fungi.

Поширення і наслідки вторинних інфекцій у великої рогатої худоби хворої на ящур в умовах провінції Кербела, Ірак

M. A. K. Хамед¹ | Ф. Аль-Даумі² | А. Х. Алькатаб³ | А. К. Забіл⁴ | З. К. Ібрагім⁵¹ Коледж ветеринарної медицини, Університет Кербели, Кербела, Ірак² Аламальський коледж спеціалізованих медичних наук, Кербала, Ірак³ Коледж здоров'я та медичної техніки, Університет Аль-Захраа, Кербела, Ірак⁴ Жіночий університет Аль-Захраа, Кербела, Ірак⁵ Ветеринарна навчальна лікарня в губернаторстві Кербела, Міністерство сільського господарства Іраку, Кербела, Ірак

Ящур – висококонтagioзне захворювання яке викликається вірусом з роду *Aphthovirus*, що належить до родини *Picornaviridae*. Нині відомо, що первинна вірусна інфекція викликає типові клінічні прояви, такі як лихоманка, слиновиділення та утворення везикул навколо ротової порожнини, дійок та міжпальцевого простору в корів. Розрив цих везикул відкриває ворота інфекції для умовно-патогенних мікроорганізмів, які можуть значно впливати на прогноз захворювання. Незважаючи на це, поширення і наслідки вторинних інфекцій серед поголів'я великої рогатої худоби, хворої на ящур, в Іраку не були належним чином задокументовані. Таким чином, метою дослідження було виділити та ідентифікувати вторинні мікробні агенти, що ускладнюють перебіг ящуру у великої рогатої худоби в провінції Кербела (Ірак). Для дослідження з дотриманням правил асептики було відібрано 100 мазків із ротової порожнини (n=50) та кінцівок (n=50) корів, яким клінічно діагностували ящур на основі ротової появи класичних симптомів захворювання у період регіонального спалаху хвороби. Мікробіологічне дослідження показало складну полімікробну асоціацію, що складається з різних умовно-патогенних мікроорганізмів, які колонізували та інфікували первинні вірусні ураження. При цьому виділення одночасно кількох патогенів з одного вогнища ураження було поширеним явищем. Серед виявлених бактеріальних патогенів були добре представлені як грампозитивні, так і грамнегативні форми. *Trueperella pyogenes* виявився найпоширенішим патогеном (18 % від загальної кількості ізолятів). На другому місці після *T. pyogenes* виявилися *Pasteurella multocida* (16 % від загальної кількості ізолятів). Також, достатньо високим виявився відсоток *Staphylococcus aureus* (14%), як метицилін-чутливих, так і метицилін-резистентних штамів, а також класичних симптомів захворювання у коменсальних, так і патогенних штамів. Іншими бактеріальними патогенами, які є достатньо значущими були *Streptococcus dysgalactiae* (7 %), *Fusobacterium necrophorum* (6 %), *Pseudomonas aeruginosa* (5 %). Грибкові патогени були виявлені рідше, переважали *Candida* sp. (5 %) та *Cryptococcus* sp. (3 %). Отже, бактеріальні та грибкові ускладнення є не лише випадковими, але й поширеними та значними ускладненнями, що виникають як наслідок інфекції ящуру. Ці вторинні інфекції відіграють життєво важливу роль, ускладнюючи патогенез захворювання. Проведене дослідження підтвердило нагальну необхідність зміни парадигми в лікуванні випадків ящуру, впроваджуючи інтегровані та цілісні підходи, що виходять за рамки лише підтримуючої терапії.

Ключові слова: ящур, велика рогата худоба, вторинна інфекція, патогени, бактерії, гриби.**Бібліографічний опис для цитування:** Хамед М. А. К., Аль-Даумі Ф., Алькатаб А. Х., Забіл А. К., Ібрагім З. К. Поширення і наслідки вторинних інфекцій у великої рогатої худоби хворої на ящур в умовах провінції Кербела, Ірак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 172–177.

Introduction

Picornaviridae virus is a member of the genus *Aphthovirus*, the foot and mouth disease virus (FMDV). A tiny, non-enveloped, positive-sense single-stranded RNA virus, FMDV has a genome of around 8500 bases and is encased in an icosahedral capsid made up of four structural proteins. Seven immunologically distinct serotypes A, O, C, SAT1, SAT2, SAT3, and Asia1 are present, which do not cause cross-immunity. Some FMDV virus serotypes have more variation than others but as a collective group they contain over 60 strains. The disease is endemic in most parts of Asia, Africa, the Middle East and South America. Serotypes A and O are widely distributed, SAT serotypes are mostly observed in Africa, and Asia1 is currently only in Asia [1, 2].

The FMDV is primarily responsible for the initial clinical sign in cattle, with vesicle formation and oral and foot epithelium erosions. However, secondary bacterial complications are primarily responsible for the major economic losses and animal welfare concerns [3].

The predisposition to secondary bacterial infection in foot-and-mouth disease is based on the total breakdown of the host's initial physical and immunological defenses. Not only are the mouth, teats, and foot epithelial linings physically affected through vesicle breakage but they also become immunologically vulnerable. The FMD virus has been reported to preferentially infect keratinocytes and epithelial cells, resulting in widespread cytolysis [4]. Moreover, the virus is now also known to infect and deplete some populations of dendritic cells and macrophages directly in lesions and local lymph nodes and thereby suppress the early innate immune response that would otherwise keep infiltrating bacteria in check [5].

The characteristics of secondary infections have moved from viewing them as simple contaminations to an understanding of the complex synergisms in the polymicrobial populations that colonize FMD lesions. The isolation of the pathogens like *Trueperella pyogenes* and *Pasteurella multocida* along with other microbes like *Fusobacterium necrophorum* and *Staphylococcus aureus* is not a coincidence. There is often a synergistic association, particularly in connection with foot abscesses. For instance, initial colonization by facultative anaerobes will reduce the oxygen tension in the region, providing it an ideal culture for such anaerobes as *Fusobacterium necrophorum* [6].

The organism, in fact, produces leukotoxins that kill host phagocytes, and *T. pyogenes* provides required growth factors through its proteolytic activity. This synergistic pathogenesis intensifies tissue necrosis and pyogenesis, leading to more severe and refractory clinical disease than would be caused by any of these pathogens alone [7].

The aim of the study

The current study was aimed at isolating and identifying the secondary microbial agents that complicate

the foot-and-mouth disease lesions in cattle in Karbala province, Iraq

Materials and methods

In order to survey the dominant microbial species causing these secondary infections in Karbala province, the study was undertaken. Aseptically collected one hundred smear samples of ruptured oral ulcers and foot lesions, especially from interdigital space and coronary band, of confirmed FMDV infected cattle were from various locations in Karbala province.

Standard microbiological techniques for the isolation and identification of bacterial and fungal pathogens were employed. The initial cultivation of the collected samples was done on general-purpose media (nutrient agar, blood agar, MacConkey agar) and selective media (e.g., Mannitol salt agar for staphylococci, Edwards modified medium for *Trueperella pyogenes*, Sabouraud dextrose agar with chloramphenicol for fungi).

Presumptive identification of the isolated cultures was made on the basis of their colonial characteristics and Gram staining. For fungal cultures, the identification was made on the basis of their macroscopic and microscopic characteristics.

Results and discussion

The microbiological culture showed a polymicrobial population of complexity as presented in **Table 1**.

Table 1
Spread of microorganisms isolated from infected cattle

The organism	Smear samples
<i>Trueperella pyogenes</i>	18/100
<i>Staphylococcus aureus</i>	14/100
<i>Escherichia coli</i>	13/100
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	10/100
<i>Pasteurella multocida</i>	16/100
<i>Streptococcus agalactiae</i>	9/100
<i>Salmonella</i> sp.	7/100
<i>Candida</i> sp.	5/100
<i>Cryptococcus</i> sp.	3/100
Non growth	10/100

Trueperella pyogenes, *Escherichia coli*, and *Pasteurella multocida* were some of the isolates, along with other opportunistic pathogens such as *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp., *Streptococcus dysgalactiae*, and other microbes such as *Aspergillus* sp. and *Candida* sp. There were ten samples with no growth due to some possible reasons like technical error during inoculation, mishandling, incubation defects, and other environmental factors.

The information provided in **Table 2** is a crucial, site-specific analysis of the secondary microbial flora associated with foot-and-mouth disease lesions, which shows characteristic ecological patterns for oral and foot infection sites. This secondary colonization is not random but is affected by anatomical, physiological, and

environmental parameters, which have important implications for disease control and outcome.

Table 2

Spread of microorganisms isolated from infected cattle depending on the sampling location

Isolated microorganisms	Smear samples	
	oral cavity	affected hooves
<i>Trueperella pyogenes</i>	10	8
<i>Staphylococcus aureus</i>	9	5
<i>Escherichia coli</i>	9	4
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	5	5
<i>Pasteurella multocida</i>	7	9
<i>Streptococcus agalactiae</i>	5	4
<i>Salmonella</i> sp.	3	4
<i>Candida</i> sp.	4	1
<i>Cryptococcus</i> sp.	2	1
Non growth	3	7

One of the first things that emerge is the fairly even representation of *Trueperella pyogenes* in oral (10 isolates) and hoof lesions (8 isolates). This opportunistic nature is well established in necrotic tissue, and its proteolytic enzymes and biofilm-forming properties make it ideally suited to the devitalized tissue of both sites. This observation is consistent with the findings of [8, 9] that reported *T. pyogenes* as the most prominent secondary invader in bovine interdigital necrobacillosis and mastitis, respectively, and emphasized its non-specific tropism for compromised epithelial barriers.

On the other hand, the distribution of *Pasteurella multocida* indicates a notable disposition for lesions involving the hooves, as shown by 9 isolates as opposed to 7 ones from the oral lesions. This may be explained by the fact that, due to the environmental contamination, injuries on the feet often become exposed to soil and manure, which often contain *P. multocida*. Moreover, the ischemic and traumatic nature of severe foot lesions may provide a suitable environment for its establishment. This is supported by the study made by [8, 9], which showed that *P. multocida* was more frequently isolated from extremities' infections than from oral lesions in cattle, attributed to the environmental factors and traumatic inoculation.

The spread of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* was higher in the oral lesions than in the hoof lesions. For *S. aureus*, it could be attributed to the fact that the organism has a natural habitat in the nasopharyngeal region and skin. These organisms could easily be transferred to the oral lesions through grooming, licking, or even the act of feeding. The oral cavity might provide a more favorable environment for the growth of *S. aureus* due to the warmth and moisture. The high prevalence of *E. coli* in the oral lesions could be attributed to the fact that the organism has a natural habitat in the perineal region. It could be transferred to the oral lesions through the act of grooming the perineal region. This could also be attributed to the fact that the organism could be present in the feed and water.

This high spread of the organisms in the oral lesions is in agreement with the study carried out by [11] that reported a higher load of staphylococci and enterobacteria in the oral lesions than in the cutaneous lesions in FMD-infected cattle.

The isolation of fungal agents (*Candida* sp. and *Cryptococcus* sp.), primarily from oral lesions, is a significant finding. It suggests that mycotic overgrowth may be precipitated by the disruption of the normal mucous flora, the necrotic environment, and possibly the immune suppressive effects of the primary FMD virus or stress. Their presence, particularly in lesions that may be treated empirically with antibacterial agents, signals the risk for complicated, mixed infections that are not responsive to antibiotic therapy alone. Recent literature, such as the report by [12] on secondary infections in bovine respiratory disease, has increasingly highlighted the under-recognized role of fungal opportunists in prolonged bovine illnesses.

The microbiological analysis showed a complex polymicrobial community in lesions of FMD infected cattle, which confirms the known pathophysiology of the virus. FMD vesicle rupture creates extremely large portals of entry in the oral cavity and feet epithelium, and secondary colonization by a broad range of opportunistic pathogens is possible [13]. The isolation of multiple bacterial species, for example, *T. pyogenes*, *E. coli*, and *P. multocida*, and fungi from the same clinical samples strongly indicates the presence of the polymicrobial infection environment and synergistic interactions between bacteria may result from this, which may worsen tissue damage, slow down the healing process, and intensify clinical symptoms such as mastitis and lameness [14]. The difficulty in the treatment of FMD complications is highlighted by the existence of a polymicrobial ecosystem, as it may be necessary to address multiple pathogenic pathways simultaneously.

The extremely high prevalence of *Trueperella pyogenes* (18%) is consistent with its established reputation as a leading opportunistic pathogen in bovine disease. The bacterium is a facultatively anaerobic, non-motile coccus which is a common mucous membrane entry to the upper respiratory and urogenital tracts. Its pathogenicity is mainly attributed to a highly active exotoxin, pyolysin, which is a cholesterol-dependent cytolysin and induces cell lysis by forming pores in the membranes of host cells. *T. pyogenes* also possesses several other virulence factors such as fimbriae for adherence, a neuraminidase to cleave protective glycoproteins on mucosal surfaces, and collagen-binding proteins that facilitate invasion to deeper tissue. Its common occurrence among the FMD isolates from lesions defends its position as a first-order causative agent for secondary infection, where it is highly present in abundance in the necrotic cells of the burst vesicles [15].

These resulting deep, suppurative infections, particularly pododermatitis in cattle feet and mastitis in udder, are normally chronic and crippling, inducing

severe prolonged lameness and decrease in milk production, which are central causative agents for economic losses during FMD outbreaks [2].

Similarly, the significant segregation of *P. multocida* (16 %) stresses its ecological adaptability and virulence beyond its classical application in bovine respiratory disease (BRD). *P. multocida* is a short, Gram-negative, facultatively anaerobic coccobacillus. Pathogenicity is exerted through an elaborate array of virulence factors, primarily the polysaccharide capsule, whose capsular antigens A, B, D, E, and F determine its serogroup and host tropism and disease manifestation. Lipopolysaccharide (LPS) endotoxin, a potent stimulator of inflammatory response, and adhesions and iron-acquisition systems are also significant virulence factors. For FMD, systemic stress and cortisol release secondary to the viral infection can result in immune suppression, i.e., in dysfunction of neutrophils. This immune compromised state allows *P. multocida*, as a commensal in the nasopharynx, to translocate and infect localized skin that is breached by the feet and mouth. Such infections can lead to cellulitis, abscessation, and in extreme cases, bacteremia and septicemic pasteurellosis, thereby severely impairing the clinical outcome and increasing the levels of mortality in infected herds [7, 16].

Significant issues concerning animal welfare and public health are brought to light by the isolation of pathogens from FMD lesions, including *Salmonella* sp. (7 %) and *E. coli* (13 %), as well as *S. aureus* (14 %). The large open wounds caused by ruptured vesicles are easily contaminated by these organisms, which are common residents of the farm environment and the gastrointestinal system of cows. Their presence is the immediate indicator of a severe violation of the normal cutaneous and mucosal barriers, damaged by the prior infection with the virus. Bacteremia, septicemia, and endotoxic shock are disease conditions that have high prevalence rates in progressive FMD disease infections particularly in young animals, as predictors of mortality. Not only is the potential of local colonization available in this invasion, but also the mechanisms of the potential systemic spread [13, 14].

The result of such a serious polymicrobial disease is painful and immobilizing, which greatly affects the clinical outcome, and extends the convalescence period, and is a significant animal welfare problem. The incidence of the given zoonotic infections concerns public health. Close contact with infected cattle or fomites predisposes the transmission of the infection to veterinarians, farm workers and other animals. The environment of the farms is polluted massively with these pathogens [17].

One of the risks is the development of such isolates that would be resistant to popular antibiotics. *S. aureus*, *E. coli* and *Salmonella* are a big concern due to their ability to inflict infections in individuals that are difficult to treat [18]. Moreover, *E. coli* and *Salmonella* species directly endanger the food supply and may cause foodborne disease outbreaks in case of the lack of control measures. These findings therefore stress the importance

of proper biosecurity measures, the need to use personal protective gear, when communicating with infected fauna, and the importance of using antibiotic susceptibility testing in the process of conducting effective treatment.

The detection of the fungal organisms, in this case *Candida* sp. (5 %), is an important discovery which reveals the severe physiological damage of the fungi by FMD viral infection. This is in line with the theory that immune compromised states such as lymphopenia induced by the virus and systemic stress of an ailing fever may enable commensal fungi to multiply [19].

The major FMD viral infection destroys the oral mucosal, gastrointestinal tract barriers, killing the epithelial protective layer and offering a physical niche that is colonized by the fungi. Moreover, the extensive use of broad-spectrum antibiotics applied to treat secondary bacterial infections can destroy the normal microbiota and leave bacterial competitors dead, which makes the ecological vacuum allowing the development of fungi especially *Candida* species [20]. The progress from the infection to colonization has the capability of inducing clinically apparent conditions such as oral thrush that, besides impairing prehension are also capable of further affecting the nutritional status of the animal. More seriously, in systemically immune compromised host the local infection can result in invasive systemic candidiasis [21].

The disease is typically insidious and difficult to diagnose antemortem, but it has the potential to lead to disseminated microabscesses within the organs such as the kidneys, liver, and abomasum and develop a fatal outcome. The isolation of *Candida* sp. in 5 % of cases is therefore not only a laboratory isolation but also a marker for severely diseased animals at risk of a complex and nonspecific fungal infection. It demands heightened clinical suspicion and, in severe and non-reactive cases – potential antifungal therapy, specifically in instances where iatrogenic effects of earlier antibiotic therapy are suspected [22].

Finally, 10 % non-growth cultures are a common laboratory experience because of numerous reasons. Pre- or concurrent antimicrobial treatment of the animals before sampling would significantly reduce the number of viable bacteria. Additionally, the bacteria with specific nutritional requirements may not grow on standard media, and antifungal or antibacterial compounds in the smear transportation system can inhibit growth [23, 24].

Generally, a broad range of opportunistic bacterial and fungal pathogens were isolated from the lesions of foot-and-mouth disease infected cattle in this study. The most frequent isolates, including *T. pyogenes*, *P. multocida*, *S. aureus*, and *E. coli*, were repeatedly isolated, emphasizing their significant role in secondary infection. Furthermore, the fungal organisms including *Candida* sp. were also isolated. The complexity of these polymicrobial infections is emphasized. Infected herds suffer severe economic losses, prolonged morbidity, and chronic lameness as a result of these secondary complications.

Conclusions

This research verifies the existence of secondary bacterial and fungal infections as a common and dangerous complication of foot-and-mouth disease in cattle, creating complex polymicrobial biofilms on oral and feet lesions. The isolation of important pathogens such as *Trueperella pyogenes*, *Pasteurella multocida*, *Staphylococcus aureus*, and *Escherichia coli* indicates a clear opportunistic infection pattern that contributes to the primary viral pathology. The specific information on the spread for each location indicates the presence of specific microbial communities, with staphylococcal and enteric bacteria predominating in oral lesions and a higher degree of environmental contamination with pathogens such as *P. multocida* in hoof lesions. These secondary infections directly affect the morbidity and serious clinical course of the disease, as well as the convalescence period due to delayed wound healing.

Therefore, a complex treatment approach must incorporate specific antimicrobial treatment according to local susceptibility patterns and strict site-specific wound care practices. In any case, the treatment of these secondary infections is crucial for solving animal welfare issues and decreasing the significant economic losses incurred during FMD outbreaks.

Prospects for further research. Future studies should aim at investigating long time observations of lesion development with and without specific intervention, molecular analysis of virulence factors of the spread isolates, and the assessment of particular antiseptic regimens in outbreak settings.

Conflict of interest

The author (s) state that there is no conflict of interest.




References

1. Jamal, S. M., & Belsham, G. J. (2013). Foot-and-mouth disease: past, present and future. *Veterinary Research*, 44(1), 116. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-116>
2. Knight-Jones, T. J. D., & Rushton, J. (2013). The economic impacts of foot and mouth disease – What are they, how big are they and where do they occur? *Preventive Veterinary Medicine*, 112(3–4), 161–173. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.07.013>
3. Alexandersen, S., Zhang, Z., Donaldson, A. I., & Garland, A. J. (2003). The pathogenesis and diagnosis of foot-and-mouth disease. *Journal of Comparative Pathology*, 129(1), 1–36.
4. Grubman, M. J., & Baxt, B. (2004). Foot-and-mouth disease. *Clinical Microbiology Reviews*, 17(2), 465–493. <https://doi.org/10.1128/cmr.17.2.465-493.2004>
5. Stannard, H. J., Tulk, M. L., & Old, J. M. (2017). Dead mouse hopping: Tyzzer's disease in spinifex hopping-mice (*Notomys alexis*). *Veterinary Microbiology*, 201, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.018>
6. André, A. C., Debande, L., & Marteyn, B. S. (2021). The selective advantage of facultative anaerobes relies on their unique ability to cope with changing oxygen levels during infection. *Cellular Microbiology*, 23(8), e13338. <https://doi.org/10.1111/cmi.13338>

7. Yoong, P., & Torres, V. J. (2013). The effects of *Staphylococcus aureus* leukotoxins on the host: cell lysis and beyond. *Current Opinion in Microbiology*, 16(1), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2013.01.012>
8. Rzewuska, M., Kwiecień, E., Chrobak-Chmiel, D., Kizerwetter-Świda, M., Stefańska, I., & Gieryńska, M. (2019). Pathogenicity and virulence of *Trueperella pyogenes*: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(11), 2737. <https://doi.org/10.3390/ijms20112737>
9. Yassin, A. F., Hupfer, H., Siering, C., & Schumann, P. (2011). Comparative chemotaxonomic and phylogenetic studies on the genus *Arcanobacterium* Collins et al. 1982 emend. Lehnen et al. 2006: proposal for *Trueperella* gen. nov. and emended description of the genus *Arcanobacterium*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 61(6), 1265–1274. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.020032-0>
10. White, B. J., & Larson, B. L. (2020). Impact of bovine respiratory disease in U.S. beef cattle. *Animal Health Research Reviews*, 21(2), 132–134. <https://doi.org/10.1017/s1466252320000079>
11. Woldesenbet, A. A., Muluneh, A., Negussie, H., & Jibril, Y. (2023). Foot and mouth disease in Adama and Boset districts, East Shewa zone, Ethiopia: Seroprevalence and virus serotyping. *Ethiopian Veterinary Journal*, 27(1), 143–156. <https://doi.org/10.4314/evj.v27i1.7>
12. Kurcubic, V., Djokovic, R., Vidanovic, D., Sekler, M., Matovic, K., Ilic, Z., & Stojkovic, J. (2013). Bovine respiratory disease complex (BRDC): Viral and bacterial pathogens in Serbia. *Biotehnologija u Stocarstvu*, 29(1), 37–43. <https://doi.org/10.2298/bah1301037k>
13. Arzt, J., Baxt, B., Grubman, M. J., Jackson, T., Juleff, N., Rhyan, J., Rieder, E., Waters, R., & Rodriguez, L. L. (2011). The pathogenesis of foot-and-mouth disease II: viral pathways in swine, small ruminants, and wildlife; myotropism, chronic syndromes, and molecular virus-host interactions. *Transboundary and Emerging Diseases*, 58(4), 305–326.
14. Pauli, B., Ajmera, S., & Kost, C. (2023). Determinants of synergistic cell-cell interactions in bacteria. *Biological Chemistry*, 404(5), 521–534. <https://doi.org/10.1515/hsz-2022-0303>
15. Wen, X., Cheng, J., & Liu, M. (2025). Virulence factors and therapeutic methods of *Trueperella pyogenes*: A review. *Virulence*, 16(1), 2467161. <https://doi.org/10.1080/21505594.2025.2467161>
16. Wilson, B. A., & Ho, M. (2013). *Pasteurella multocida*: from Zoonosis to Cellular Microbiology. *Clinical Microbiology Reviews*, 26(3), 631–655. <https://doi.org/10.1128/cmr.00024-13>
17. Quinn, P. J., Markey, B. K., Leonard, F. C., FitzPatrick, E. S., Fanning, S., & Hartigan, P. J. (2011). *Veterinary microbiology and microbial disease (2nd ed.)*. John Wiley & Sons
18. Van Loo, I. H. M., Diederer, B. M. W., Savelkoul, P. H. M., Woudenberg, J. H. C., Roosendaal, R., van Belkum, A., Lemmens-den Toom, N., Verhulst, C., van Keulen, P. H. J., & Kluytmans, J. A. J. W. (2007). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in meat products, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases*, 13(11), 1753–1755. <https://doi.org/10.3201/eid1311.070358>
19. Stenfeldt, C., Diaz-San Segundo, F., de los Santos, T., Rodriguez, L. L., & Arzt, J. (2016). The Pathogenesis of foot-and-mouth disease in pigs. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, 41. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00041>
20. Brito, G. I., Cerqueira, L. de A., Perecmanis, S., Borges, J. R. J., de Castro, M. B., & Câmara, A. C. L. (2025). Clinical mastitis in small ruminants referred to a veterinary teaching hospital: 23 cases. *Microorganisms*, 13(7), 1512. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13071512>
21. Seyedmousavi, S., Bosco, S. de M. G., de Hoog, S., Ebel, F., Elad, D., Gomes, R. R., Jacobsen, I. D., Jensen, H. E., Martel, A., Mignon, B., Pasmans, F., Piecková, E., Rodrigues, A. M., Singh, K., Vicente, V. A., Wibbelt, G., Wiederhold, N. P., & Guillot, J. (2018). Fungal infections in animals: a patchwork of different situations. *Medical Mycology*, 56(suppl 1), S165–S187. <https://doi.org/10.1093/mmy/myx104>

22. Fatima, D., & Amina, M. (2022). Treatment approaches of ovine fungal diseases using antibiotics and ethnoveterinary medicinal plants. *Pakistan Journal of Zoology*, 54 (4), 1917–1925. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20210809190836>
23. Wong, N. S. T., Malmuthge, N., Gellatly, D., Nordi, W. M., Alexander, T. W., Ortega Polo, R., Janzen, E., Schwartzkopf-Genswein, K., & Jelinski, M. (2024). Characterization of the hoof bacterial communities in feedlot cattle affected with digital dermatitis, foot rot or both using a surface swab technique. *Animal Microbiome*, 6 (1), 2. <https://doi.org/10.1186/s42523-023-00277-1>
24. Li, Y., Han, D., Peng, Y., Zuo, W., Zeng, B., Xiong, D., Ai, J., & Xin, J. (2025). Application of metagenomics in the animal infectious diseases. *Medycyna Weterynaryjna*, 81 (04), 6990–2025. <https://doi.org/10.21521/mw.6990>

ORCID

- M. A. K. Hameed  <https://orcid.org/0000-0001-8076-3371>
- F. Al-Dawmy  <https://orcid.org/0000-0001-8845-5357>
- A. H. Alqatab  <https://orcid.org/0000-0002-4061-1485>
- A. K. Zabeel  <https://orcid.org/0000-0001-8288-0141>
- Z. K. Ibrahim  <https://orcid.org/0000-0002-7438-2481>



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

Clinical and hematological status of dogs with combined liver and kidney pathology

S. Kravchenko  | V. Rudyashko

Article info

Correspondence Author

S. Kravchenko

E-mail:

sergii.kravchenko@pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Kravchenko, S., & Rudyashko, V. (2025). Clinical and hematological status of dogs with combined liver and kidney pathology. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 178–182. doi: 10.31210/spi2025.28.04.28

The results of studies are presented in the article on clinical signs and indicators of red blood cell count, hemoglobin content, hemoglobin saturation of red blood cells, as well as white blood cell count in the blood of domestic dogs with combined liver and kidney pathology. The study results of 37 spontaneously diseased animals with the signs of renal dysfunction, acute hepatitis, chronic hepatitis, hypertrophic cirrhosis of the liver, atrophic cirrhosis of the liver, and hepatolipidosis are presented. The aim of the study was to investigate the clinical status of dogs and separate hematological parameters in dogs with liver disease accompanied by nephropathy. The blood test results were statistically processed and compared with the parameters of ten clinically healthy dogs. It was found that the acute course of hepatitis in case of nephropathy was characterized by hyporexia, hepatomegaly, pain syndrome at palpation of the liver (100 %), polyuria, polydipsia (50–70 %), normochromic anemia (the number of red blood cells was 27.7, and the hemoglobin content was by 40.8 % lower compared to the results of clinically healthy animals). Chronic hepatitis was accompanied by hyporexia and depression (90–100 % of animals), thirst and polyuria (80 %), pain in the liver and kidneys at palpation, and the red blood cell count was by 21.5 % lower than that of clinically healthy dogs and hemoglobin – by 20.4 %. Hypertrophic cirrhosis of the liver was characterized by depression, exhaustion, hyporexia, vomiting, signs of nephropathy – polyuria, polydipsia, pain in the kidneys at palpation (80 %), hypochromic anemia (MCH 19.2±1.21 pg), and leukocytosis (14.0±0.79 G/l). Atrophic cirrhosis of the liver, in addition to the above mentioned signs, was accompanied by more pronounced clinical signs of nephrosis (dysuria, pain syndrome). Hepatolipidosis was not accompanied by characteristic signs of nephropathy and was characterized by sporadic hyporexia, anemia (P<0.01), and leukocytosis (P<0.05).

Keywords: diagnostics, dogs, liver, kidneys, combined pathology, clinical signs, erythrocytes, leukocytes.

Клініко-гематологічний статус собак за поєднаної патології печінки та нирок

С. О. Кравченко | В. С. Рудяшко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено результати досліджень щодо клінічних ознак та показників кількості еритроцитів, вмісту гемоглобіну, насиченості еритроцитів гемоглобіном, а також кількості лейкоцитів у крові свійських собак за поєднаної патології печінки та нирок. Викладено результати досліджень 37 спонтанно хворих тварин з ознаками порушення функції нирок, за гострого гепатиту, хронічного гепатиту, гіпертрофічного цирозу печінки, атрофічного цирозу печінки та гепатоліпідозу. Метою досліджень було вивчення клінічного статусу собак та окремих гематологічних показників у собак за хвороб печінки, що супроводжуються нефропатією. Результати досліджень крові статистично оброблено та порівняно з показниками десяти клінічно здорових собак. Встановлено, що гострий перебіг гепатиту за нефропатії характеризується гіперексією, гепатомегалією, больовим синдромом за пальпації печінки (100 %), поліурією, полідипсією (50–70 %), нормохромною анемією (кількість еритроцитів на 27,7, а вміст гемоглобіну на 40,8 % менша, порівняно з результатами клінічно здорових тварин). Хронічний гепатит супроводжується гіперексією та пригніченням (90–100 % тварин), спрагою та поліурією (80 %), болючістю печінки та нирок за пальпації, кількість еритроцитів менша за показник клінічно здорових собак на 21,5 %, а гемоглобіну на 20,4 %. Гіпертрофічний цироз печінки характеризується пригніченням, виснаженням, гіперексією, блюванням, ознаками нефропатії – поліурією, полідипсією, болючістю нирок за пальпації (80 %), гіпохромною анемією (MCH 19,2±1,21 пг) та лейкоцитозом (14,0±0,79 Г/л). Атрофічний цироз печінки, окрім вищевказаного, супроводжується більш вираженими клінічними ознаками нефрозу (дизурія, больовий синдром). Гепатоліпідоз не супроводжується характерними ознаками нефропатії, характеризується спорадичною гіперексією, анемією (P<0,01) та лейкоцитозом (P<0,05).

Ключові слова: діагностика, собаки, печінка, нирки, поєднана патологія, клінічні ознаки, еритроцити, лейкоцити.

Бібліографічний опис для цитування: Кравченко С. О., Рудяшко В. С. Клініко-гематологічний статус собак за поєднаної патології печінки та нирок. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 178–182.

Вступ

Поєднана, або сумісна, патологія печінки та нирок супроводжується розвитком патологічних змін у нирках за різних захворювань печінки. Це стан організму, за якого функціональна недостатність печінки та пов'язані з цим катаболічні процеси супроводжуються накопиченням продуктів цитолізу гепатоцитів та інших токсинів у крові, що призводить до подразнення мембран клубочків нефронів, їх пошкодження, ураження ниркових канальців та до розвитку нефропатій у вигляді гломерулонефриту, інтерстиціального нефриту та нефрозу. Така взаємодія печінки та нирок за патологічного процесу описана як у медицині людини [12, 16], так і у ветеринарній медицині, зокрема, у свійських собак [11].

Одним з описаних варіантів такої патології є гепаторенальний синдром у собак, що передбачає розвиток стану ниркової недостатності у тварин з тяжким захворюванням печінки. Гепаторенальний синдром є лише однією з форм взаємодії печінки та нирок за сумісної патології [5].

У більшості публікацій, як правило, мова йде про термінальний стан тварин, зумовлений розвитком печінкової недостатності з ускладненням нефрозом [3, 13]. Наші дослідження вказують на те, що розвиток патологічних змін нирок у собак відбувається за різних хвороб печінки, що характеризуються різним ступенем запального компонента, терміном перебігу та характером дистрофічних процесів [1]. Дослідження змін клінічних симптомів та гематологічних показників у собак за різних захворювань печінки не висвітлені у вітчизняних джерелах інформації. Тому тема дослідження є актуальною.

Мета дослідження

Метою роботи було вивчити клініко-біохімічний статус собак за поєднаної патології печінки та нирок у різних проявах патологічного процесу.

Таблиця 1

Клінічні симптоми поєднаної патології печінки та нирок у собак

Клінічні симптоми	Первинні хвороби печінки, ускладнені патологією нирок									
	гострий гепатит, n=10		хронічний гепатит, n=10		гіпертрофічний цироз печінки, n=10		атрофічний цироз печінки, n=4		гепатоліпідоз, n=3	
	кількість	%	кількість	%	кількість	%	кількість	%	кількість	%
Пригнічення	10	100	9	90	8	80	4	100	1	33,3
Гіпорексія	10	100	10	100	8	80	4	100	3	100
Полідипсія	7	70	8	80	10	100	4	100	1	33,3
Поліурія	5	50	8	80	10	100	4	100	–	–
Кахексія	–	–	4	40	10	100	4	100	1	33,3
Іктеричність	6	60	4	40	5	50	1	25	–	–
Анемічність слизових оболонок	4	40	3	30	10	100	4	100	1	33,3
Блювання	2	20	1	10	8	80	3	75	1	33,3
Болочість печінки (при пальпації)	10	100	3	30	2	20	–	–	–	–
Болочість нирок (при пальпації)	–	–	2	20	8	80	3	75	–	–

Матеріали і методи

Дослідження проводили в умовах навчально-науково-виробничої клініки ветеринарної медицини Полтавського державного аграрного університету, на кафедрі терапії імені професора П. І. Локеса, впродовж 2022–2024 років.

Об'єктом досліджень були спонтанно хворі свійські собаки, різного віку, порід та статі, у яких було діагностовано ознаки захворювання печінки та нирок. Тварин досліджували клінічно, ультрасонографічно, лабораторно досліджували кров та сечу.

За результатами досліджень було сформовано дослідні групи, враховуючи первинну патологію гепатобіліарної системи:

- собаки, хворі на гепатит гострого перебігу (n=10);
- собаки, хворі на гепатит хронічного перебігу (n=10);
- собаки за гіпертрофічного цирозу печінки (n=10);
- собаки за атрофічного цирозу печінки (n=4);
- собаки за гепатоліпідозу (n=3).

Для визначення клініко-гематологічного статусу тварин використовували клінічні симптоми, у крові визначали: кількість еритроцитів, вміст гемоглобіну, насиченість еритроцитів гемоглобіном (МСН), кількість лейкоцитів. У якості контролю використовували результати досліджень клінічно здорових свійських собак (n=10).

Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили визначенням середнього арифметичного (M), його похибки (m) та рівня вірогідності (P).

Результати та їх обговорення

Результати досліджень свідчать, що у собак за поєднаної патології печінки та нирок клінічні симптоми різняться, в залежності від первинної патології (*табл. 1*).

За гострого перебігу гепатиту переважали симптоми ураження печінки: тварини були пригнічені, у 100 % собак порушений апетит, пальпація печінки спричиняла больову реакцію. У більшості собак реєстрували спрагу, іктеричність видимих слизових оболонок, у половини тварин – поліурію, а у 40 % тварин – анемічність. Лише у двох собак відмічали блювання, а пальпація нирок не спричиняла больової реакції у жодної тварини цієї групи.

За хронічного гепатиту гіперексію та пригнічення також спостерігали у більшості собак (90–100 %), у 80 % тварин була виражена спрага та поліурія, що свідчить про посилення діурезу внаслідок інтоксикації продуктами катаболізму за запаленої печінки та подразнення нефронів. У 20 % собак пальпація нирок та печінки спричиняли біль. Первинні гепатопатії являють собою хворобливий процес, зосереджений на печінці, і включають хронічний гепатит, який може прогресувати до цирозу. Однак вторинні гепатопатії виникають через первинний хворобливий процес в інших частинах організму, і супроводжуються порушенням роботи нирок [8, 18].

Перебіг гіпертрофічного цирозу печінки у собак супроводжувався виразними клінічними симптомами. Так, абсолютна більшість тварин (80–100 %) були пригніченими, виснаженими, спостерігали гіпо- та анорексію, блювання, полідипсію та поліурію. Симптоми жовтяниці реєстрували лише у половини собак даної групи, що може свідчити про її ремітуючий характер на тлі компенсаторного впливу ділянок регенерації паренхіми печінки. Ця гіпотеза знаходить підтвердження у спеціальній літературі. Зокрема, описано дисфункцію нирок як часте ускладнення у пацієнтів з термінальною стадією захворювання печінки. Також констатували підвищені значення сечовини та креатиніну, що пояснюється порушенням функції нирок, пов'язаним з цирозом печінки, через знижену здатність печінки детоксикувати шкідливі продукти [4, 7]. Водночас, у всіх тварин спостерігали ознаки анемії.

Таблиця 2

Показники стану гемопоєзу клінічно здорових та хворих собак за поєднаної патології печінки та нирок

Показники	Клінічно здорові, n=10	Первинні хвороби печінки, ускладнені патологією нирок					
		гострий гепатит, n=10	хронічний гепатит, n=10	гіпертрофічний цироз печінки, n=10	атрофічний цироз печінки, n=4	гепатоліпідоз, n=3	
Еритроцити, Т/л	M±m	6,5±0,37	4,9±0,22**	5,1±0,21**	4,7±0,28***	4,3±0,18***	5,6±0,56
	Lim	4,9–8,2	4,1–6,4	4,0–6,7	3,4–6,0	3,8–4,6	4,9–6,7
Гемоглобін, г/л	M±m	146,8±8,14	109,2±9,32**	116,9±3,08**	87,6±3,57***	87,0±6,87***	112,0±11,59*
	Lim	109–178	69–159	104–137	71–104	72–102	98–135
МСН, пг	M±m	22,8±0,69	22,2±1,82	22,9±0,56	19,2±1,21*	20,3±1,24	20,0±0,64
	Lim	20–27,5	14,6–30,4	20,4–26,5	11,8–24,1	16,9–22,7	18,8–21,0

Примітки: * – P<0,05, ** – P<0,01, *** – P<0,001, порівняно з показниками клінічно здорових тварин.

За гострого гепатиту у собак кількість еритроцитів була нижчою на 24,6 % (P<0,01) за показник клінічно здорових тварин, а вміст гемоглобіну – на 25,6 % (P<0,01), що свідчить про розвиток анемії. Причинами цього явища може бути запальний процес у печінці, що супроводжується гемолізом. При цьому показник МСН не змінювався, тобто анемія була нормохромною.

Характерною особливістю була відсутність болю за пальпації печінки, при цьому болочість нирок демонстрували 80 % собак. Це свідчить про значний тривалий вплив на нирки токсичних метаболітів, що утворюються у печінці за хронічного запально-дистрофічного процесу, яким є цироз печінки. Найвідомішою причиною азотемії за цирозу печінки є функціональна судинна ниркова недостатність, яка є непрямим наслідком тяжкої периферичної артеріальної вазодилатації з супутньою гіперстимуляцією потужних вазоконстрикторних систем. Ураження нирок, пов'язане з цим механізмом, може мати преренальну форму, гепаторенальний синдром або канальцевий некроз [10].

За атрофічного цирозу печінки загальний стан тварин був незадовільний. Зокрема, у всіх тварин спостерігали сильне виснаження, повний спектр диспепсичних симптомів, поліурію, анемічність слизових оболонок, у 75 % – спорадичне блювання. Слід зазначити, що при цьому пальпація печінки в жодної тварини не була болючою, тоді як пальпація нирок – болюча у 75 % тварин. Це підкреслює негативний вплив циротичних змін печінки не лише на функціональний стан нирок, а й на структуру нирок. Про це також вказують окремі наукові публікації [17].

Окремо слід зазначити зміни клінічні симптоми за гепатоліпідозу в собак. Спільним симптомом для усіх собак даної групи була гіперексія, що зумовлена порушенням травної функції печінки. Лише у однієї тварини спостерігали більш виразні симптоми: пригнічення, блювання, полідипсію, кахексію та анемічність видимих слизових оболонок. Ознак болочості печінки та нирок за пальпації не встановлено. Зважаючи на невелику кількість хворих тварин, можна зазначити тенденційну закономірність щодо незначного ступеню впливу порушень жирового обміну на стан нирок у собак. Це також підтверджується науковими публікаціями [7, 15].

Результати досліджень стану гемопоєзу собак за поєднаної патології печінки та нирок наведено у **таблиці 2**.

За хронічного перебігу гепатиту кількість еритроцитів була меншою на 21,5 % (P<0,01), а гемоглобіну на 20,4 % (P<0,01), що свідчить про менше порушення процесів гемопоєзу, у порівнянні із гострим запальним процесом у печінці. За хронічного гепатиту анемія пояснюється утворенням запальних цитокинів, що порушують нормальне використання заліза та синтез еритроцитів, як свідчать окремі публікації [2, 19].

У собак за гіпертрофічного цирозу печінки, ускладненому нефритом, розвивалась анемія – кількість еритроцитів була меншою на 27,7 %, гемоглобіну на 40,8 % ($P < 0,001$), а МСН на 15,8 % ($P < 0,05$), що вказує на значні порушення гемопоєзу. Зменшення МСН пояснюється, з одного боку, порушенням еритропоєзу на тлі інтоксикації продуктами цитолізу гепатоцитів за циротичних процесів, про що вказують також зарубіжні дослідники [9], а з іншого – є наслідком зменшення синтезу еритропоєтину у юкстагломерулярному апараті нирок, що призводить до зменшення об'єму. Це говорить про порушення здатності нирок реагувати на гіпоксію підвищенням синтезу еритропоєтину, а також порушенням метаболізму заліза та вітаміну D. Такі механізми розвитку анемії за цирозу печінки, ускладненому нефритом, знаходять підтримку у науковій праці науковців [14].

Таблиця 3

Показники кількості лейкоцитів у крові клінічно здорових та хворих собак за поєднаної патології печінки та нирок

Показники	Клінічно здорові, n=10	Первинні хвороби печінки, ускладнені патологією нирок					
		гострий гепатит, n=10	хронічний гепатит, n=10	гіпертрофічний цироз печінки, n=10	атрофічний цироз печінки, n=4	гепатоліпідоз, n=3	
Лейкоцити, М±m	10,8±1,07	15,07±1,70*	14,5±1,22*	14,0±0,79*	6,6±0,90*	13,8±0,94*	
Г/л, Lim	6,7–15,4	8,2–24,7	7,9–18,6	10,5–18,5	4,2–8,5	12,7–15,9	

Примітка: * – $P < 0,05$, порівняно з показниками клінічно здорових тварин.

В цілому у хворих собак спостерігали лейкоцитоз різного ступеню, в залежності від запального компоненту захворювання та ступеню ураження нирок. За гострого гепатиту кількість лейкоцитів була більшою на 39,5 %, за показник клінічно здорових тварин, за хронічного гепатиту – на 34,3 %, за гіпертрофічного цирозу печінки – на 29,6 %, за гепатоліпідозу – на 27,8 % ($P < 0,05$), для усіх показників. За атрофічного цирозу печінки, навпаки, спостерігали лейкопенію – кількість лейкоцитів на 38,9 % менше за показник клінічно здорових ($P < 0,05$), що пов'язано з переважанням апластичних процесів у органах гемопоєзу за хронічного дистрофічного процесу у печінці та ниркової недостатності [20].

Висновки

Захворювання печінки, ускладнені патологією нирок, у собак супроводжуються змінами клінічного стану: пригнічення і гіпорексія у понад 80 %, поліурія та полідипсія – 50–100%; у понад 25 % – ознаки жовтяниці.

У собак за патології печінки і нирок розвивається нормохромна ($P < 0,01$), а за гіпертрофічного цирозу – гіпохромна ($P < 0,05$) анемія.

Патологія печінки та нирок із переважанням запального компоненту супроводжується лейкоцитозом ($P < 0,05$), а за атрофічного цирозу печінки – лейкопенією ($P < 0,05$).

Перспективами подальших досліджень є визначення видового складу лейкоцитів та біохімічних маркерів крові за поєднаної патології печінки та нирок у собак.

За атрофічного цирозу печінки розвиток анемії в цілому відповідав процесам, що відбувались і за гіпертрофічного цирозу – зменшення кількості еритроцитів на 33,8 % ($P < 0,001$), гемоглобіну на 40,7 %. При цьому клінічні симптоми хвороби нирок та їх ультрасонографічні зміни були більш суттєвими, аніж за гіпертрофічного цирозу.

За гепатоліпідозу, що супроводжувався ураженням нирок, зміни показників гемопоєзу у собак полягали лише у зменшенні вмісту гемоглобіну на 23,7 % ($P < 0,01$). Це може бути пов'язано з гіпорексією на фоні ліпомобілізаційного синдрому, що супроводжується дефіцитом залізу, кобальту, міді та інших речовин, необхідних для гемосинтезу.

Зміни кількості лейкоцитів у крові собак за патології печінки, поєднаної з хворобою нирок, наведено у *таблиці 3*.

Конфлікт інтересів

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

References

- Kravchenko, S. O., Kanivets, N. S., & Rudiashko, V. S. (2025). Kliniko-laboratori oznaky hepatopatii za KhKhN u sobak. Naukovi chytannia 2025. *Veterynarna medytsyna i bioriznomanittia v tsyfro-vu epokhu: innovatsii, diahnozyka, zakhyst : materialy XII shchorichnoi Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, aspirantiv ta mahistriv, prysviachena Dniu nauky v Ukraini, 20 travnia 2025 r.* (83–85). Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet [in Ukrainian]
- Chikazawa, S., & Dunning, M. D. (2016). A review of anaemia of inflammatory disease in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 57 (7), 348–353. <https://doi.org/10.1111/jsap.12498>
- Czaja, A. J. (2016). Diagnosis and management of autoimmune hepatitis: Current status and future directions. *Gut and Liver*, 10 (2), 177–203. <https://doi.org/10.5009/gnl15352>
- D'Amico, G., & Perricone, G. (2019). Prediction of decompensation in patients with compensated cirrhosis: Does etiology matter? *Current Hepatology Reports*, 18 (2), 144–156. <https://doi.org/10.1007/s11901-019-00473-1>
- Egerod Israelsen, M., Gluud, L. L., & Krag, A. (2015). Acute kidney injury and hepatorenal syndrome in cirrhosis. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 30 (2), 236–243. <https://doi.org/10.1111/jgh.12709>
- Elhibli, M. A., Dua, K., Mohindroo, J., Mahajan, S. K., Sood, N. K., & Dhaliwal, P. S. (2015). Clinico-hemato-biochemical profile of dogs with liver cirrhosis. *Veterinary World*, 8 (4), 487–491. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.487-491>
- Das, S., & Lodh, C. (2024). Diagnostic studies in canine hepatic cirrhosis. *Indian Journal of Canine Practice*, 16 (1), 028–032. <https://doi.org/10.29005/ijcp.2024.16.1.028-032>

8. Eulenberg, V. M., & Lidbury, J. A. (2018). Hepatic fibrosis in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32 (1), 26–41. <https://doi.org/10.1111/jvim.14891>
9. Grimes, C. N., & Fry, M. M. (2014). Nonregenerative anemia. *Veterinary Pathology*, 52 (2), 298–311. <https://doi.org/10.1177/0300985814529315>
10. Hartleb, M. (2012). Kidneys in chronic liver diseases. *World Journal of Gastroenterology*, 18 (24), 3035. <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i24.3035>
11. Kashliak, N. O., & Vlizlo, V. V. (2023). Symptoms, biochemical indicators and general blood analysis for hepatopathy in dogs. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 25 (112), 193–200. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11230>
12. Lane, K., Dixon, J. J., MacPhee, I. A. M., & Philips, B. J. (2013). Renohepatic crosstalk: does acute kidney injury cause liver dysfunction? *Nephrology Dialysis Transplantation*, 28 (7), 1634–1647. <https://doi.org/10.1093/ndt/gft091>
13. Lokes-Krupka, T. P., Vlokh, I. Yu., Baklytska, A. S., Kanivets, N. S., & Karysheva, L. P. (2022). Clinical case of chronic hepatitis in a domestic dog. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (107), 94–99. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10716>
14. McCown, J. L., & Specht, A. J. (2011). Iron homeostasis and disorders in dogs and cats: A review. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 47 (3), 151–160. <https://doi.org/10.5326/jaaha-ms-5553>
15. Negasee, K. A. (2021). Hepatic diseases in canine and feline: A review. *Veterinary Medicine – Open Journal*, 6 (1), 22–31. <https://doi.org/10.17140/vmoj-6-155>
16. Rad, N. K., Heydari, Z., Tamimi, A. H., Zahmatkesh, E., Shpichka, A., Barekat, M., Timashev, P., Hossein-Khannazer, N., Hassan, M., & Vosough, M. (2024). Review on kidney-liver crosstalk: Pathophysiology of their disorders. *Cell Journal*, 26 (2), 98–111.
17. Vovkotrub, N., Melnyk, A. Y., Piddubnyak, O. V., Kharchenko, A., & Chub, O. (2022). Evaluation of changes in indicators of the liver and kidneys functional state in sheep under the influence of the drug "Alphabet for animals". *Naukovij Visnik Veterinarnoi Medicini*, 2, 55–65. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2022-176-2-55-65>
18. Webster, C. R. L., Center, S. A., Cullen, J. M., Penninck, D. G., Richter, K. P., Twedt, D. C., & Watson, P. J. (2019). ACVIM consensus statement on the diagnosis and treatment of chronic hepatitis in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (3), 1173–1200. <https://doi.org/10.1111/jvim.15467>
19. Weiss, G., Ganz, T., & Goodnough, L. T. (2019). Anemia of inflammation. *Blood*, 133 (1), 40–50. <https://doi.org/10.1182/blood-2018-06-856500>
20. Ziccardi, C., Cohn, L. A., Janacek, B., Gross, J., Nafe, L., & Grobman, M. (2022). Etiology and outcome of extreme neutrophilic leukocytosis: A multi-institutional retrospective study of 269 dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36 (2), 541–548. <https://doi.org/10.1111/jvim.16344>

ORCID

S. Kravchenko  <https://orcid.org/0000-0002-7420-9320>
 V. Rudyashko  <https://orcid.org/0009-0009-4671-6227>



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

Effectiveness of known methods of coproscopy for myxintoxications of the digestive tract of dogs

D. Kryvoruchenko✉

Article info

Correspondence Author

D. Kryvoruchenko

E-mail:

denys.kryvoruchenko@gmail.comState Biotechnological
University,
Alchevsky Str., 44,
Kharkiv, 61002, Ukraine**Citation:** Kryvoruchenko, D. (2025). Effectiveness of known methods of coproscopy for myxintoxications of the digestive tract of dogs. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 183–188. doi: 10.31210/spi2025.28.04.29

Urbanization processes are taking place in all regions of the planet. Large and small cities, megacities are being created, which leads to the formation of an urban ecosystem with unique abiotic and biotic factors. All this has a significant impact on the fauna and inhabitants of the urban environment. Special attention is paid to the formation of parasite fauna in domestic dogs - typical representatives of the urban environment of a metropolis, among which a significant proportion are helminthiasis of the digestive tract, which have medical, sanitary and veterinary significance. Lifetime diagnostics of these invasions is an important element of practical veterinary activity, the success of which depends on the correct choice and competent application of appropriate laboratory diagnostic methods. The purpose of the research is to determine the effectiveness of known coproscopic flotation methods in the associative course of trichuriasis, toxocarosis and dipylidiosis. The research was conducted in the conditions of the Private Veterinary Clinic "Dovira" (Kharkiv) and the Laboratory of Parasitology of the Poltava State Agrarian University (Poltava). The flotation methods of Kotelnikov-Khrenov (with a solution of ammonium nitrate), Sorokova (with a combined solution of calcium and ammonium nitrate), Petrenko (with a combined solution of calcium nitrate, sugar and sodium chloride), Melnychuk (with a combined solution of calcium nitrate and sodium chloride) were tested in the process of diagnosing parasitococcosis caused by parasitization of trichuriasis, toxocarosis and dipylidiosis. It was established that the tested methods of coproscopy detected eggs of trichuriasis, toxocarosis and cocoons of dipylidiosis with different indicators of invasion intensity. The most sensitive method for the simultaneous detection of trichuriasis, toxocarosis and dipylidiosis, regardless of the exposures of coprobes, was the Melnychuk's method, which exceeded the effectiveness of the Kotelnikov-Khrenov's methods by 21.7–73.1 %, 21.9 % and 50.0–54.4 %; Sorokova's by 21.2–30.9 % and 32.4–49.0 %; Petrenko's by 27.6 % and 37.2–40.4 %, respectively. The results obtained allow us to recommend the flotation method with a combined solution of calcium nitrate and sodium chloride for effective coproscopic diagnostics of the associative course of trichuriasis, toxocarosis and dipylidiosis in dogs.

Keywords: parasitology, dogs, myxintoxications, nematodes, cestodes, laboratory diagnostics, effectiveness

Ефективність відомих способів копрооскопії за мікстинвазій травного тракту собак

Д. О. Криворученко

Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

Процеси урбанізації відбуваються у всіх регіонах планети. Створюються великі та малі міста, мегаполіси, що призводить до формування міської екосистеми зі своєрідними абіотичними та біотичними факторами. Все це чинить істотний вплив на фауну, мешканців міського середовища. Особливої уваги заслуговує формування паразитофауни у домашніх собак – типових представників міського середовища мегаполісу, з-поміж яких значну частку становлять гельмінтози травного тракту, що мають медико-санітарне та ветеринарне значення. Зажиттєва діагностика цих інвазій є важливим елементом практичної ветеринарної діяльності, успішність якої залежить від правильного вибору і грамотного застосування відповідних способів лабораторної діагностики. Мета досліджень полягає у визначенні ефективності відомих копрооскопічних способів флотації за асоціативного перебігу трихурисів, токсокар та дипілідій. Дослідження проводили в умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків) та лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету (м. Полтава). Випробовано способи флотації Котельникова-Хренова (із розчином аміачної селітри), Сорокової (із комбінованим розчином кальцієвої та аміачної селітри), Петренка (із комбінованим розчином кальцієвої селітри, цукру та натрію хлориду), Мельничука (із комбінованим розчином кальцієвої селітри та натрію хлориду) у процесі діагностики паразитоценозу, зумовленого паразитуванням трихурисів, токсокар та дипілідій. Встановлено, що випробовані способи копрооскопії виявляли яйця трихурисів, токсокар та кокони дипілідій з різними показниками інтенсивності інвазії. Найбільш чутливим за одночасного виявлення трихурисів, токсокар та дипілідій незалежно від експозицій копропроб виявився спосіб Мельничука, який перевищував результативність способів Котельникова-Хренова – на 21,7–73,1 %, 21,9 % та 50,0–54,4 %; Сорокової – на 21,2–30,9 % та 32,4–49,0 %; Петренка – на 27,6 % та 37,2–40,4 % відповідно. Отримані результати дозволяють рекомендувати флотаційний спосіб з комбінованим розчином кальцієвої селітри та натрію хлориду для ефективної копрооскопічної діагностики асоціативного перебігу трихуриозу, токсокарозу і дипілідіозу в собак.

Ключові слова: паразитологія, собаки, мікстинвазії, нематоди, цестоди, лабораторна діагностика, ефективність**Бібліографічний опис для цитування:** Криворученко Д. О. Ефективність відомих способів копрооскопії за мікстинвазій травного тракту собак. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 183–188.

Вступ

Різноманітність тваринного світу та певні кліматичні умови сприяють розвитку великої кількості різних видів паразитів, особливо серед м'ясоїдних тварин, у яких домінують паразитичні гельмінти [1–5].

Нерідко гельмінтози, за відсутності правильно організованої боротьби та профілактики з ними, набувають характеру ензоотій. Ситуація щодо паразитарних хвороб собак у світі свідчить про значне поширення гельмінтозів травного тракту, зокрема трихуру, токсокарозу та дипілідіозу, де окремі з них становлять серйозну небезпеку не тільки для дефінітивного господаря, а й для людини. Тому, вивчення санітарно-епідеміологічної та епізоотологічної ситуації щодо гельмінтозів серед домашніх собак на певних територіях є актуальною проблемою [6–10].

На сьогоднішній день існують певні труднощі у виборі найбільш ефективного та простого у застосуванні способу копроовоскопічної діагностики гельмінтозів, який міг би одночасно виявляти і бути ефективним за мікстінвазій травного тракту собак. У науковій літературі повідомляється про розбіжності в ефективності різних способів діагностики за шлунково-кишкових паразитів у собак [11–13].

Серед методів, запропонованих для копроовоскопічних досліджень тварин, найпоширенішими методами виявлення гельмінтів травного тракту у собак є центрифугування-флотація [14], звичайна флотація [15] та мікроскопічне дослідження у нативному матеріалі [16]. Є повідомлення про високу ефективність запропонованої авторами методики TF-Test[®], яка виявилася ефективнішою, ніж загальновідомі методи флотації. Таке значне підвищення чутливості запропонованої методики може бути обґрунтована поєднанням різних процесів, таких як: збір фекального матеріалу протягом трьох днів з використанням консервуючого розчину; подвійна фільтрація зібраних зразків; два етапи підготовки копропроб – центрифугування-осадження з подальшим концентруванням-флотацією [17]. Зокрема, збір зразків фекалій протягом трьох днів з використанням консервуючого розчину значно сприяє підвищенню виявлення збудників гельмінтів та найпростіших. Це відбувається через різні біологічні цикли кожного виду паразитів, деякі з яких мають періодичну елімінацію яєць та ооцист. Водночас, використання консервуючого розчину зберігає морфологію паразитів протягом 30 днів при кімнатній температурі [18–20]. Двошарові сита усувають частину фекальних домішок, а двостадійне концентрування паразитів – центрифугування-седиментація з подальшим концентруванням-флотацією, значно зменшує кількість домішок, що залишилися, а також дозволяє виділити значну кількість пропативних стадій розвитку гельмінтозів та протозоозів травного тракту у собак [17].

Отже, наукова література свідчить, що вибір чутливого методу є фундаментальним для уникнення неправильної діагностики та дозволяє своєчасно впроваджувати ефективні програми контролю зоонозів.

Мета дослідження

Мета роботи полягає у визначенні ефективності відомих копроовоскопічних способів флотації за асоціативного перебігу трихурисів, токсокар та дипілідій.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2025 р. в умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків) та лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету (м. Полтава).

Випробувано способи флотації: Котельникова-Хренова (із розчином аміачної селітри, питома вага 1,30) [21], Сорокової (із комбінованим розчином кальцієвої та аміачної селітри, питома вага 1,32–1,34) [22], Петренка (із комбінованим розчином кальцієвої селітри, цукру та натрію хлориду, питома вага 1,32) [23], Мельничука (із комбінованим розчином кальцієвої селітри та натрію хлориду, питома вага 1,34) [24].

Для досліду використовували фекалії від собак спонтанно інвазованих асоціацією збудників трихуру, токсокарозу та дипілідіозу. Всього проведено 180 копродосліджень (по 15 кожним способом). Відстоювання зразків у кожному з флотаційних розчинів проводили впродовж 5, 10 та 15 хв. Критерієм оцінки слугували наступні показники: кількість позитивних проб та середня кількість виявлених яєць нематод / коконів цестод (інтенсивність інвазії, П (яєць/г; коконів/г)).

Математичний аналіз отриманих даних проводили з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, US) шляхом визначення середнього арифметичного (M), стандартного відхилення (SD) та рівня вірогідності (P) за допомогою методики однофакторного дисперсійного аналізу, використовуючи критерій Фішера.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що найбільш ефективним під час лабораторної копроовоскопічної діагностики трихурузно-токсокарозно-дипілідіозної мікстінвазії у собак виявився спосіб Мельничука, де в якості флотанту використовують комбінований розчин кальцієвої селітри та натрію хлориду (*табл. 1*).

Так, за використання способу Мельничука його чутливість залежно від експозиції копропроб відносно яєць трихурисів, токсокар і дипілідій становила 100,0 %, 100,0 % та 80,0–100,0 %. Водночас, чутливість способу Котельникова-Хренова при виявленні яєць трихурисів, токсокар і дипілідій становила відповідно 100,0 %, 100,0 % та 40,0–80,0 %; способу Сорокової – 100,0 %, 100,0 % та 46,7–86,7 %; способу Петренка – 100,0 %, 100,0 % та 66,7–93,3 %.

Також, за використання способу Мельничука показники інтенсивності гельмінтозних інвазій виявилися найвищими і становили залежно від

експозиції за трихуризу – від 54,7±21,0 до 69,3±20,9 яєць/г, токсокарозу – від 50,7±17,8 до 84,4±43,6 яєць/г, дипілідіозу – від 15,6±6,6 до 25,8±10,0 коконів/г. Спосіб Котельникова-Хренова

виявився менш ефективним порівняно із способом Мельничука при виявленні яєць трихурисів за експозиції 5 хв – на 43,1 % (P<0,01), 10 хв – на 31,7 % (P<0,01), 15 хв – на 31,3 % (P<0,01) (рис. 1).

Таблиця 1

Діагностична чутливість різних способів флотації за гельмінтозів у собак

Спосіб	Час відстоювання фекальної суспензії	Інвазійні елементи	Виявлено позитивних проб	
			екз	%
Котельникова-Хренова	5	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	6	40,0
	10	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	8	53,3
	15	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	12	80,0
Сорокової	5	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	7	46,7
	10	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	9	60,0
	15	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	13	86,7
Петренка	5	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	10	66,7
	10	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	12	80,0
	15	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	14	93,3
Мельничука	5	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	12	80,0
	10	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	15	100,0
	15	трихуриси	15	100,0
		токсокари	15	100,0
		дипілідії	15	100,0

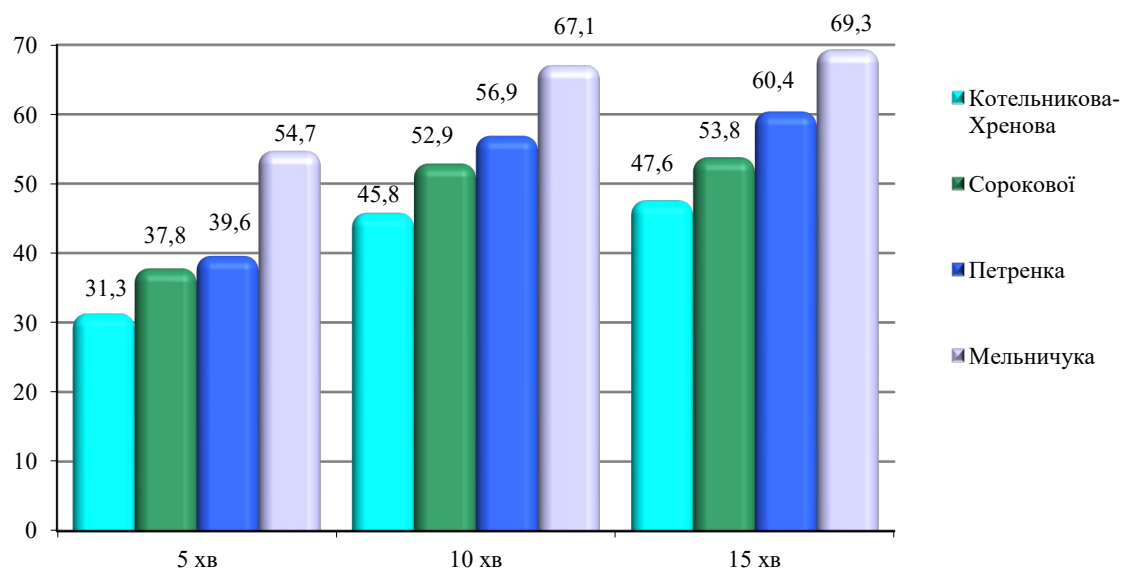


Рис. 1. Показники інтенсивності трихуридної інвазії у собак, виявлені за використання різних способів копроовоскопії

Таку ж тенденцію виявлено і при порівнянні способів Сорокової, Петренка та Мельничука, де ефективність останнього була більш результативною при виділенні яєць трихурисів за експозиції 5 хв – на 30,9 % ($P<0,05$) та 27,6 % ($P<0,05$), 10 хв – на 21,2 % ($P<0,05$) та 15,2 %, 15 хв – на 22,4 % ($P<0,05$) та 12,8 % відповідно.

Спосіб Котельникова-Хренова виявився, також, менш ефективним порівняно із способом Мельничука при виявленні яєць токсокар за експозиції 5 хв – на 21,9 % ($P<0,05$), 10 хв – на 11,9 %, 15 хв – на 18,4 % ($P<0,05$) (рис. 2).

Таку ж тенденцію виявлено і при порівнянні способів Сорокової, Петренка, де їх ефективність при виділенні яєць токсокар була нижчою, ніж спосіб

Мельничука за експозиції 5 хв – на 7,1 та 4,5 %, 10 хв – на 5,9 та 4,7 %, 15 хв – на 13,6 та 7,3 % відповідно.

Одночасно з'ясовано, що спосіб Котельникова-Хренова показав менші значення показників інтенсивності дипілідіозної інвазії порівняно із способом Мельничука за експозиції 5 хв – на 50,0 % ($P<0,001$), 10 хв – на 54,4 % ($P<0,001$), 15 хв – на 50,4 % ($P<0,001$) (рис. 3).

Таку ж тенденцію виявлено і при порівнянні способів Сорокової, Петренка, де їх ефективність при виділенні яєць токсокар була нижчою, ніж спосіб Мельничука за експозиції 5 хв – на 44,9 % ($P<0,01$) та 40,4 % ($P<0,01$), 10 хв – на 49,0 % ($P<0,001$) та 40,2 % ($P<0,01$), 15 хв – на 32,4 % ($P<0,001$) та 37,2 % ($P<0,01$) відповідно.

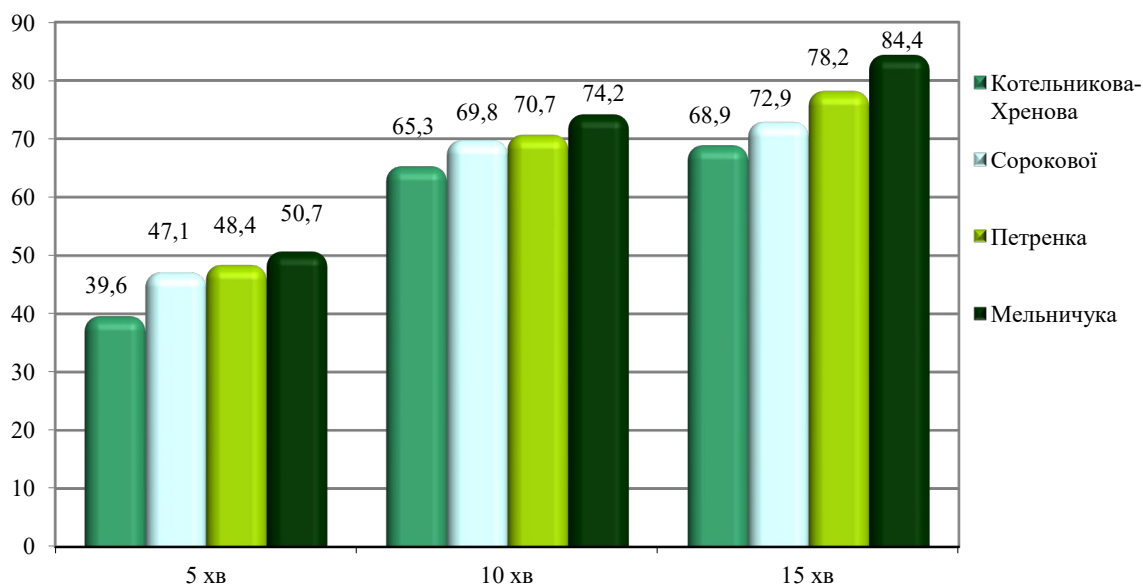


Рис. 2. Показники інтенсивності токсокарозної інвазії у собак, виявлені за використання різних способів копроовоскопії

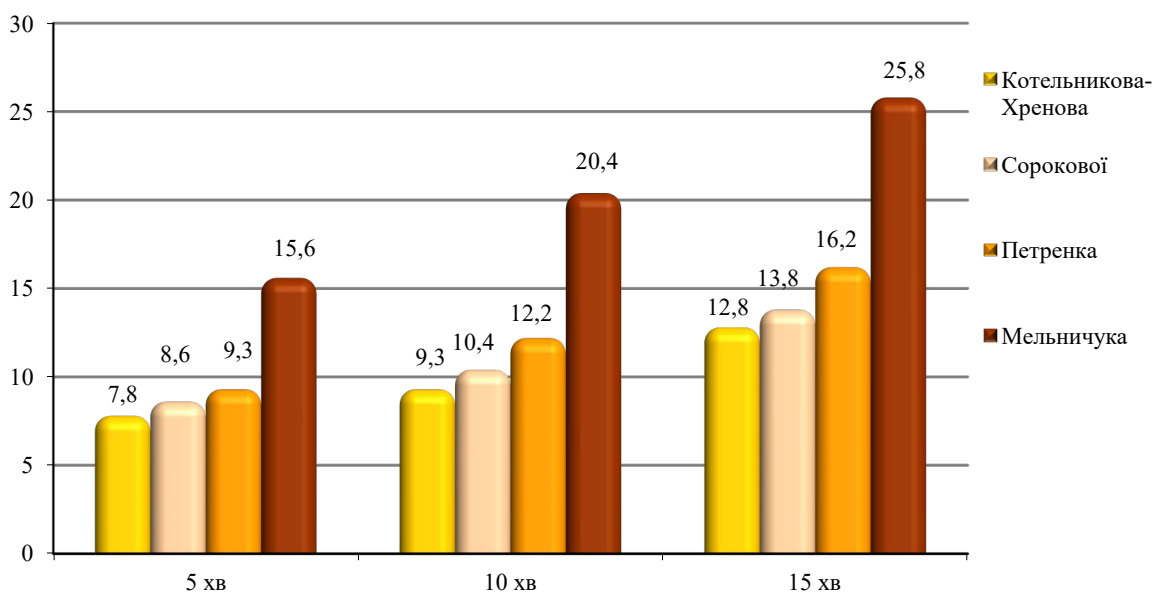


Рис. 3. Показники інтенсивності дипілідіозної інвазії у собак, виявлені за використання різних способів копроовоскопії

Отже, світова література доводить актуальність використання високочутливих, ергономічних та ефективних методів копроовоскопії під час діагностування паразитозів травного тракту у собак [11–13, 17]. Водночас, вкрай обмаль повідомлень щодо ефективності відомих методів копроовоскопічної діагностики мікстинвазій травного тракту у тварин. Тому, нами було встановлено ефективність флотаційних способів за мікстинвазії, обумовленої одночасним паразитуванням трихурисів, токсокар і дипілідій у собак.

Встановлено, що випробувані способи копроовоскопії виявляли яйця трихурисів, токсокар та кокони дипілідій з різними показниками інтенсивності інвазії. Найбільш чутливим за одночасного виділення трихурисів, токсокар та дипілідій незалежно від експозицій копропроб виявився спосіб Мельничука, який перевищував результативність способів Котельникова-Хренова – на 21,7–73,1 % ($P < 0,01$), 21,9 % ($P < 0,05$) та 50,0–54,4 % ($P < 0,001$); Сорокової – на 21,2–30,9 % ($P < 0,05$) та 32,4–49,0 % ($P < 0,01$... $P < 0,001$); Петренка – на 27,6 % ($P < 0,05$) та 37,2–40,4 % ($P < 0,01$) відповідно.

В доступній літературі є повідомлення про випробування відомих методів копроовоскопії, де під час виявлення нематодозно-протозойних асоціацій у свиней найбільшу ефективність показав метод Котельникова-Хренова з експозицією копропроб 15 хвилин. Такий термін відстоювання надавав оптимальні строки для спливання максимального спектру яєць гельмінтів та ооцист найпростіших організмів [25].

Отримані результати дозволяють рекомендувати флотаційний спосіб з комбінованим розчином кальцієвої селітри та натрію хлориду для ефективної копроовоскопічної діагностики асоціативного перебігу трихуридозу, токсокарозу і дипілідіозу в собак.

Висновки

Доведено високу діагностичну ефективність способу Мельничука, де в якості флотанту використовують комбінований розчин кальцієвої селітри та натрію хлориду, під час копроовоскопічної діагностики трихуридозно-токсокарозно-дипілідіозної мікстинвазії у собак. Чутливість способу Мельничука становить 80,0–100,0 %, Котельникова-Хренова – 46,7–100,0 %, Сорокової – 46,7–100,0 %, Петренка – 66,7–100,0 %. Спосіб Мельничука показав вищу результативність, незалежно від експозицій флотанту, при одночасному виявленні яєць трихурисів, токсокар і дипілідій порівняно зі способами Котельникова-Хренова (на 21,9–73,1 %, $P < 0,05$... $P < 0,001$), Сорокової (на 21,2–49,9 %, $P < 0,05$... $P < 0,001$), Петренка (на 27,6–40,4 %, $P < 0,05$... $P < 0,05$).

Конфлікт інтересів

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

References

- Munro, R., & Munro, H. M. C. (1978). Intestinal helminthiasis in dogs in Fiji. *Australian Veterinary Journal*, 54(1), 44–44. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1978.tb00278.x>
- Otake Sato, M., Sato, M., Yoonuan, T., Pongvongsa, T., Sanguankiat, S., Kounnavong, S., Maipanich, W., Chigusa, Y., Moji, K., & Waikagul, J. (2017). The role of domestic dogs in the transmission of zoonotic helminthes in a rural area of Mekong river basin. *Acta Parasitologica*, 62(2), 393–400. <https://doi.org/10.1515/ap-2017-0047>
- Lempereur, L., Nijse, R., Losson, B., Marechal, F., De Volder, A., Schoormans, A., Martinelle, L., Danlois, F., & Claerebout, E. (2020). Coprological survey of endoparasite infections in owned dogs and owners' perceptions of endoparasite control in Belgium and the Netherlands. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 22, 100450. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100450>
- Wang, C. R., Qiu, J. H., Zhao, J. P., Xu, L. M., Yu, W. C., & Zhu, X. Q. (2006). Prevalence of helminthes in adult dogs in Heilongjiang Province, the People's Republic of China. *Parasitology Research*, 99(5), 627–630. <https://doi.org/10.1007/s00436-006-0219-7>
- Paoletti, B., Traversa, D., Iorio, R., De Berardinis, A., Bartolini, R., Salini, R., & Di Cesare, A. (2015). Zoonotic parasites in feces and fur of stray and private dogs from Italy. *Parasitology Research*, 114(6), 2135–2141. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4402-6>
- Inpankaew, T., Murrell, K. D., Pinyoranuwat, N., Chhoun, C., Khov, K., Sem, T., Sorn, S., Muth, S., & Dalsgaard, A. (2015). A survey for potentially zoonotic gastrointestinal parasites of dogs and pigs in Cambodia. *Acta Parasitologica*, 60(4), 601–604. <https://doi.org/10.1515/ap-2015-0083>
- Mirzaei, M., & Fooladi, M. (2012). Prevalence of intestinal helminthes in owned dogs in Kerman city, Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5(9), 735–737. [https://doi.org/10.1016/s1995-7645\(12\)60116-3](https://doi.org/10.1016/s1995-7645(12)60116-3)
- Minnaar, W. N., Krecsek, R. C., & Fourie, L. J. (2002). Helminths in dogs from a peri-urban resource-limited community in Free State Province, South Africa. *Veterinary Parasitology*, 107(4), 343–349. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(02\)00155-3](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(02)00155-3)
- Ho, S.-Y., Watanabe, Y., Lee, Y.-C., Shih, T.-H., Tu, W.-J., & Ooi, H.-K. (2006). Survey of gastrointestinal parasitic infections in quarantined dogs in Taiwan. *Journal of Veterinary Medical Science*, 68(1), 69–70. <https://doi.org/10.1292/jvms.68.69>
- Nikolić, A., Dimitrijević, S., Katić-Radojević, S., Klun, I., Bobić, B., & Djurković-Djaković, O. (2008). High prevalence of intestinal zoonotic parasites in dogs from Belgrade, Serbia – short communication. *Acta Veterinaria Hungarica*, 56(3), 335–340. <https://doi.org/10.1556/avet.56.2008.3.7>
- 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)
- Táparo, C. V., Perri, S. H., Serrano, A. C., Ishizaki, M. N., da Costa, T. P., do Amarante, A. F., & Bresciani, K. D. (2006). Comparison between coproparasitological techniques for the diagnosis of helminth eggs or protozoa oocysts in dogs. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 15(1), 1–5.
- Katagiri, S., & Oliveira-Sequeira, T. C. G. (2008). Prevalence of dog intestinal parasites and risk perception of zoonotic infection by dog owners in São Paulo State, Brazil. *Zoonoses and Public Health*, 55(8–10), 406–413. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2008.01163.x>
- Oliveira-Sequeira, T. C. G., Amarante, A. F. T., Ferrari, T. B., & Nunes, L. C. (2002). Prevalence of intestinal parasites in dogs from São Paulo State, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 103(1–2), 19–27. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00575-1](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00575-1)
- Sousa, V. R., Almeida, A. F., Cândido, A. C., & Barros, L. A. (2010). Ovos e larvas de helmintos em caixas de areia de creches, escolas municipais e praças públicas de Cuiabá, MT. *Ciência Animal Brasileira*, 11(2), 390–395. <https://doi.org/10.5216/cab.v11i2.3150>

16. Hendrix, C. M., & Robinson, E. (2006). *Parasitology diagnostic for veterinary technicians. 3rd Edition*. St. Louis: Mosby Elsevier
17. Coelho, W. M. D., Gomes, J. F., Amarante, A. F. T. do, Bresciani, K. D. S., Lumina, G., Koshino-Shimizu, S., Leme, D. P., & Falcão, A. X. (2013). A new laboratorial method for the diagnosis of gastrointestinal parasites in dogs. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22 (1), 1–5. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612013000100002>
18. Hoshino-Shimizu, S., Gomes, J. F., & Dias, L. C. S. (2001). Intestinal Parasites: traditional techniques and commercial kits. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 37, 44.
19. Gomes, J. F., Hoshino-Shimizu, S., S. Dias, L. C., Araujo, A. J. S. A., Castilho, V. L. P., & Neves, F. A. M. A. (2004). Evaluation of a novel kit (TF-Test) for the diagnosis of intestinal parasitic infections. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 18 (2), 132–138. <https://doi.org/10.1002/jcla.20011>
20. Garcia, L. S. (2007). *Diagnostic Medical Parasitology. 5th ed.* Washington: ASM.
21. Dakhno, I. S., & Dakhno, Yu. I. (2010). *Ekolohichna helmintolohiia*. Vydavnytstvo «Kozatskyi val», Sumy [in Ukrainian]
22. Sorokova, S. S. (2019). Comparative effectiveness of the methods of coproovoscopic diagnosing sheep strongyloidosis. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 146–151. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.19>
23. Petrenko, M., Yevstafieva, V., Melnychuk, V., & Shaferivskyi, B. (2024). *Utility model patents № 155882. UA. Method of coproovoscopy for sheep trichuriasis*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1795638/>
24. Melnychuk, V., Kitichenko, A., Suvorov, R., Pohorelova, H., Yevstafieva, V., & Gudz, N. (2025). *Utility model patents № 159636. UA. Method of coproscopic examination of dogs for the presence of eggs of pathogens of the digestive tract nematodes and oocysts of cystoisospores*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1861787/>
25. Yevstafieva, V. O. (2007). Porivnialna efektyvnist koproskopichnykh metodiv diahnozyky parazytoziv tvaryn. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 1, 110–111. [in Ukrainian]

ORCID

D. Kryvoruchenko 

<https://orcid.org/0000-0002-2044-8019>



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

Analysis of screening serological studies of bovine leucosis in separate districts of Poltava region

O. Peredera  | R. Peredera | I. Lavrinenko | I. Kolomak | M. Petrenko

Article info

Correspondence Author

O. Peredera

E-mail:

olena.peredera@pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Peredera, O., Peredera, R., Lavrinenko, I., Kolomak, I., & Petrenko, M. (2025). Analysis of screening serological studies of bovine leucosis in separate districts of Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 189–195. doi: 10.31210/spi2025.28.04.30

During the period from 2018 to 2024 in the Regional State Laboratory of the State Food Products' Consumer Service in Poltava region, the monitoring studies of cattle stock blood serum for leucosis were conducted with the aim to prevent this disease according to the "Plan of conducting diagnostic examinations to prevent contagious diseases". To carry out epizootic screening, generally adopted (standard) methods of AGID and ELISA were used. The results' registration was made in nine districts of Poltava region: Hadiach, Chornukhy, Hlobyne, Zinkiv, Novi Sanzhary, Dykanka, Velyka Bahachka, Hrebinka and Lokhvytsia districts. Insignificant increase in the share of positively reacting to leucosis animals were found in Lokhvytsia district where the number of such animals made 0.1% of the total amount. As a result of investigations in 2022, 2023, and 2024, gradual increase in the number of such animals was revealed in Hrebinka district. During these periods, the share of positively reacting cows made 0.5, 0.8, and 3.3 %, respectively. Stable tendency as to decreasing in the number of animals positive to leucosis was observed in Hadiach, Chornukhy, Zinkiv, Novi Sanzhary, Dykanka, and Velyka Bahachka districts. The exact and timely diagnostics of leucosis by using AGID and ELISA methods, which was conducted during the above mentioned period, ensured the absence of animals serologically positive to leucosis in Hadiach, Chornukhy, Zinkiv, Novi Sanzhary, Dykanka, and Velyka Bahachka districts of Poltava region in 2024. Timely revealing by AGID and ELISA methods of animals positive to leucosis on the farms of different forms of property is crucial in the system of measures to prevent bovine leucosis. The revealing of such animals is possible in different periods even on the farms where for a long time all blood serum samples of cattle were negative. This can be connected with various factors: the conditions of keeping, the effect of stress factors, the stock movement, purchase of animals, and long incubation period, during which the specific antibodies to the causative agent are not detected. Therefore, planned serological monitoring and the analysis of the obtained indicators are the basis for the prevention and prognostication of the epizootic situation as to bovine leucosis.

Keywords: leucosis, cattle, serological studies, prevention.

Аналіз скринінгових серологічних досліджень лейкозу великої рогатої худоби в окремих районах Полтавської області

О. О. Передера | Р. В. Передера | І. В. Лаврінченко | І. О. Коломак | М. О. Петренко

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У період з 2018 до 2024 року в умовах Регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби в Полтавській області згідно до «Плану проведення діагностичних досліджень по профілактиці заразних хвороб» були здійснені моніторингові дослідження сироватки крові поголів'я великої рогатої худоби на лейкоз з метою профілактики цього захворювання. Для проведення епізоотичного скринінгу застосовували загальноприйняті (стандартні) методики РІД та ІФА. Облік результатів та їх аналіз здійснювали у дев'яти районах Полтавської області: Гадяцькому, Чорнухівському, Глобинському, Зінківському, Новосанжарському, Диканському, Великобагачанському, Гребінківському та Лохвицькому. Незначне підвищення частки реагуючих позитивно на лейкоз виявляли у Лохвицькому районі, де кількість таких тварин становила 0,1 % від загальної кількості. Поступове збільшення таких тварин в результаті досліджень у 2022, 2023 та 2024 роках виявили у Гребінківському районі. У ці періоди частка реагуючих корів становила 0,5, 0,8 та 3,3 % відповідно. Стійка тенденція щодо зниження кількості позитивних щодо лейкозу тварин у дослідний період спостерігалася у Гадяцькому, Чорнухівському, Зінківському, Новосанжарському, Диканському та Великобагачанському районах. Точна та своєчасна діагностика лейкозу методами РІД та ІФА, що була проведена у зазначений період забезпечила відсутність серопозитивних до лейкозу тварин у Гадяцькому, Чорнухівському, Зінківському, Новосанжарському, Диканському та Великобагачанському районах Полтавської області у 2024 році. Своєчасне виявлення в РІД, ІФА позитивних на лейкоз тварин у господарствах різної форми власності є визначальним в системі заходів профілактики лейкозу великої рогатої худоби. Виявлення таких тварин можливе у різні періоди навіть у господарствах, де тривалий час усі проби сироватки крові тварин були негативними. Це може бути пов'язано з різними факторами: умовами утримання, дією стресових чинників, рухом поголів'я, закупівлею тварин та тривалим інкубаційним періодом, під час якого специфічні антитіла до збудника не виявляють. Тому плановий серологічний моніторинг і аналіз отриманих показників є основою для профілактики та прогнозування епізоотичної ситуації щодо лейкозу великої рогатої худоби.

Ключові слова: лейкоз, велика рогата худоба, серологічні дослідження, профілактика.

Бібліографічний опис для цитування: Передера О. О., Передера Р. В., Лаврінченко І. В., Коломак І. О., Петренко М. О. Аналіз скринінгових серологічних досліджень лейкозу великої рогатої худоби в окремих районах Полтавської області. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 189–195.

Вступ

В останні роки в Україні та світі зросла актуальність зоонозів, важливе місце серед яких займає лейкоз великої рогатої худоби [2, 6, 12]. Збудником цього інфекційного захворювання є онкогенний, РНК-вмісний вірус родини *Retroviridae* [18, 21]. Він викликає ензоотичний лейкоз великої рогатої худоби, який є найважливішим неопластичним захворюванням у цього виду тварин. У більшості інфікованої худоби захворювання на ранніх стадіях має безсимптомний перебіг, що передбачає надзвичайно високі показники виділення вірусу в багатьох популяціях тварин сприйнятливих видів [3, 24]. Близько 30 % з них демонструють стійкий лімфоцитоз з різними клінічними наслідками; лише невелика частина тварин (менше 5 %) виявляє ознаки, характерні для термінальних стадій [24].

Лейкоз завдає значних економічних збитків у галузі скотарства, особливо на молочних фермах. Прямі витрати зумовлені зниженням продуктивності тварин і тривалості життя корів; непрямі збитки спричинені обмеженнями, що накладаються на імпорт тварин та продуктів тваринного походження і з неблагополучних по лейкозу регіонів [17, 23]. Більшість європейських регіонів запровадили ефективну програму ліквідації, проте поширеність залишається високою у всьому світі [9, 10, 23].

Патогенез хвороби пов'язаний з ураженням маладиференційованих елементів червоного кісткового мозку, внаслідок чого розмноження лімфоцитів на ранніх стадіях розвитку стає неконтрольованим, а їх дозрівання та диференціація не здійснюється. У результаті відбувається інфільтрація внутрішніх органів і тканин незрілими лімфоцитами та формування злоякісних патологічних осередків. [16, 24].

Згідно з інформацією Zhao et al. (2025), лейкоз великої рогатої худоби вперше описали ще у 1871 році, однак тоді збудника встановити не вдалося. Лише у 1969 році було ідентифіковано та детально охарактеризовано вірус, що спричиняє захворювання [26]. На сьогоднішній день лейкоз великої рогатої худоби поширений в багатьох країнах світу, де переважають інтенсивні шляхи отримання молочної продукції. Випадки лейкозу великої рогатої худоби реєструють у країнах Америки, Скандинавії, Центральної Європи, на Близькому Сході [4, 13, 22]. Це пояснюється схильністю збудника викликати захворювання у генетично визначених високопродуктивних молочних корів окремих порід та ліній [14, 16]. Zhao et al. (2024) встановили, що поширеність лейкозу великої рогатої худоби, в провінції Хенань Центрального Китаю відповідала 3,4 % (95 % СІ 2,2–5,1). Досліджено було 668 корів на 9 фермах. При цьому виділяли чотири генотипи вірусу [27].

Згідно зі статистичними показниками, наведеними Dagnaw et al. (2025), частка тварин, інфікованих вірусом лейкозу в Північній Америці ~43 %, Азії ~17 %, Африці ~14 %, Південній Америці ~10 %, Європі ~4 %. Пулована поширеність \approx 19 % (95 % СІ 16–23 %) [15]. Rahman et al. (2023) описують значне поширення лейкозу у Пакистані серед буйволів [19].

За даними Yarchuk et al. (2017), перший підтверджений випадок в Україні зафіксовано у 1953 році в Харківській області [25]. Відтоді в Україні процес епізоотичного моніторингу лейкозу великої рогатої худоби контролюється на державному рівні; заходи діагностики, профілактики та ліквідації цього захворювання регулюються законодавчими та нормативними документами. Згідно Інструкції з профілактики та оздоровлення великої рогатої худоби від лейкозу (2007) що діє на сьогодні, заходи профілактики основані на серологічному моніторингу усього поголів'я великої рогатої худоби, що досягло шестимісячного віку, в РІД (реакція імунодифузії в агаровому гелі), ІФА (імуно-ферментний аналіз) або ПЛІР (полімеразна ланцюгова реакція). Схеми серологічного моніторингу на основі РІД та ІФА описані в діючій інструкції. В основі відмінності схем серологічного моніторингу (скринінгу) на основі РІД та ІФА закладені різні проміжки і кратність досліджень. Це пов'язано з різною точністю результатів цих реакцій. Виявлення специфічних антитіл вказує на наявність збудника в організмі. Такі тварини вважаються хворими, їх можуть утримувати певний час ізольовано від благополучного стада або направляють на забій негайно [5].

Мета дослідження

Мета дослідження полягала в здійсненні аналізу серологічного скринінгу лейкозу великої рогатої худоби в окремих районах Полтавської області у 2018–2024 роках.

Матеріали і методи

Дослідження проводились в умовах Регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби в Полтавській області. Для проведення епізоотичного скринінгу застосовували загальноприйняті (стандартизовані) методики РІД та ІФА. Облік результатів та їх аналіз здійснювали у дев'яти районах Полтавської області: Гадяцькому, Чорнухінському, Глобинському, Зінківському, Новосанжарському, Диканському, Великобагачанському, Гребінківському та Лохвицькому. Дослідження здійснювали згідно до «Плану проведення діагностичних досліджень по профілактиці заразних хвороб».

Результати та їх обговорення

Згідно з даними, опублікованими Korniienko et al. (2020), у 2008–2019 роках в умовах лабораторій ветеринарної медицини було досліджено понад 46 мільйонів проб сироватки крові великої рогатої худоби на наявність специфічних антитіл до збудника ензоотичного лейкозу методами РІД та ІФА. У результаті діагностичних досліджень, що здійснювалися впродовж 26 років в Україні було реабілітовано 10519 господарств [8]. Отримані дані щодо динаміки епізоотичного процесу свідчать, що найвищий коефіцієнт захворюваності був зафіксований у 1998–2000 роках і становив 3,7–4,3%. Найвищий

рівень захворюваності було зафіксовано у 1997–2000 роках. Він знаходився у межах 11,8–15,3%. Кількість вогнищ інфекції впродовж досліджуваного періоду виявлялася у межах 90–270. Пік кількості неблагополучних господарств припадає на 1994–2003 роки. У 1994 році їх налічувалося 2346, а до 2003-го показник зменшився до 1 247 господарств. У цей період було вилучено понад чотири мільйони голів великої рогатої худоби, від загальної кількості поголів'я. Автори вважають це першопрчиною зниження частки позитивних на лейкоз тварин [8].

За даними Регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби в Полтавській області, у 2018 році планові дослідження сироватки крові від великої рогатої худоби здійснювалися методом РІД (табл. 1).

Таблиця 1

Результати лабораторних досліджень в Полтавській області за 2018 рік методом РІД

Район	Всього досліджено проб	Позитивно реагуючих проб
Гадяцький	22093	431
Чорнухівський	2968	39
Глобинський	12410	96
Зіньківський	11784	22
Новосанжарський	3654	79
Диканський	4039	17
Великобагачанський	10372	36
Гребінківський	3053	2
Лохвицький	7477	7
<i>Всього</i>	<i>77850</i>	<i>729</i>

Результати досліджень свідчать, що найвищу частку позитивно реагуючих тварин виявляли у Новосанжарському районі – 2,1%. Досить високим цей показник був у Гадяцькому районі – 1,9% та Чорнухівському – 1,3% (рис. 1).

У Диканському та Великобагачанському районах частка позитивних проб майже не відрізнялася, але досліджуване поголів'я по кількості відрізнялося суттєво. В Диканському районі, де частка позитивних проб становила 0,4% кількість досліджених тварин

Таблиця 2

Результати лабораторних досліджень в Полтавській області за 2019–2021 роки методом РІД

Район	2019		2020		2021	
	досліджено	позитивно реагуючих проб	досліджено	позитивно реагуючих проб	досліджено	позитивно реагуючих проб
Гадяцький	5779	174	2790	10	2224	6
Чорнухівський	2104	46	1651	48	968	16
Глобинський	2517	61	2318	5	1527	21
Зіньківський	3644	15	2008	5	1646	4
Новосанжарський	2742	51	1499	18	1000	15
Диканський	904	8	650	10	524	0
Великобагачанський	1500	42	1207	20	881	0
Гребінківський	605	0	461	0	353	0
Лохвицький	2190	15	2164	4	1566	0
<i>Всього</i>	<i>21985</i>	<i>412</i>	<i>14748</i>	<i>120</i>	<i>10689</i>	<i>62</i>

Як свідчать дані досліджень, у наступний 2019 рік тенденція щодо зниження кількості позитивно реагуючих в РІД тварин в Гадяцькому районі зберігалася (рис. 2).

Слід відмітити що кількість досліджуваного поголів'я великої рогатої худоби у цьому районі з

становила 4039 голів. У Великобагачанському, за частки 0,3% кількість досліджуваних на лейкоз тварин складало 10372 голови. Найнижчі показники були зафіксовані в Гребінківському та Лохвицькому районах, що дорівнювало 0,06% та 0,09% відповідно.

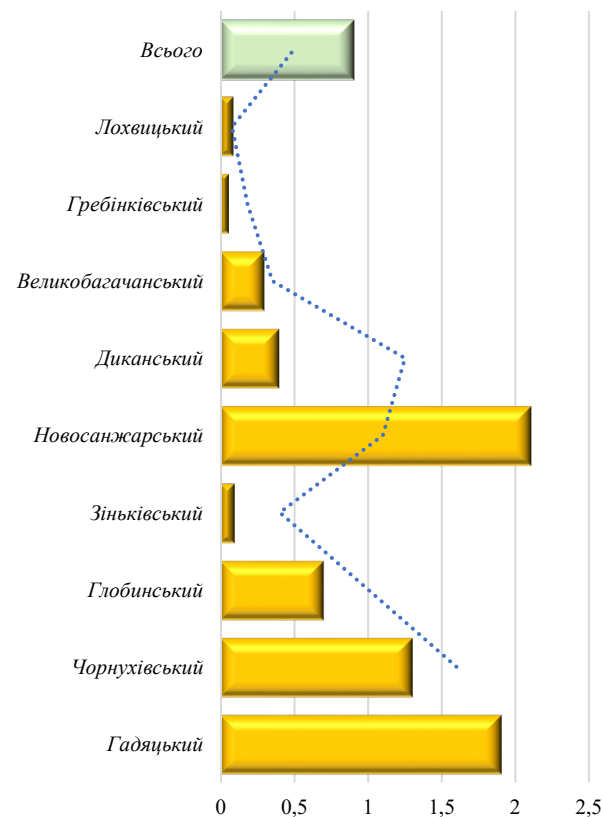


Рис. 1. Відсоток позитивно реагуючої на лейкоз великої рогатої худоби в умовах Полтавській області за результатами досліджень сироватки крові методом РІД (2018 рік)

Як і в 2018 році, дослідження великої рогатої худоби на лейкоз у 2019–2021 роках також проводилися з використанням методу на основі РІД. Отримані результати досліджень висвітлено в таблиці 2.

2019 по 2020 рік зменшилося удвічі, а кількість реагуючих знизилася у 17,4 рази. У 2021 році кількість реагуючих на лейкоз у цьому районі становила 0,2% на тлі зниження досліджуваного поголів'я на 566 голів.

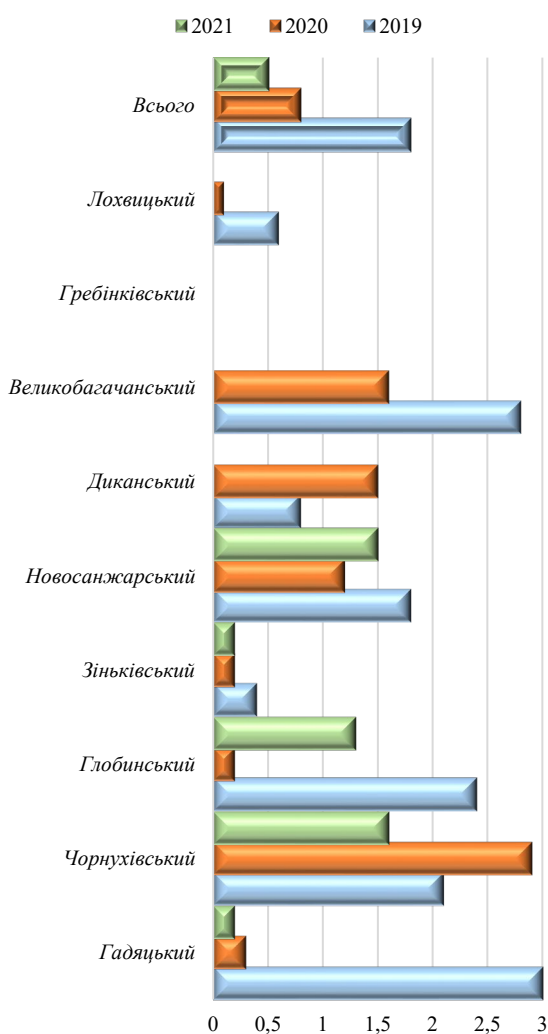


Рис. 2. Відсоток позитивно реагуючої на лейкоз великої рогатої худоби в умовах Полтавської області за результатами досліджень методом РІД (2019–2021 роки)

На другому місці по кількості позитивних на лейкоз сироваток корів у 2019 році був Велико-

багачанський район, в якому реагуючі у РІД позитивні тварини становили 2,8 %. З 2019 по 2021 роки поголів'я великої рогатої худоби, що досліджувалося методом РІД у цьому районі зменшилось майже удвічі (в 1,7 рази), а позитивно реагуючих тварин у 2021 році не було виявлено.

У Диканському районі у 2019 році дослідженню підлягало 904 голови, у 2020 – на 254 голови менше (650). Незважаючи на зменшення кількості досліджених сироваток, частка позитивних проб навпаки підвищилася на 0,7 %, і становила 1,5 %, що може вказувати на завезення нових тварин. У 2021 році на тлі незначного зниження кількості корів до 524 голів позитивних у РІД сироваток не виявляли.

Аналогічна ситуація відбувалася в Чорнухівському районі. У 2019 році при дослідженні 2104 проб виявлено 2,1 % позитивних. При зниженні загального поголів'я що досліджувалося методом РІД на 32 %, до 1651 голови кількість позитивних проб при цьому становила 48, що відповідало частці 2,9 %: за рік цей показник підвищився на 0,8 %. У 2021 році на тлі зниження кількості досліджених проб сироваток на 683, частка позитивних знизилася на 1,3 % та становила 1,6 %.

У Лохвицькому районі у 2019 році у результаті дослідження 2090 проб виявляли 15 реагуючих, що відповідало частці 0,6 %. У наступному 2020 році кількість позитивно реагуючих тварин знизилася на 11 та становила 4 корови. Це відповідало 0,1% від загальної кількості проб. У 2021 році у Лохвицькому районі не було виявлено жодної позитивної проби.

У Зіньківському районі за дослідження поголів'я у 3644 голів методом РІД частка реагуючих відповідала 0,4 %. В подальшому, при зменшенні кількості досліджень на 1636 проб частка реагуючих знизилася удвічі, і дорівнювала 0,2 %. Цей відсоток залишився незмінним у 2021 році.

На відміну від попередніх років (2018–2021 роки), у період з 2022 по 2024 рік планові дослідження сироватки крові від великої рогатої худоби на лейкоз здійснювалися з використанням методу на основі ІФА, (табл. 3).

Таблиця 3

Результати лабораторних досліджень в Полтавській області за 2022–2024 роки методом ІФА

Район	2022		2023		2024	
	досліджено	позитивно реагуючих проб	досліджено	позитивно реагуючих проб	досліджено	позитивно реагуючих проб
Гадяцький	5999	0	5651	0	3449	0
Чорнухівський	2173	0	1875	0	1000	0
Глобинський	5480	42	4717	14	4407	5
Зіньківський	5577	20	4890	8	2191	0
Новосанжарський	450	0	700	0	450	0
Диканський	2736	0	2626	0	2089	0
Великобагачанський	4075	0	8028	0	4867	0
Гребінківський	2494	13	2481	21	1212	40
Лохвицький	2846	0	2497	0	2551	21
Всього	31830	75	33465	43	22216	67

Результати, отримані на основі ІФА вказують на зниження частки реагуючих позитивно тварин у більшості досліджуваних районів Полтавської області. Так, впродовж 2022–2024 років, у Гадяць-

кому, Чорнухівському, Новосанжарському, Диканському, Великобагачанському та Лохвицькому районах не було виявлено позитивних на лейкоз тварин (рис. 3).

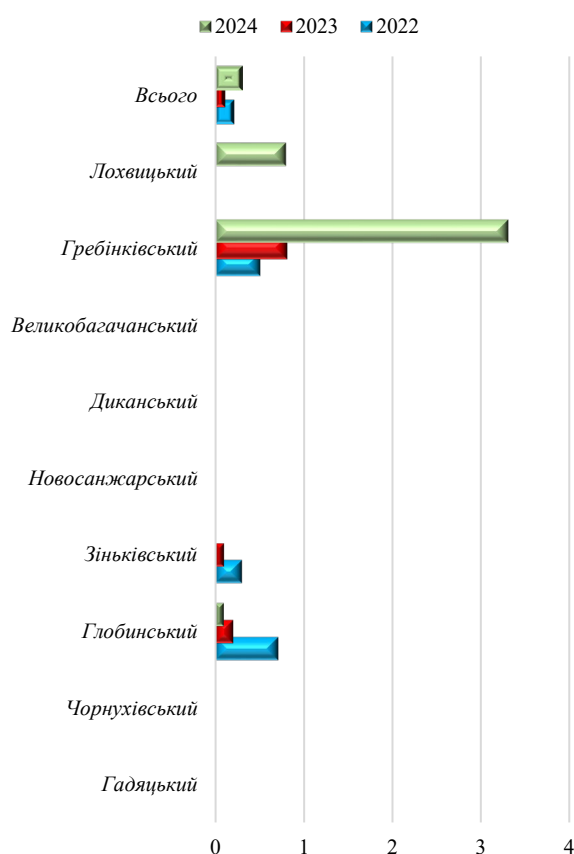


Рис. 3. Відсоток позитивно реагуючої на лейкоз великої рогатої худоби в умовах Полтавської області за результатами досліджень методом ІФА (2022–2024 роки)

У Глобинському районі кількість позитивних тварин знижувалася. У 2022 році при дослідженні поголів'я кількістю 5480 голів частка реагуючих позитивно тварин складала 0,7 %. У наступному, 2023 році кількість поголів'я, дослідженого методом ІФА знизилася на 763, і становила 4717 голів великої рогатої худоби. Серед них 14 тварин реагували в ІФА позитивно. Це становило 0,2 % від загальної кількості поголів'я. У 2024 році позитивно реагувало лише 0,1 % від 4407 досліджених проб. Кількість останніх за рік знизилася на 310.

Збільшення кількості реагуючих тварин в ІФА спостерігалася у двох районах Полтавської області.

У Гребінківському районі у 2022 році у результаті дослідження 2494 проб сироваток крові позитивних в ІФА налічувалося 13, що відповідало 0,5 %. В наступному, 2023 році цей відсоток дорівнював 0,8. Кількість досліджених проб при цьому зменшилася на 13. У 2024 році на тлі зменшення досліджених проб удвічі, до 1212, кількість позитивних проб зросла на 2,5 % та становила 3,3 % від усіх досліджених.

У Лохвицькому районі у 2022 та 2023 році серопозитивних тварин в ІФА не було виявлено. У 2024 році на тлі незначного збільшення поголів'я частка позитивних проб становила 0,8 %.

Згідно з даними Korniienko et al. (2020), після 2014 року кількість ферм із випадками лейкозу

тримається на дуже низькому рівні – зазвичай не більше десяти. Число інфікованої великої рогатої худоби також істотно скоротилося і тепер становить приблизно 2 тисячі голів на рік. Водночас темпи оздоровлення господарств різко впали: якщо у 1998 році їх було 1307, то до 2014-го залишилося лише чотири. Схожі зміни спостерігаються й щодо вибракування тварин: у середині 1990-х вилучали сотні тисяч голів (321 178 у 1995-му та 558 649 у 1997-му), тоді як у 2014 році цей показник ледве перевищив одну тисячу – 1124 голови [8].

Korniienko et al. (2020), наголошують, що кількісне зменшення поголів'я вказує на вилучення зі стада хворих на лейкоз тварин [8]. Згідно з результатами наших досліджень, своєчасне вилучення серологічно позитивних тварин у господарствах різної форми власності дійсно є визначальним в системі заходів профілактики лейкозу великої рогатої худоби. Але виявлення таких тварин можливе у різні часові періоди навіть у господарствах, де тривалий час усе поголів'я великої рогатої худоби було негативним при дослідженні на лейкоз. Це пов'язано з різними чинниками: умовами утримання, дією стресових чинників, рухом поголів'я, закупівлею тварин [1, 7]. Фактори ризику в останні роки детально вивчаються та висвітлюються зарубіжними авторами [11, 20]. Один із основних факторів – тривалий інкубаційний період лейкозу великої рогатої худоби, під час якого специфічні антитіла до збудника не виявляють. Тому плановий серологічний моніторинг і аналіз отриманих показників є основою профілактичних заходів та прогнозування епізоотичної ситуації щодо лейкозу великої рогатої худоби.

Висновки

У період з 2018 до 2024 року в умовах Регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби в Полтавській області були проведені моніторингові дослідження сироватки крові поголів'я великої рогатої худоби в дев'яти районах Полтавської області. Серед них незначне підвищення частки реагуючих позитивно на лейкоз виявляли у Лохвицькому районі, де кількість таких тварин становила 0,1 % від загальної кількості. Поступове збільшення таких тварин в результаті досліджень у 2022, 2023 та 2024 роках виявили у Гребінківському районі. У ці періоди частка реагуючих корів становила 0,5, 0,8 та 3,3 % відповідно.

Стійка тенденція щодо зниження кількості позитивних на лейкоз тварин спостерігалася у Гадяцькому, Чорнухівському, Зіньківському, Новосанжарському, Диканському та Великобагачанському районах. Точна та своєчасна діагностика лейкозу методами РІД та ІФА, що була проведена у зазначений період забезпечила відсутність серопозитивних на лейкоз тварин у Гадяцькому, Чорнухівському, Зіньківському, Новосанжарському, Диканському та Великобагачанському районах Полтавської області у 2024 році.

Своєчасне виявлення в РІД, ІФА позитивних тварин у господарствах різної форми власності є визначальним в системі заходів профілактики лейкозу

великої рогатої худоби. Виявлення таких тварин можливе у різні періоди навіть у господарствах, де тривалий час усі проби сироватки крові тварин були негативними. Це може бути пов'язано з різними факторами: умовами утримання, дією стресових чинників, рухом поголів'я, закупівлею тварин та тривалим інкубаційним періодом, під час якого специфічні антитіла до збудника не виявляють. Тому плановий серологічний моніторинг і аналіз отриманих показників є основою для профілактики та прогнозування епізоотичної ситуації щодо лейкозу великої рогатої худоби.

Конфлікт інтересів

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

References

- Hamada, R., Fereig, R. M., & Metwally, S. (2023). The influence of risk factors on bovine leukemia virus infection and proviral load in Egyptian cattle. *Veterinary Research Communications*, 48 (1), 191–202. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10198-8>
- Buehring, G. C., DeLaney, A., Shen, H., Chu, D. L., Razavian, N., Schwartz, D. A., Demkovich, Z. R., & Bates, M. N. (2019). Bovine leukemia virus discovered in human blood. *BMC Infectious Diseases*, 19 (1), 297. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3891-9>
- Dagnaw, M., Alemu Yilhal, G., Admassu, B., & Demessie, Y. (2025). Global distribution and host range of enzootic bovine leukosis in ruminants: A systematic review and meta-analysis. *Veterinary and Animal Science*, 30, 100499. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2025.100499>
- Feliziani, F., Lomolino, R., Iscaro, C., Costarelli, S., & Maresca, C. (2018). Italy finally complies with the requirements to be declared as free from enzootic bovine leukosis. *Large Animal Review*, 24 (1), 3–9.
- Pro zatverdzhennia Instruksii z profilaktyky ta ozdorovlennia velykoi rohatoi khudoby vid leukozu: nakaz Derzhavnoho Komitetu veterynarnoi medytsyny vid 21.12.2007 № 21. *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0012-08#Text> [in Ukrainian]
- Juliarena, M. A., Barrios, C. N., Lützelshwab, C. M., Esteban, E. N., & Gutiérrez, S. E. (2017). Bovine leukemia virus: current perspectives. *Virus Adaptation and Treatment*, 9, 13–26. <https://doi.org/10.2147/vaat.s113947>
- Kobayashi, T., Inagaki, Y., Ohnuki, N., Sato, R., Murakami, S., & Imakawa, K. (2020). Increasing Bovine leukemia virus (BLV) proviral load is a risk factor for progression of Enzootic bovine leukosis: A prospective study in Japan. *Preventive Veterinary Medicine*, 178, 104680. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.04.009>
- Korniienko, L. Y., Pyskun, A. V., Tsarenko, T. M., Ukhovskiy, V. V., Kyivska, G. V., Moroz, O. A., Kovalenko, V. L., & Aliekseieva, G. B. (2020). Retrospective analysis of the epizootic situation of enzootic bovine leukosis in Ukraine in 1994–2019. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11 (3), 372–377. <https://doi.org/10.15421/022057>
- LaDronka, R. M., Ainsworth, S., Wilkins, M. J., Norby, B., Byrem, T. M., & Bartlett, P. C. (2018). Prevalence of bovine leukemia virus antibodies in US dairy cattle. *Veterinary Medicine International*, 2018, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/5831278>
- Lv, G., Wang, J., Lian, S., Wang, H., & Wu, R. (2024). The global epidemiology of bovine leukemia virus: Current Trends and future implications. *Animals*, 14 (2), 297. <https://doi.org/10.3390/ani14020297>
- Selim, A., Manaa, E. A., Alanazi, A. D., & Alyousif, M. S. (2021). Seroprevalence, risk factors and molecular identification of bovine leukemia virus in Egyptian cattle. *Animals*, 11 (2), 319. <https://doi.org/10.3390/ani11020319>
- Mandygra, M. S., Nychyk, S. A., Busol, V. O., & Lyubar, N. V. (2016). Specifics of enzootic bovine leukosis spreading in Ukraine and its determining factors. *Veterinary Biotechnology*, 28, 173–181.
- Marawan, M. A., Alouffi, A., El Tokhy, S., Badawy, S., Shirani, I., Dawood, A., Guo, A., Almutairi, M. M., Alshammari, F. A., & Selim, A. (2021). Bovine leukaemia virus: Current epidemiological circumstance and future prospective. *Viruses*, 13 (11), 2167. <https://doi.org/10.3390/v13112167>
- Maresca, C., Costarelli, S., Dettori, A., Felici, A., Iscaro, C., & Feliziani, F. (2015). Enzootic bovine leukosis: Report of eradication and surveillance measures in Italy over an 8-year period (2005–2012). *Preventive Veterinary Medicine*, 119 (3–4), 222–226. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.02.024>
- Dagnaw, M., Alemu Yilhal, G., Admassu, B., & Demessie, Y. (2025). Global distribution and host range of enzootic bovine leukosis in ruminants: A systematic review and meta-analysis. *Veterinary and Animal Science*, 30, 100499. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2025.100499>
- More, S., Bøtner, A., Butterworth, A., Calistri, P., Depner, K., Edwards, S., Garin-Bastuji, B., Good, M., Gortázar Schmidt, C., Michel, V., Miranda, M. A., Nielsen, S. S., Raj, M., Sihvonen, L., Spoolder, H., Stegeman, J. A., Thulke, H., Velarde, A., Willeberg, P., Winckler, C., Baldinelli, F., Broglia, A., Beltrán-Beck, B., Kohnle, L., & Bicout, D. (2017). Assessment of listing and categorisation of animal diseases within the framework of the Animal Health Law (Regulation (EU) No 2016/429): enzootic bovine leukosis (EBL). *EFSA Journal*, 15 (8), 4956. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4956>
- Nekouei, O., VanLeeuwen, J., Stryhn, H., Kelton, D., & Keefe, G. (2016). Lifetime effects of infection with bovine leukemia virus on longevity and milk production of dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 133, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.09.011>
- Polat, M., Takeshima, S., & Aida, Y. (2017). Epidemiology and genetic diversity of bovine leukemia virus. *Virology Journal*, 14 (1), 209. <https://doi.org/10.1186/s12985-017-0876-4>
- Rahman, A., Kashif, M., Nasir, A., Ehtisham-ul-Haque, S., Ullah, H., Sikandar, A., Ahmed, I., Rehman, A., Saeed, M., Nazar, M., Rizwan, M., Safer, S., & Abbas, A. (2023). Seroprevalence and haemato-biochemical effects of bovine leucosis in buffalo, Punjab, Pakistan. *Veterinárni Medicína*, 68 (10), 385–391. <https://doi.org/10.17221/57/2023-vetmed>
- Righi, C., Iscaro, C., Petrini, S., Scoccia, E., Firrucci, A., Lomolino, R., & Feliziani, F. (2025). An Update of epidemiological trends in enzootic bovine leukosis in Italy and an Analysis of risk factors associated with infection persistence. *Pathogens*, 14 (11), 1088. <https://doi.org/10.3390/pathogens14111088>
- Mamanova, S., Nurpeisova, A., Bashenova, E., Kaimoldina, S., Kirpichenko, V., Akshalova, P., Karabassova, A., Yussupov, M., Mashzhan, A., Tazhbayeva, D., Abay, Z., Rola-Luszczak, M., Kuzmak, J., Nissanova, R., & Kassenov, M. (2025). Seroprevalence and molecular analysis of bovine leukemia virus in Kazakhstan. *Viruses*, 17 (7), 956. <https://doi.org/10.3390/v17070956>
- Sökmen, A., & Babaoğlu, A. R. (2023). Seroprevalence of bovine leukemia virus infection in cattle in Muş province, Türkiye. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11 (10), 1878–1881. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i10.1878-1881.6275>
- Kale, M., Bulut, O., Yapık, O., Gulay, M. S., Pehlivanoglu, F., Ata, A., & Yavru, S. (2007). Effects of subclinical bovine leukemia virus infection on some production parameters in a dairy farm in southern Turkey. *Journal of the South African Veterinary Association*, 78 (3), 130–132. <https://doi.org/10.4102/jsava.v78i3.303>
- Benavides, B., & Monti, G. (2024). Bovine leukemia virus transmission rates in persistent lymphocytotic infected dairy cows. *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1367810>

25. Yarchuk, B. M., Tyrsin, R. V., Dovhal, O. V., & Bilyk, S. A. (2009). Metodolohiia systemy protyleikoznykh zakhodiv u gospodarstvakh Ukrainy. *Naukovyi Visnyk Veterynarnoi Medytsyny*, 8 (87), 205–208. [in Ukrainian]
26. Zhao, Y., Wang, J., Chen, J., Chen, Y., Hu, C., Chen, X., & Guo, A. (2025). Bovine leukemia virus: origin, prevalence, phylogenetic diversity, risk factors, and strategies for control. *Animals*, 15 (9), 1344. <https://doi.org/10.3390/ani15091344>
27. Zhao, Y., Zhu, X., Zhang, Z., Chen, J., Chen, Y., Hu, C., Chen, X., Robertson, I. D., & Guo, A. (2024). The prevalence and molecular characterization of bovine leukemia virus among dairy cattle in Henan province, China. *Viruses*, 16 (9), 1399. <https://doi.org/10.3390/v16091399>

ORCID

- O. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-8613-6827>
- R. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-9906-1211>
- I. Lavrinenko  <https://orcid.org/0000-0003-3883-4134>
- I. Kolomak  <https://orcid.org/0000-0002-1601-893X>
- M. Petrenko  <https://orcid.org/0000-0002-5275-9401>



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

The use of alloxan to induce diabetes in rabbits and some of the changes it causes in the body

M. A. Hussein✉

Article info

Correspondence Author

M. A. Hussein

E-mail:

muayad.a@uokerbala.edu.iqCollege of Veterinary
Medicine, University of
Kerbala,
Karbala, 56001, Iraq**Citation:** Hussein, M. A. (2025). The use of alloxan to induce diabetes in rabbits and some of the changes it causes in the body. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 196–200. doi: 10.31210/spi2025.28.04.31

Alloxan is frequently used to induce experimental diabetes in animals. Furthermore, by altering the dosage of administered alloxan, it has been extensively utilized to cause experimental diabetes with varying degrees of the disease severity in animals, including dogs, rats, mice, and rabbits. Alloxan significantly and dose-dependently increased blood glucose levels in rabbits. The study's objectives are to examine the effects of alloxan time effect, changes in pancreatic histopathology, and blood glucose monitoring, administer the preparation to a diabetic rabbit model. Adult local breed rabbits were provided by the College of Kerbala Veterinary Medicine Laboratory Animal Center, where the experiment was conducted. To investigate the animals, they were divided into 2 groups. The rabbits of the first (experimental) group (n=5) received an injection of alloxan monohydrate at a dose of 150 mg/kg body weight. The rabbits from the second group, the control group (n=5), were given an injection of the same volume of isotonic saline. The studies showed that before the start of the experiment, the blood glucose levels of the first and second groups were practically the same, 108.2±146 and 113.0±7.5 mg/dl, respectively. A week after the administration of alloxan monohydrate, the rabbits from the first group showed a sharp increase in glucose levels by 2.9 times (P<0.05) compared to the same indicator before the start of the experiment, which was also 2.8 times higher (P<0.05) than the indicator in the control group of rabbits. It was found that the glucose level in rabbits from the first experimental group during 2, 3, and 4 weeks of the study remained quite high, above 261 mg/dl, which was significantly higher (P<0.05) compared to the indicator before the start of the experiment and compared to the similar indicators in the control group. According to histological pancreas studies from the rabbits treated with alloxan monohydrate, characteristic changes were observed, indicating a negative effect of the administered drug on the cells of the studied organ. In particular, a month after the administration of alloxan monohydrate, dystrophic changes in the population of β-cells were detected in the study of pancreatic islets of Langerhans, characterized by vacuolization of the cytoplasm, pyknosis and karyolysis of the nuclei.

Keywords: alloxan, diabetes, rabbit, blood glucose, histopathology.

Використання алоксану для індукції діабету та зміни в організмі кролів за його застосування

M. A. Хусейн

Коледж ветеринарної
медицини, Університет
Кербели,
Кербела, Ірак

Алоксан часто використовується для індукції експериментального діабету у тварин. За рахунок введення різних доз алоксану науковцям вдається експериментально відтворити у тварин (включаючи собак, щурів, мишей та кролів) діабет з різним ступенем тяжкості захворювання. Мета дослідження полягала у встановленні змін вмісту глюкози у сироватці крові кролів за впливу алоксану та визначенні гістопатологічних змін підшлункової залози у кролів з алоксан-індукованим діабетом. Для проведення дослідження кролі були надані Центром лабораторних тварин Ветеринарної медицини Коледжу Кербали, де й проводився експеримент. Для дослідження тварин розділили на дві групи по 5 голів у кожній. Кролі першої групи (дослідні) отримували алоксану моногідрату в дозі 150 мг/кг маси тіла. Кролям другої групи (контрольної) вводили у тій же дозі ізотонічний розчин. Дослідженнями встановлено, що до початку експерименту вміст глюкози у сироватці крові першої та другої групи кролів був практично однаковим і становив 108,2±146 та 113,0±7,5 мг/дл відповідно. Через тиждень після введення алоксану моногідрату у сироватці крові кролів другої групи спостерігалось різке підвищення рівня глюкози в 2,9 раза (P<0,05) порівняно з аналогічним показником до початку експерименту та у 2,8 раза (P<0,05) – порівняно з показником у контрольній групі тварин. Визначено, що вміст глюкози у сироватці крові кролів другої дослідної групи протягом 2-х, 3-х та 4-х тижнів дослідження залишався досить високим, понад 261 мг/дл, що було значно вищим (P<0,05) порівняно з показником до початку експерименту та порівняно з показником у контрольній групі тварин. Відповідно до проведених гістологічних досліджень підшлункової залози кролів з алоксан-індукованим діабетом виявлено характерні зміни, що свідчили про негативний вплив введеного препарату на паренхіму органу. Зокрема, через місяць після введення алоксану моногідрату при дослідженні острівців Лангерганса були виявлені дистрофічні зміни в популяції β-клітин, що характеризуються вакуолізацією цитоплазми, пікнозом та каріолізісом ядер.

Ключові слова: алоксан, діабет, кролі, вміст глюкози, гістопатологія.**Бібліографічний опис для цитування:** Хусейн М. А. Використання алоксану для індукції діабету та зміни в організмі кролів за його застосування. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 196–200.

Introduction

A metabolic disease with several etiologies, diabetes mellitus is characterized by problems in the metabolism of proteins, lipids, and carbohydrates as well as persistently high blood sugar levels caused by deficits in either insulin production, action, or both [1].

Diabetes is not a single disease, but rather a group of various syndromes, such as peripheral vascular disease, heart attacks, and strokes [2]. Ketoacidosis, hyperosmolar coma, macro- and microangiopathy, nephropathy, neuropathy, and recurring infections are among the acute and long-term consequences linked to diabetes. These complications are the consequences of the disease, which cause death as a result of diabetics [3].

Animals are commonly given alloxan to induce experimental diabetes [4]. Moreover, the preparation has been widely used to induce experimental diabetes with different levels of disease severity in animals such as dogs, rats, mice, and rabbits, by varying the given dose of alloxan [5]. Diabetes mellitus, or DM, is a metabolic disease that changes the metabolism of proteins, fats, and carbohydrates. It continues to be a global public health concern and can cause neurological, cardiovascular, and nephropathy problems in humans [6]. As type 1 diabetes is characterized by a total absence of insulin, it is also known as insulin-dependent diabetes mellitus. Viral invasion, chemical toxins, or autoimmune antibodies can all cause β -cells destruction. This β -cells necrosis causes insulin insufficiency and type 1 diabetes [7]. Type 2 diabetes, also known as noninsulin-dependent diabetes mellitus, is frequently linked to insulin resistance in the target organ, which limits the body's ability to respond to both endogenous and exogenous insulin [8]. Type 3 diabetes is caused by chronic pancreatitis or by long-term medication therapy with growth hormone, thiazide diuretics, diazoxide, glucocorticoids, and some protease inhibitors (such as saquinavir) [9]. About 4–5 % of pregnancies result in type 4 diabetes, which is brought on by placental hormones that encourage insulin resistance [10].

The aim of the study

The study's objectives are to examine the effects of alloxan administration time, changes in pancreatic histopathology, and blood glucose monitoring, administer the preparation to a diabetic rabbit model.

Materials and methods

The Laboratory Animal Center of the College of Kerbala Veterinary Medicine provided adult rabbits, which weighed between 1.4 and 1.6 kg and were clinically healthy. All animals were male in order to reduce the impact of hormones on the responses. The animals were from a private rabbitry and were 12 months old at the beginning of the experiment. In an animal house with a natural photoperiod and sufficient ventilation,

the animals were free to roam around the Department of Physiology. As the animals acclimated to the housing and experimental protocols, they were provided with free access to fresh lucerne, high-concentration feed, and tap water for two weeks. A thorough clinical assessment was carried out in 2018 before and during the experiment.

The experimental animals were divided into two groups, five in each, and they were randomly assigned to either the negative control group or the diabetic treatment group. A (150 mg/kg body weight) injection of alloxan monohydrate was administered to the rabbits in the experimental group. The control group received an injection of isotonic saline in the same volume.

Induction of diabetes in rabbits

The rabbits were given a single intravenous injection of 150 mg/kg body weight of alloxan (Sigma, St. Louis, MO) through the marginal ear vein following a 16-hour fast. Over the course of two minutes, the physiological saline (0.9 % NaCl) was used to dissolve the injection, resulting in the animals' developing diabetes mellitus [11].

After receiving the alloxan injection, the animals were given food right after to avoid hypoglycemia shock and mortality during the hypoglycemic phase.

Additionally, a water bottle containing a 5% glucose solution in tap water was supplied for the following twenty-four hours. Three days following the alloxan injection, hyperglycemia (blood glucose >200 mg/dl) was found, confirming diabetes mellitus. Animals were classified as hyperglycemic if their blood glucose levels were higher than 170 mg/dl but lower than 400 mg/dl [12].

The control group received an injection of the same volume of isotonic saline.

Before being administered, the fasting blood glucose levels of each rabbit were measured three times, every other day, between 8:00 and 8:30. The base value was the mean value. To verify the glucose level reading, the blood extracted from the marginal ear vein was analyzed. Four-week intervals were used to collect the blood samples.

Biochemical analysis

A glucometer was used to conduct the study. The glucometer was used according to the instructions:

1. Before beginning any measurements, zero out the scales;
2. Inserting a fresh test strip into the meter;
3. A large blood drop was extracted from the peripheral vein;
4. Verifying that the meter is ready, then putting the blood onto the test strip and waiting for five to ten seconds. The result should be available in ten seconds, and frequently sooner.

Histopathological examination

On the 30th day of the experiment, the animals were killed, and their pancreases were removed, preserved in 10 % formalin, and ready for paraffin embedding. The tissues were divided into 6 mm thick slices using a

microtome. The slices were embedded in paraffin wax after being cut into 5 µm sections.

The sections were stained with hematoxylin and eosin and then mounted in Canada balsam. The standard procedure for histopathological evaluation was followed [13].

Statistical analysis

Duncan's multiple comparison tests, two-way ANOVA, and the two-tailed Student's t-test were used to study the data, which was provided as mean ± standard deviation (SD). The P<0.05 criterion was used to acknowledge statistical significance. Version 17 of SPSS, or the statistical software for the social sciences, was employed [14].

Ethic Statement

The research was approved by the Ethics Committee of the University of Kerbala, College of Veterinary Medicine, under the number UOK.VET.PA.2025.169.

Results and discussion

Blood glucose level

As a result of the conducted studies it was found that during the experiment (4 weeks), the glucose level in the blood of the rabbits that did not receive alloxan did not differ significantly and ranged from 105.2±17.2 to 116.8±11.5 mg/dl (**Table 1**).

The results of the study showed that when rabbits received 150 mg/kg IV of alloxan, they could develop diabetes. One week following the administration, the blood glucose level in the treated group was noticeably higher. Thus, on the 7th day of the study, the glucose level tended to increase sharply by 2.9 times compared to the same indicator before the start of the experiment (P<0.05). It was also found that the glucose level in the animals receiving alloxan was 2.8 times higher than the indicator in the control group on the 7th day of the study.

Table 1

The effect of alloxan on serum glucose levels in rabbits, mg/dl, n=5, (mean±SD)

Week	The control group	The treated group
0	108.2±14.6a	113.0±7.5a
1	116.8±11.5a	326.0±2.6b
2	112.0±11.9a	296.0±2.3b
3	105.2±17.2a	281.0±14.0b
4	113.2±18.4a	261.0±9.9b

Note: in a data table, values sharing the same letter are not statistically different, while different letters denote a significant difference (P<0.05).

In the following weeks, on the 2nd, 3rd, and 4th, a slight decrease in glucose levels was observed by 9.2, 13.8, and 19.9 %, respectively, in comparison with the indicator on the 7th day of the experiment. At the same time, in rabbits that received alloxan, the glucose level remained higher by 2.6, 2.5 and 2.3 times (P<0.05) in comparison with the indicator on the corresponding days before the start of the experiment (**Fig. 1**)

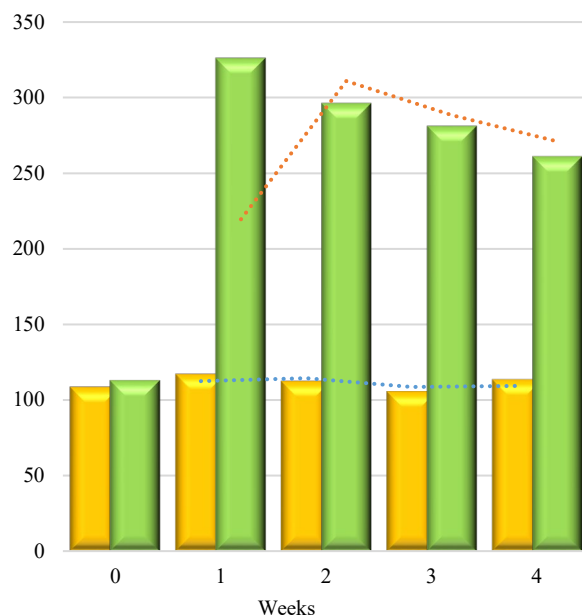


Fig. 1. The dynamics of changes in blood glucose levels in rabbits during the experiment.

It was also found that the glucose level in the rabbits treated with alloxan, compared to the control animals, was higher by 2.6, 2.7, and 2.3 times on the 2nd, 3rd, and 4th weeks, respectively (P<0.05).

Histopathological changes

The control group rabbit's pancreatic islet of Langerhans showed normal β-cells in histological analyses of the pancreatic endocrine region with pale rounded and ovoid β-cells in the center (yellow arrow) (**Fig. 2**).

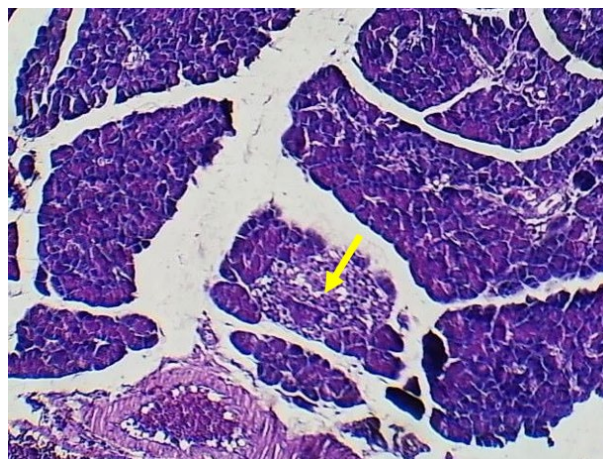


Fig. 2. Shows normal β-cells of pancreatic islet of Langerhans of the control group rabbit (H&E×100).

A damaged β-cell population was found by necrosis of β-cells with vacuolation of cytoplasm (the red arrow) and pyknotic (the orange arrow) and karyolysis (the blue arrow) of the nuclei, which is comparable to the results of the alloxan-diabetic rabbits (**Fig. 3**).

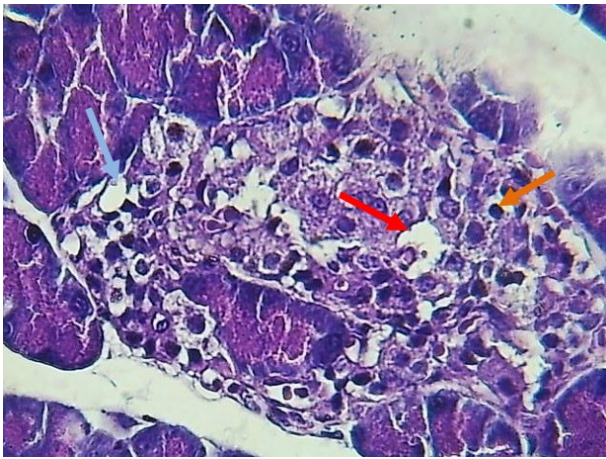


Fig. 3. Shows the destruction in pancreatic β -cells in the rabbits treated with alloxan (H&E \times 400).

Chemicals like alloxan are frequently used to cause diabetes in animal models. The selective absorption of lethal glucose analogs is facilitated by the beta cell's GLUT2 glucose transporter, which is one of the mechanisms by which they cause diabetes. Alloxan causes reactive oxygen species, which results in beta-cell necrosis. Therefore, when dissolving and giving alloxan to many animals at once, the induction rate can be greatly affected. The effect on the rate of DM induction is lowered when alloxan is administered freshly dissolved [15]. Mouse models of intra-islet regeneration have been demonstrated using the partial pancreatectomy paradigm and the pancreatic duct ligation and alloxan administration model [16, 17]. For instance, one research reported that 24 SD rats got diabetes but started to recover on their own two weeks after the induction, but three of the 27 SD rats that had been given 120 mg/kg of alloxan intraperitoneally died. The 24 diabetic rats in this study survived for 20 days without dying since they were not given insulin treatment. Insulin-positive islets were found in the pancreas by immunohistochemical analysis, indicating that there were a sizable number of islets that were still there and probably regenerated [18]. Groups of five SD rats were given intraperitoneal dosages of 120, 150, and 180 mg/kg of alloxan in a separate investigation. The greatest induction failure rate was 120 mg/kg, the highest mortality rate was 180 mg/kg, and the highest induction failure rate was 150 mg/kg. Within 2-4 weeks, four rats in each of the three dose groups showed signs of self-recovery from diabetes [19].

The chemical called alloxan monohydrate is used to induce diabetes mellitus. The partial loss of the β -cells in the islets of Langerhans causes diabetes. It has been discovered that alloxan targets GLUT2 [16], and glucose transporter (GLUT2) specifically absorbs it into the β -cells [15]. Hyperglycemia occurs as a result of the tissues' inability to absorb and use glucose as well as the liver's and skeletal muscles' inability to store glycogen [17].

High blood sugar levels could promote apoptosis. This leads to potential cellular damage as a result of hyperglycemia from diabetes [18]. In conclusion, this

study demonstrated that in the treated groups, blood glucose levels obviously increased (diabetes) when alloxan was given intravenously to rabbits. The most common method of simulating diabetes is to use chemical preparations, such as alloxan, to specifically destroy the beta cells in the pancreas that secrete insulin [20–25].

Conclusions

The studies have shown that alloxan monohydrate injection at a dose of 150 mg/kg body weight to rabbits causes diabetes, as evidenced by a 2.9-fold increase in glucose levels ($P < 0.05$) compared to baseline. Glucose levels in the rabbits that received an alloxan monohydrate injection remained consistently high, above 261 mg/dl, throughout the 4 weeks of the study, which was significantly higher ($P < 0.05$) than the level before the beginning of the experiment. The adverse effect of alloxan monohydrate is confirmed by histological changes in the pancreatic islets of Langerhans of rabbits, characterized by β -cell necrosis with vacuolation of the cytoplasm, pyknosis, and karyolysis of the cell nuclei.

Conflict of interest

The author (s) state that there is no conflict of interest.

References

1. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications : report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus. (1999). *World Health Organization*. Geneva: World Health Organization, WHO Department of Non Communicable Disease Surveillance. Retrieved from: <https://iris.who.int/handle/10665/66040>
2. Patel, D., Kumar, R., Prasad, S., Sairam, K., & Hemalatha, S. (2011). Antidiabetic and *in vitro* antioxidant potential of *Hybanthus enneaspermus* (Linn) F. Muell in streptozotocin-induced diabetic rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1 (4), 316–322. [https://doi.org/10.1016/s2221-1691\(11\)60051-8](https://doi.org/10.1016/s2221-1691(11)60051-8)
3. Hernandez-Galicia, E., Aguilar-Contreras, A., Aguilar-Santamaria, L., Roman-Ramos, R., Chavez-Miranda, A. A., Garcia-Vega, L. M., Flores-Saenz, J. L., & Alarcon-Aguilar, F. J. (2002). Studies on hypoglycemic activity of Mexican medicinal plants. *Proceedings of the Western Pharmacology Society*, 45, 118–124.
4. Szkudelski, T. (2001). The mechanism of alloxan and streptozotocin action in B cells of the rat pancreas. *Physiological Research*, 50 (6), 537–546.
5. Iranloye, B. O., Arikawe, A. P., Rotimi, G., & Sogbade, A. O. (2011). Anti-diabetic and anti-oxidant effects of *Zingiber officinale* on alloxan-induced and insulin-resistant diabetic male rats. *Nigerian Journal of Physiological Sciences*, 26 (1), 89–96.
6. Zaman, R. (2006). High prevalence of diabetes mellitus and promoting factors among human urban population of Bahawalpur-district, Pakistan: cross-sectional study. *Research Journal of Medical Sciences*, 3 (2), 62–69.
7. Wang, T. J., Larson, M. G., Vasani, R. S., Cheng, S., Rhee, E. P., McCabe, E., Lewis, G. D., Fox, C. S., Jacques, P. F., Fernandez, C., O'Donnell, C. J., Carr, S. A., Mootha, V. K., Florez, J. C., Souza, A., Melander, O., Clish, C. B., & Gerszten, R. E. (2011). Metabolite profiles and the risk of developing diabetes. *Nature Medicine*, 17 (4), 448–453. <https://doi.org/10.1038/nm.2307>
8. Bacha, F., Lee, S., Gungor, N., & Arslanian, S. A. (2010). From pre-diabetes to type 2 diabetes in obese youth. *Diabetes Care*, 33 (10), 2225–2231. <https://doi.org/10.2337/dc.10-0004>

9. Tripathi, V., & Verma, J. J. (2024). Current updates of Indian antidiabetic medicinal plants. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry*, 4(91), 114–118. Retrieved from: <https://www.ijrpc.com/files/19-431.pdf>
10. Standring, S., Borley, N. R., Collins, P., & Gray, H. (2008). *Gray's anatomy. The anatomical basis of clinical practice. (40th ed.)*. London: Churchill Livingstone.
11. Wöhler, F., & Liebig, J. (1838). Untersuchungen über die Natur der Harnsäure. *Annalen Der Pharmacie*, 26(3), 241–336. <https://doi.org/10.1002/jlac.18380260302>
12. Lenzen, S., Tiedge, M., Jörns, A., & Munday, R. (1996). Alloxan derivatives as a tool for the elucidation of the mechanism of the diabetogenic action of alloxan. In: E. Shafir (Ed.). *Lessons from Animal Diabetes VI*, (pp. 113–122). Boston: Birkhäuser. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4112-6_8
13. Shaw Dunn, J., & Mclethie, N. G. B. (1943). Experimental alloxan diabetes in the rat. *The Lancet*, 242(6265), 384–387. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(00\)87397-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(00)87397-3)
14. Jorns, A., Munday, R., Tiedge, M., & Lenzen, S. (1997). Comparative toxicity of alloxan, N-alkylalloxans and ninhydrin to isolated pancreatic islets *in vitro*. *Journal of Endocrinology*, 155(2), 283–293. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1550283>
15. Brückmann, G., & Wertheimer, E. (1947). Alloxan studies: the action of alloxan homologues and related compounds. *Journal of Biological Chemistry*, 168(1), 241–256. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(17\)35111-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(17)35111-6)
16. Lenzen, S. (2007). The mechanisms of alloxan- and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetologia*, 51(2), 216–226. <https://doi.org/10.1007/s00125-007-0886-7>
17. Boquist, L., Nelson, L., & Lorentzon, R. (1983). Uptake of labeled alloxan in mouse organs and mitochondria *in vivo* and *in vitro*. *Endocrinology*, 113(3), 943–948. <https://doi.org/10.1210/endo-113-3-943>
18. Heikkilä, R. E., Winston, B., Cohen, G., & Barden, H. (1976). Alloxan-induced diabetes – evidence for hydroxyl radical as a cytotoxic intermediate. *Biochemical Pharmacology*, 25(9), 1085–1092. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(76\)90502-5](https://doi.org/10.1016/0006-2952(76)90502-5)
19. Tiedge, M., Lortz, S., Drinkgern, J., & Lenzen, S. (1997). Relation between antioxidant enzyme gene expression and antioxidative defense status of insulin-producing cells. *Diabetes*, 46(11), 1733–1742. <https://doi.org/10.2337/diab.46.11.1733>
20. Lenzen, S., Tiedge, M., & Panten, U. (1987). Glucokinase in pancreatic B-cells and its inhibition by alloxan. *Acta Endocrinologica*, 115(1), 21–29. <https://doi.org/10.1530/acta.0.1150021>
21. Lenzen, S., & Mirzaie-Petri, M. (1991). Inhibition of glucokinase and hexokinase from pancreatic β -cells and liver by alloxan, alloxantin, dialuric acid, and t-butylhydroperoxide. *Biomedical Research*, 12(5), 297–307. <https://doi.org/10.2220/biomedres.12.297>
22. Lenzen, S., & Munday, R. (1991). Thiol-group reactivity, hydrophilicity and stability of alloxan, its reduction products and its N-methyl derivatives and a comparison with ninhydrin. *Biochemical Pharmacology*, 42(7), 1385–1391. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(91\)90449-f](https://doi.org/10.1016/0006-2952(91)90449-f)
23. Khushk, I., Dahot, M. U., Baloach, S. A., & Bhutto, M. A. (2010). The evaluation of soybean extracts in alloxan-induced diabetic rabbits. *World Applied Sciences Journal (Special Issue of Biotechnology & Genetic Engineering)*, 8, 22–25.
24. Schiller, N. K., & McNamara, D. B. (1999). Balloon catheter vascular injury of the alloxan-induced diabetic rabbit: The role of insulin-like growth factor. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 202(1–2), 159–167. <https://doi.org/10.1023/a:1007005919319>
25. Im Walde, S. S., Dohle, C., Schott-Ohly, P., & Gleichmann, H. (2002). Molecular target structures in alloxan-induced diabetes in mice. *Life Sciences*, 71(14), 1681–1694. [https://doi.org/10.1016/s0024-3205\(02\)01918-5](https://doi.org/10.1016/s0024-3205(02)01918-5)

ORCID

M. A. Hussein 

<https://orcid.org/0009-0002-7429-6767>



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

Histochemical analysis of wild rabbits' ovaries, oviducts, and folliculogenesis

N. Al-Arubaye✉

Article info

Correspondence Author

N. Al-Arubaye

E-mail:

naseer.a@uokerbala.edu.iq

College of Veterinary
Medicine, University of
Kerbala,
Karbala, 56001, Iraq

Citation: Al-Arubaye, N. (2025). Histochemical analysis of wild rabbits' ovaries, oviducts, and folliculogenesis. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 201–207. doi: 10.31210/spi2025.28.04.32

The reproductive system of wild rabbits is highly specific to support their prolific breeding capacity. The histological characteristics of the ovaries and oviducts in wild rabbits, focusing on follicular development, oviductal structure, and functional adaptations are reviewed in this article. Eight wild rabbits were studied in this investigation, using the routine H&E stain and Masson's trichrome staining for detected collagen fibers. The current research studied the histological features in wild rabbits and found that the animals had lobulated ovaries lined by tall cuboidal germinal layer, followed by thin layer of tunica albuginea. The ovaries exhibit distinct cortical and medullary regions with various stages of follicular growth. The primordial follicles are present and located near the tunica albuginea. In addition, the mature follicles are surrounded by a few fibers (theca interna). Primordial follicles, which are composed of a single layer of flattened granulosa cells surrounding an oocyte, appear to be abundant in the present research. The primary follicles also comprise a single layer of cuboidal granulosa cells enveloping the oocyte, whereas the secondary follicles have a variety of granulosa cells forming, and a theca layer that differentiates into theca externa (fibrous) and theca interna. The stroma of the ovaries has a large amount of collagen fibers and their increase in the cortical region with the decrease in medulla. The oviduct is divided into infundibulum, ampulla, and isthmus, each with unique epithelial and glandular features. The histological structure of the oviduct includes mucosa with ciliated and secretory cells aiding ovum transport and nourishment. Beneath lies the lamina propria for support and immunity. Muscularis mucosae enables movement via contractions. The outer serosa, part of the peritoneum, provides structural support with simple squamous epithelium. Hormonal regulation and seasonal variations also influence these structures. Understanding these histological features provides insights into the reproductive potential of wild rabbits.

Keywords: histochemical, wild rabbits, ovary.

Гістохімічний аналіз яєчників, яйцепроводів та фолікулогенезу у диких кролів

Н. Аль-Арубай

Коледж ветеринарної
медицини, Університет
Кербели,
Кербела, Ірак

Репродуктивна система диких кролів є достатньо специфічною за будовою, вона пристосована до багатоплідності й інтенсивного розмноження. У наведеному дослідженні розглядається гістологічна характеристика яєчників та яйцепроводів у диких кролів, а також особливості розвитку фолікулів, структури яйцепроводів та їх функціональних адаптацій. Встановлено, що дикі кролі мають часточкові яєчники, вистелені високим кубічним зародковим шаром, за яким розташований тонкий шар білої оболонки (*Tunica albuginea*). Яєчник має чітко виражені кортикальну та мозкову зони з фолікулами, що знаходяться на різних стадіях розвитку. Примордіальні фолікули (0 стадія) розташовані поблизу білої оболонки (*Tunica albuginea*). Встановлено, що зрілі фолікули оточені кількома шарами волокон (*Theca interna*). За кількісним показником примордіальні фолікули виявлені у значній кількості. За своєю морфологічною будовою вони складаються з одного шару сплюснених гранульозних клітин, що оточують ооцит. Первинні фолікули, також, складаються з одного шару кубічних гранульозних клітин, які огортають ооцит, тоді як вторинні фолікули мають гранульозні клітини на різних стадіях їх формування, та шар, який складається із зовнішньої (фіброзної) та внутрішньої оболонки. Строма яєчників має велику кількість колагенових волокон і їх кількість збільшується в кірковій зоні, і навпаки – зменшується в ділянці мозкової речовини. Яйцепровід поділяється на воронку (розширена частина, що відкривається біля яєчника), ампулу (середня, найширша частина) та перешийок (прилягає до рога матки), кожен з яких має унікальні епітеліальні та залозисті клітини. Гістологічна структура яйцепроводу включає слизову оболонку з війчастими та секреторними клітинами (відповідно виконують транспортну функцію та живлення й капацитації). Під нею знаходиться власна пластинка, що має провідну роль у підтримці імунітету. М'язова оболонка (*Tunica muscularis*) забезпечує рух за допомогою скорочень. Розуміння цих гістологічних особливостей дає уявлення про репродуктивний потенціал диких кролів.

Ключові слова: гістохімія, дикі кролики, яєчник.

Бібліографічний опис для цитування: Аль-Арубай Н. Гістохімічний аналіз яєчників, яйцепроводів та фолікулогенезу у диких кролів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 201–207.

Introduction

Wild animals serve as important subjects for histological studies due to their diverse physical features and physical adaptation, providing significant insight into evolutionary biology, disease pathology and protection science [1]. Histological examination of wild animal tissue helps researchers understand the responses to species-specific cellular structures, organ functions and environmental stresses, offering a comparative perspective that is often absent in the study of pets or laboratory animals [2].

Increasing hazards for wildlife, including habitat destruction, climate change, and emerging zoonotic diseases, the importance of histological research of wild population health and disease supervision is outlined [3]. For example, histological analysis plays an important role in identifying neoplastic conditions in infectious diseases, toxic effects, and endangered species, assisting protection strategies [4]. Additionally, wild animals serve as an important model to study tissue regeneration, immune responses and evolutionary adaptations, with biomedical applications [5].

This article deals with the importance of wild animals in histological research, which emphasizes veterinary pathology, ecological health assessment and their contribution to comparative therapy. By integrating histological findings with ecological and physical data, researchers can increase wildlife management and disease prevention efforts. Customizing different mammals to live in diverse settings may include different combinations of cellular, physical, practical and ecological characteristics [6, 7].

The ovaries are an important reproductive organ in the female vertebrae, responsible for the production of gametogenesis (oogenesis) and steroid hormone. In wild animals, histological studies of the ovaries provide the insight under the influence of environmental factors on breeding biology, seasonal reproductive patterns and fertility. This article reviews the histological structure of the ovaries in wild animals, its diversity in species and its importance in wildlife conservation and reproductive studies [8, 9].

Rabbits are considered as small mammals that were included in the family of Leporida, which inhabit many parts of the world. A decade ago, rabbits were considered good experimental animal model in research of various morphological anomalies and diseases in both humans and animals. They have been used as an experimental model in inducing many diseases and subsequent studies have focused on many aspects such as toxic science, pharmacology and surgery in various universities [10]. Accordingly, the subtle structure of different organs of this animal requires the study of such organs as the ovaries of the reproductive system. Rabbits belong to certain species, in which ovulation is induced by intercourse, resulting in a separate pregnancy and fetal age a few hours or days after. They have a small breeding cycle and pregnancy lasts for about 31 days, in which female sexual maturity occurs at about 4 to 5 months of age, based on strains or breed, which occurs about 10 to 13 hours after intercourse with ovulation [11, 12].

The aim of the study

The purpose of this study was to highlight the main differences of histological changes in wild animals, conduct histological studies of the ovaries to increase our understanding of reproductive physiology, adaptation and conservation challenges. Further research is required to detect species-specifics.

Materials and methods

Eight female wild rabbits were obtained from different environments and placed into the animal house in a typical condition. Under the supervision of a certified veterinary doctor, the rabbits were given a typical diet consisting of bread and tap water. The proper lighting and dietary requirements were followed in order to create a pleasant and hygienic working environment.

All experimental animals were administered intramuscular injections of ketamine and xylazine solution (dosage of 80–100 mg/kg body weight of ketamine, and between 10–12.5 mg/kg of xylazine) and weighed alive on a digital balance. This was followed by their death at scheduled [13] intervals. The abdominal cavity was then opened and bowel displaced to gain access to the ovary for evaluation of the morphology. Two dimensional digital photographs were taken from the kidneys [14]. From there, the ovaries were immersed in a 10 % formalin solution for about 48 hours, after which the ovaries were sliced into small pieces, kept in 70 % ethyl alcohol till the end and then dehydrated in alcohol series, cleaned up with xylene and finally were embedded in paraffin wax as usual. Sections (7–25 μm thick) were put on clean glass slides [15].

Routine histological scoring was performed with hematoxylin staining as described. Collagen filaments were stained by Masson's trichrome dye [16] to locate collagen fiber 3d distributions in connective tissues.

Results and discussion

Histochemical investigations

The present study demonstrates that the histological characteristics of the left and right ovaries are comparable. They were surrounded by the simple cuboidal layer of cells known as the germinal epithelium. Below the germinal epithelium was a thin layer called the tunica albuginea, which was home to dense irregular collagenous connective tissue (DICT) fibers. This result has been consistent with earlier histological research that characterizes the germinal epithelium as a protective mesothelial layer that is not directly involved in oogenesis. Moreover, the tunica albuginea has been often described as a layer of connective tissue rich in collagen that give the ovarian cortex structural support. Despite the lateralization, the two ovaries' identical histological characteristics point to a homogeneity in functional morphology [17].

In the current study it was discovered that the ovaries of wild rabbits were lobulated organs made of e-cortex, which had been packed with corpora lutea, atretic follicles, and primordial, primary, secondary, and tertiary (Graafian) follicles.

There are several phases of follicles that are present in the cortical area next to the tunica albuginea. Meanwhile, the medulla was composed of

stromal densely packed irregular collagenous connective tissue that reached the inside of the tissue (*Fig. 1* and *Fig. 2*).

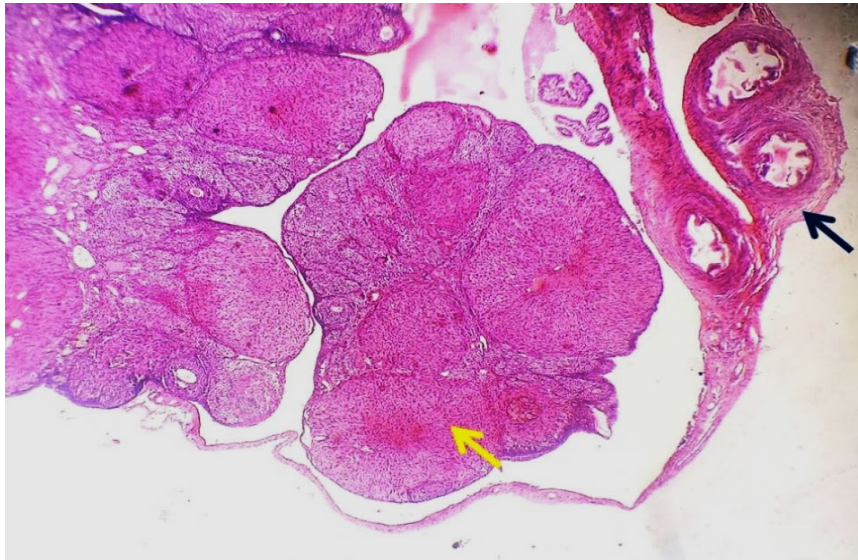


Fig. 1. Photography of lobulated ovary in wild rabbits (the yellow arrow) and oviduct connected with the ovary by isthmus (the black arrow). H&E stain.40×

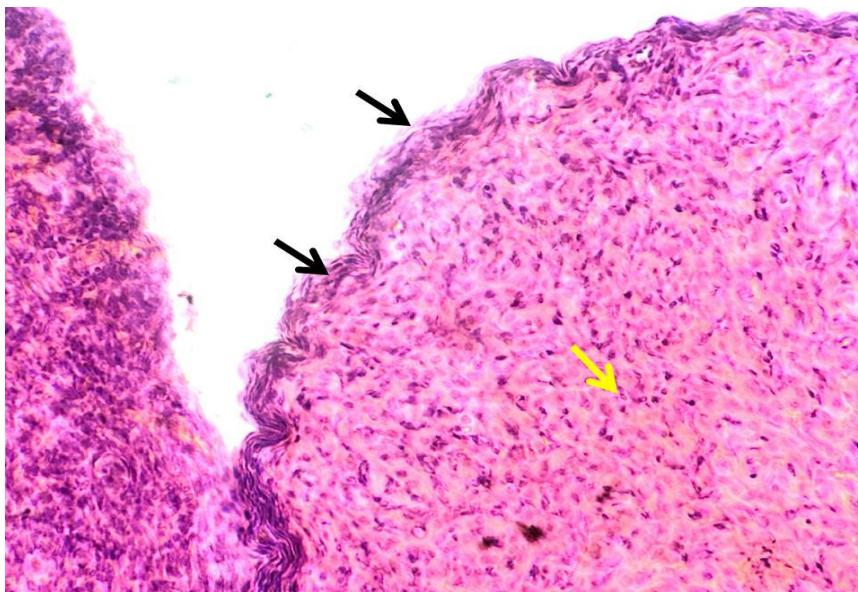


Fig. 2. Photography of the ovary in wild rabbits shows a thin layer of tunica albuginea (the yellow arrow) and the cortex contain highly fibrocytes (black arrow). H&E stain.40×

In general, the detection of atretic follicles, corpus luteum, and many follicular phases suggests active reproductive cycles in wild rabbits, which differ from many other mammals by their short estrous cycles and high reproductive potential. Previous observations on ovarian morphology in lagomorphs and other polytocous species are supported by the structural organization observed in this work [18].

It seems that there are numerous primordial follicles in this study, which are made up of a single layer of flattened granulosa cells encircling an oocyte. The primary follicles also consist of a single layer of cuboidal granulosa cells enveloping the oocyte, whereas

the secondary follicles had a variety of granulosa forming cells, and a theca layer that differentiates into theca externa (fibrous) and theca interna. This result is consistent with [19, 20].

The stimulation of latent follicles is indicated by this change from flattened to cuboidal granulosa cells. This process is fueled by endocrine cues like follicle-stimulating hormone and local growth factors. The development of the theca layer, which differentiates into the theca externa and the theca interna, and several layers of granulosa cells were seen as the follicles reached the secondary stage (*Fig. 3*).



Fig. 3. Photography of the ovary in wild rabbits shows the germinal layers of high cuboidal epithelial cells (G black arrow), with a large primordial (P), primary, secondary (the yellow arrow), and tertiary (Graafian) follicles surrounded by a thin layer of theca interna (Th). H&E stain. 100×

These findings highlight the conserved nature of the ovaries' structure and function across species by indicating that wild rabbits' ovaries not only have a clearly defined hierarchy of follicular phases but also have the traditional histological features of folliculogenesis observed in other animals. A major player in follicular steroidogenesis, the theca interna is well-known for its vascularization and endocrine

function, especially the synthesis of androgen. The growing follicle receives structural support from the theca externa, which is mainly made up of fibrous connective tissue. While theca externa had many fibers surrounding the follicles, theca interna had only a small amount. The mature follicles were detected in the middle region of the cortex and were encircled by thin layers of fibers (*Fig. 4*).

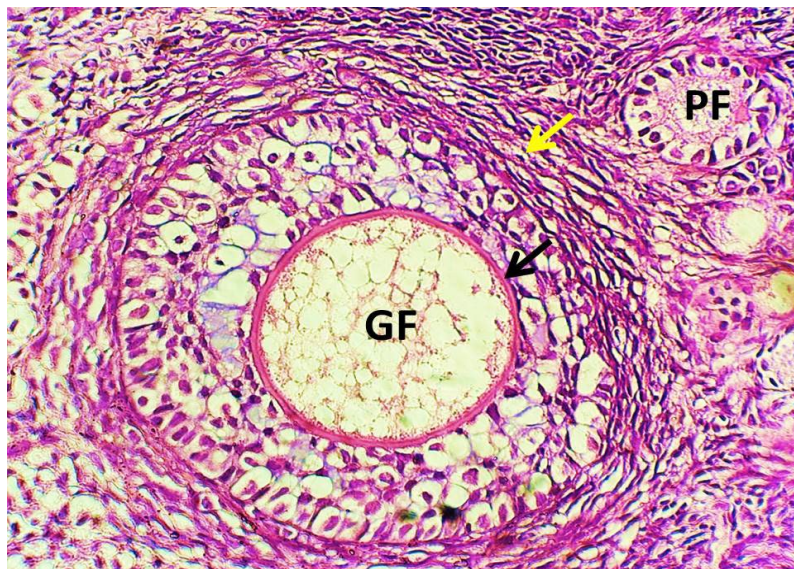


Fig. 4. The photography of the ovary in wild rabbits shows the Graafian follicle surrounded by a thin layer of theca interna (the yellow arrow), include the oocyte surrounded by thick zona pellucida (the black arrow). H&E stain. 400×

This is in line with earlier research in mammalian ovaries, where the theca interna is mainly made up of endocrine cells with a little amount of fibrous material. These cells are specialized in steroidogenesis, specifically the generation of androgens [21, 22].

On the other hand, it was found that the theca externa had a more noticeable connective tissue layer due to a

greater distribution of collagenous fibers. Fibroblasts and smooth muscle cells are found in this outer layer, which primarily serves as a supporting structure, aid in follicular stability and may even aid in ovulatory contraction [23, 24].

Ovarian Medulla

According to histology, the ovary's medulla in wild rabbits is a highly vascularized area with mostly loose

connective tissue. This area serves as a wide supporting bed for cortical structures and is made up of vascular, lymphatic, and innervation-per webbing. The connective tissue stromal are regular interspersed elastic fibers and a large number of collagen fibers, together with a few fibroblasts. Some specimens exhibit clusters of interstitial endocrine cells, especially those that are close to blood arteries, indicating a remote thecal or luteal source.

The results lend credence to the idea that, in wild rabbits and mammals in general, the ovarian medulla functions as an

active, multifunctional compartment that is essential for the ovaries' endocrine and circulatory infrastructure, rather than just as a passive structural core [25, 26].

The medulla is clearly different from the cortex in that it lacks follicular features. The basic shape is similar to the functional architecture that supports the ovaries' hormonally active cortex through neural networks and circulatory supply. Vascular heterogeneity or differences in stromal cellularity may be identified based on the age or reproductive status of the rabbit (**Fig. 5**).

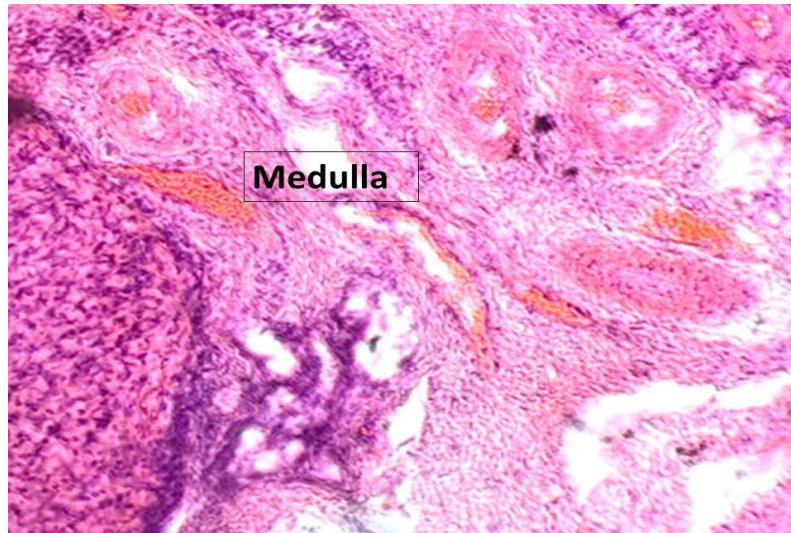


Fig. 5. The photography of the ovary in wild rabbits shows that the medulla appeared highly vascularized. H&E stain. 100×

These results highlight the medulla's extremely useful but non-gametogenic function in ovarian physiology. Its form is designed to support the hormonally and metabolically active cortex rather than folliculogenesis, offering a neurovascular interface that adapts to the ovaries' changing physiological needs over time [27].

Histological Structure of the Oviduct

The histological oviducts, commonly referred to as the fallopian tubes, are made up of several layers, each of which

has unique characteristics for aiding in the transportation of ovum and early embryos and additionally for providing nourishment. The mucosa, which is the layer with the greatest depth, is extensively folded and covered with tall, simple columnar epithelium, which contains two main cell types: ciliated and secretory cells. These secretory cells can provide trophic material for sperm, ova, and early embryos, and these functioning ciliated cells can sweep the ovum into the uterus with their synchronized beating (**Fig. 6**).

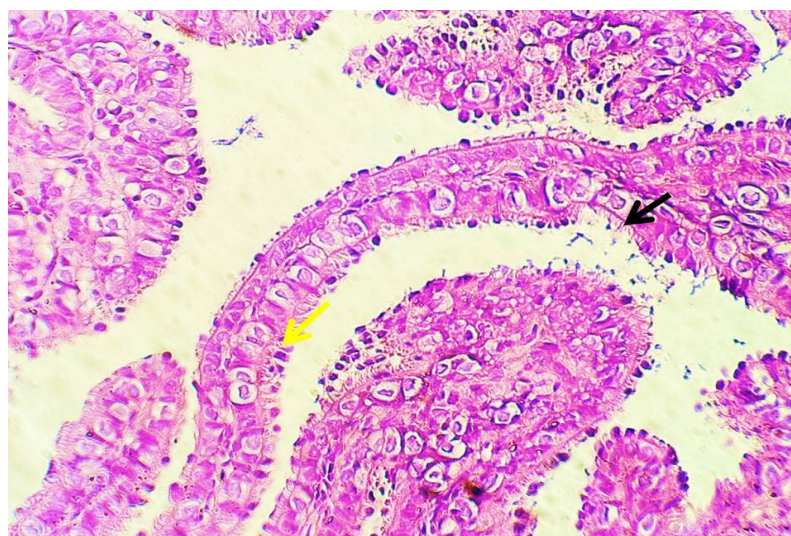


Fig. 6. The photography of the oviduct in wild rabbits shows infundibulum lined by tall columnar ciliated epithelia (the black arrow) with (peg) cells (the yellow arrow). H&E stain. 400×

These results highlight the oviduct epithelium's specificity in functioning across several segments, illustrating its simultaneous roles in gamete and embryonic metabolic support and mechanical transport. A well-balanced adaptation to the reproductive requirements of mammals is the existence of both secretary and ciliated cells [28].

The lamina propria is a connective tissue layer that lies directly beneath the epithelium. It contains immune cells and blood vessels and maintains the mucosal epithelium while also participating in the genital tract's mucosal immunity. A layer of smooth muscle called the muscularis mucosae is between the mucosa and the serosa. Sperm and ova are propelled in motion by the peristaltic and segmental muscular contractions of these muscle layers. The serosa, which is basically a thin layer of mesenchyme with simple squamous epithelium (mesothel), is the outermost coat. It provides the organ with structural support and is a part of the peritoneum. In order to maximize reproductive success, the arrangement of these layers specifically, the synchronization of the contractions of the muscularis mucosae and the ciliation of the epithelium represents an evolutionarily conserved adaptation that guarantees the appropriate timing and direction of gamete and embryo movement [25].

Conclusions

The ovaries of the female reproductive system of wild rabbits were the subject of the current study, which clearly identified the characteristics of these animals. It was found that the ovaries of this species of animals were lobulated, had unique features of the cortex and medulla; the ovaries had a large number of primary follicles with a small number of fibers in the theca interna; the ovarian stroma contains a large number of collagen fibers and increases in the cortical region with a decrease in the medulla.

Conflict of interest

The author (s) state that there is no conflict of interest.

References

- Sharma, M., Karikalan, M., Dandapat, P., Asok Kumar, M., Beena, V., Chandra Mohan, S., Ilayaraja, S., Mathur, A., Bhawal, A., Pawde, A. M., & Sharma, A. K. (2022). Tuberculosis in free-ranging and captive wild animals: Pathological and molecular diagnosis with histomorphological differentiation of granulomatous lesions. *Microbial Pathogenesis*, 172, 105752. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105752>
- Comizzoli, P., Songsasen, N., Hagedorn, M., & Wildt, D. E. (2012). Comparative cryobiological traits and requirements for gametes and gonadal tissues collected from wildlife species. *Theriogenology*, 78 (8), 1666–1681. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.04.008>
- Ebedes, H. (1976). Anthrax epizootics in wildlife in the Etosha National Park, South West Africa. *Wildlife Diseases*, 519–526. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1656-6_5
- McNamara, T. S. (2016). Wildlife pathology studies and how they can inform public health. *ILAR Journal*, 56 (3), 306–311. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilv043>

- Cooper, J. E. (2002). Diagnostic pathology of selected diseases in wildlife. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 21 (1), 77–89. <https://doi.org/10.20506/rst.21.1.1320>
- Jones, K. E., & Safi, K. (2011). Ecology and evolution of mammalian biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366 (1577), 2451–2461. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0090>
- Lu, H., Ma, L., Zhang, Y., Feng, Y., Zhang, J., & Wang, S. (2022). Current animal model systems for ovarian aging research. *Aging and Disease*, 13 (4), 1183. <https://doi.org/10.14336/ad.2021.1209>
- Wildt, D. E., & Wemmer, C. (1999). Sex and wildlife: the role of reproductive science in conservation. *Biodiversity & Conservation*, 8 (7), 965–976. <https://doi.org/10.1023/a:1008813532763>
- Comizzoli, P., & Ottinger, M. A. (2021). Understanding reproductive aging in wildlife to improve animal conservation and human reproductive health. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 680471. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.680471>
- Abidu-Figueiredo, M., Xavier-Silva, B., Cardinot, T. M., Babinski, M. A., & Chagas, M. A. (2008). Celiac artery in New Zealand rabbit: anatomical study of its origin and arrangement for experimental research and surgical practice. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 28 (5), 237–240. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2008000500002>
- Tortereau, A., Howroyd, P., & Lorensen, H. (2013). Onset of Puberty and normal histological appearances of the reproductive organs in peripubertal female göttingen minipigs. *Toxicologic Pathology*, 41 (8), 1116–1125. <https://doi.org/10.1177/0192623313482777>
- Gad, S. C. (Eds.). (2016). *Animal Models in Toxicology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18705>
- Tammam, O. Y., Taha, A. A., & El-Sherif, M. W. (2019). Optimization of Xylazine-Ketamine anesthetic dose in mice suffering chronic liver injury. *Journal of Anesthesia & Critical Care: Open Access*, 11 (1), 6–8. <https://doi.org/10.15406/jaccoa.2019.11.00403>
- Mustafa, K. A., Al-Zubaidy, M. H., & Al-Baggou, B. Kh. (2025). Adverse developmental and behavioral effects of imidacloprid in mice. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 39 (2), 199–205. <https://doi.org/10.33899/ijvs.2025.155589.4043>
- Al-Haak, A. G., & Mahmood, S. K. (2024). Immunohistochemical localization and distribution of Cajal cell in the intestine of rabbit. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 38 (4), 817–822. <https://doi.org/10.33899/ijvs.2024.150004.3676>
- Bradbury, P., & Gordon, K. (1990). Connective tissues and stains. In: J. D. Bancroft, A. Stevens (eds.) *The Theory and Practice of Histological Techniques*. 3rd Ed. (pp. 119–142). Avon: The Bath Press.
- Nishida, T., & Nishida, N. (2006). Reinstatement of "germinal epithelium" of the ovary. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 4, 42. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-4-42>
- Bertoldo, M. J., Holyoake, P. K., Evans, G., & Grupen, C. G. (2012). Seasonal variation in the ovarian function of sows. *Reproduction, Fertility and Development*, 24 (6), 822–834. <https://doi.org/10.1071/rd11249>
- McGee, E. A., & Hsueh, A. J. W. (2000). Initial and cyclic recruitment of ovarian follicles. *Endocrine Reviews*, 21 (2), 200–214. <https://doi.org/10.1210/edrv.21.2.0394>
- Skinner, M. K. (2005). Regulation of primordial follicle assembly and development. *Human Reproduction Update*, 11 (5), 461–471. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmi020>
- Erickson, G. F., & Shimasaki, S. (2000). The role of the oocyte in folliculogenesis. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 11 (5), 193–198. [https://doi.org/10.1016/s1043-2760\(00\)00249-6](https://doi.org/10.1016/s1043-2760(00)00249-6)
- Hirshfield, A. N. (1991). Development of follicles in the mammalian ovary. *International Review of Cytology*, 43–101. [https://doi.org/10.1016/s0074-7696\(08\)61524-7](https://doi.org/10.1016/s0074-7696(08)61524-7)
- Jabara, S., & Lambert-Messerlian, G. (2006). Ovarian structure and function. In J. F. Strauss & R. L. Barbieri (Eds.) *Yen and Jaffe's Reproductive Endocrinology* (6th ed.). Saunders.
- Oktem, O., & Urman, B. (2010). Understanding follicle growth in vivo. *Human Reproduction*, 25 (12), 2944–2954. <https://doi.org/10.1093/humrep/deq275>

25. Kinnear, H. M., Tomaszewski, C. E., Chang, A. L., Moravek, M. B., Xu, M., Padmanabhan, V., & Shikanov, A. (2020). The ovarian stroma as a new frontier. *Reproduction*, 160 (3), R25–R39. <https://doi.org/10.1530/rep-19-0501>
26. Araki, Y. (2003). Formation and structure of mammalian ovaries. *Introduction to Mammalian Reproduction*, 141–153. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0273-9_9
27. Buhi, W. C., Alvarez, I. M., & Kouba, A. J. (2020). Oviductal regulation of fertilization and early embryonic development. *Bioscientifica Proceedings*. <https://doi.org/10.1530/biosciprocs.15.0021>
28. Verhage, H. G., Bareither, M. L., Jaffe, R. C., & Akbar, M. (1979). Cyclic changes in ciliation, secretion and cell height of the oviductal epithelium in women. *American Journal of Anatomy*, 156 (4), 505–521. <https://doi.org/10.1002/aja.1001560405>

ORCID

N. Al-Arubaye 

<https://orcid.org/0009-0002-9792-7859>



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

Detection and isolation of some *Pasteurella* spp. in dogs by using bronchial alveolar lavage and molecular techniques

M. A. S. Alkabi | A. H. Fadhil✉ | I. G. Al-Shemmari | I. J. Al-Khafaji

Article info

Correspondence Author

M. A. S. Alkabi

E-mail:

ali.h.fadhil@uokerbala.edu.iqCollege of Veterinary
Medicine, University of
Kerbala,
Karbala, 56001, Iraq

Citation: Alkabi, M. A. S., Fadhil, A. H., Al-Shemmari, I. G., & Al-Khafaji, I. J. (2025). Detection and isolation of some *Pasteurella* spp. in dogs by using bronchial alveolar lavage and molecular techniques. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 208–214. doi: 10.31210/spi2025.28.04.33

This study was conducted to detect and isolate *Pasteurella* spp. and to identify abnormalities in some blood traits, cellular changes, and some biochemical values detected in the respiratory tract of infected dogs using bronchial alveolar lavage (BAL) technique and polymerase chain reaction test to confirm infection. The study included a collection of BAL fluid by bronchial alveolar lavage technique from fifty-seven dogs of both sexes in which the signs of respiratory disease cough, dyspnea, sneezing, and nasal discharge were revealed during the period from September 2021 to December 2022. The clinical signs (respiratory rate, pulse rate, and body temperature) were various depending on the stage of the disease. Hematological and biochemical analysis results revealed significant differences between healthy and infected dogs. Compared to healthy dogs, the infected animals showed significant increases in the following parameters: total leukocytes, neutrophils, eosinophils, and lymphocytes (by 2.4, 1.9, 1.7, and 3.8 times, respectively, $P \leq 0.01$). Conversely, total protein levels tended to decrease, being 1.3 times lower ($P \leq 0.01$) than those in clinically healthy dogs. The BALF cytological study showed significant differences in the number of cytological cells among the infected and healthy dogs. Highly significant differences ($P \leq 0.01$) were found in the counts of neutrophils, eosinophils, lymphocytes, epithelial cells, and bacterial cells (respectively, by 3.5, 45, 2.8, 2.2, and 12.0 times higher compared to the healthy animals). With a total nucleated cell count of 490 cells, while in healthy dogs 188 cells were recorded, in the diseased dogs those were 2.6 times higher compared to the healthy animals. The results of bacteriological examination and molecular testing using PCR standard showed high effectiveness, allowing the isolation and identification of *Pasteurella canis* in 17 samples (29.82 %) and *Pasteurella stomatis* in 5 samples (8.77 %) of the diseased animals.

Keywords: bronchial alveolar lavage technique, PCR, *Pasteurella canis*, *Pasteurella stomatis*, dog.

Виявлення та ідентифікація *Pasteurella* spp. у собак з використанням бронхоальвеолярного лаважу та молекулярного методу дослідження

M. A. S. Alkabi | A. H. Fadhil | I. G. Al-Shemmari | I. J. Al-Khafaji

Коледж ветеринарної
медицини, Університет
Кербели,
Кербела, Ірак

У роботі наведено результати досліджень щодо виявлення та ідентифікації *Pasteurella* spp. за респіраторних захворювань собак. Представлено дані щодо змін у показниках крові хворих тварин, висвітлено дані щодо цитологічного та протеїнового складу рідини, отриманої за допомогою техніки бронхоальвеолярного лаважу (БАЛ), а також результатів полімеразної ланцюгової реакції з метою встановлення видової належності збудників роду *Pasteurella*. Виконання досліджень проводили упродовж періоду з вересня 2021 року по грудень 2022 року. У цей період досліджено 57 собак різного віку та статі з ознаками респіраторних захворювань. Із загальної кількості досліджених тварин у 22 собак виявлено наявність збудників роду *Pasteurella*. Аналізуючи показники крові від тварин, що виявилися інфікованими *Pasteurella* spp., виявлено вірогідне ($P \leq 0,01$) збільшення як загальної кількості лейкоцитів (у 2,2 раза), так і окремих форм лейкоцитів. Зокрема, кількості нейтрофілів – у 1,9 раза ($P \leq 0,01$), еозинофілів – у 1,7 раза ($P \leq 0,01$) та лімфоцитів – у 3,8 раза ($P \leq 0,01$) порівняно з аналогічними показниками у клінічно здорових собак. На фоні виявлених змін у кількісному складі лейкоцитів у хворих собак встановлено протеїнемію, де вміст загального білку порівняно з клінічно здоровими тваринами був нижче у 1,3 раза ($P \leq 0,01$). Аналізуючи показники цитологічного дослідження рідини, отриманої за допомогою техніки БАЛ, встановлено значні відмінності в клітинному складі бронхоальвеолярної рідини клінічно здорових собак та собак інфікованих *Pasteurella* spp. Зокрема, в рідині хворих тварин виявлено вірогідно ($P \leq 0,01$) більшу кількість нейтрофілів, еозинофілів, лімфоцитів, епітеліальних та бактеріальних клітин (у 3,5, 45, 2,8, 2,2 та 12,0 раза) порівняно з показниками у клінічно здорових собак. Також в рідині, отриманій за допомогою БАЛ, у собак інфікованих *Pasteurella* spp. виявили збільшення кількості (у 2,6 раза, $P \leq 0,01$) клітин з ядром порівняно з клінічно здоровими собаками. Застосування бактеріологічного дослідження та молекулярного тестування з використанням ПЛР дали змогу виділити та ідентифікувати до виду *Pasteurella canis* (17 зразків / 29,82 %) та *Pasteurella stomatis* (5 зразків / 8,77 %).

Ключові слова: бронхоальвеолярний лаваж, ПЛР, *Pasteurella canis*, *Pasteurella stomatis*, собака.

Бібліографічний опис для цитування: Alkabi M. A. S., Fadhil A. H., Al-Shemmari I. G., Al-Khafaji I. J. Виявлення та ідентифікація *Pasteurella* spp. у собак з використанням бронхоальвеолярного лаважу та молекулярного методу дослідження. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 208–214.

Introduction

Large Gram-negative bacteria belong to the Pasteurellaceae family. Their members live commensally on mucosal surfaces of the upper respiratory tract in mammals [1]. Several members of Pasteurellaceae, like *Pasteurella canis*, *Pasteurella stomatis*, and *Pasteurella dagmatis* can be included in a wide range of disease conditions in dogs and may represent as primary or opportunistic pathogens [2].

Pasteurella spp can be spread among animals and humans. They have similarities with a number of species and sub-species, and naturally inhabit the oral cavity, skin and the digestive tract of the dog, and can cause diseases under specific conditions, and spread from dog to dog by sneezing or coughing and bite wounds when saliva enters open wounds, Infecting with *Pasteurella* can cause abscesses or septicemia, serious and fatal infections such as nasal and sinus infections, pneumonia and pus inside the chest cavity [3].

A wide variety of disease occurrence which involved from the secondary to viral infections or chronic rhinosinusitis which represent the upper respiratory tract infections and pyothorax, bronchopneumonia, otitis externa and bacteremia may occur due to the species *P. canis*, *P. dagmatis*, and *P. stomatis* and may be found as individual infection or mixed with other bacteria [4].

The technique of bronchial alveolar lavage (BAL) is used to collect samples to detect fluids and cell populations within the lower respiratory tracts that have allowed the identification and characterization of respiratory diseases and disorders in humans and animals. Therefore, sequential BAL was used to detect and evaluate pathological changes in the respiratory tract [5].

Structural changes in the bronchi occur when there is disease of the lower respiratory tract in dogs such as increased secretions, thick irregular mucosa, and alterations in a very low normal cell count [6].

BAL has been used to evaluate healthy status of the canine lower respiratory tract [7]. The veterinary referral centers use BAL technique widely, but there is little information available assessing the effect of diagnostic yield of bronchial alveolar lavage fluid (BALF) and BAL technique on sample quality [8].

The collection of cellular components of lung airway surface fluid by bronchial alveolar lavage (BAL) is a valuable method aimed at assessing differential cell profiles and is useful in diagnosing suspected clinical cases in veterinary medicine, and the biggest challenges facing veterinarians are determining the underlying cause of lower respiratory tract disease, although the results of the clinical examination and history also provide valuable information [9].

Models for sampling the respiratory tract include trans-thoracic aspiration, lung biopsies, trans-tracheal wash, bronchoscopy bronchial alveolar lavage, and bronchial brushings and are considered harsh techniques due to using a sterile catheter which is inserted into the trachea [10, 11].

Moreover, the use of a non-invasive method to collect samples from the respiratory tract and alveolar spaces such as the BAL provides a safe manner for

microbial, biochemical, cytological, and immunological analyses [12].

In some cases, with no growth of pathogens and the absence of intracellular bacteria, an increase in neutrophils can be observed in the BAL fluid and this usually accompanies chronic bronchitis and may be associated with airway collapse and bronchiectasis [13].

Many reports recorded airway collapse in the presence or absence of the left atrial enlargement in dogs with airway inflammation [14].

The molecular technique is one of the most accurate methods to diagnose and confirm the *Pasteurella* infection; polymerase chain reaction assay is widely used for the identification of the most important species of Pasteurellaceae that may infect dogs. Primers designed for *Pasteurella* species like *P. canis* and *P. stomatis* were used by many researchers to identify and confirm the infection diagnosis. These species-specific PCR assays were shown to be providing an accurate and fast technique for phenotypic species detection of these bacteria [15].

In Iraq, there are many studies that deal with dog diseases [16–18], but more studies are needed to reveal respiratory diseases that pose a threat to canine and public health.

The aim of the study

Therefore, this study was aimed at finding the prevalence of infection with some respiratory pathogens of *Pasteurella* species, conducting tests and detecting them.

Materials and methods

Animals

Fifty-seven dogs of both sexes, between the ages of 1–4 years were examined in the study in Karbala province; the clinical cases brought to the special clinical room were examined. In all the cases the signs of respiratory infection such as coughing, sneezing, and running nose were registered. The study lasted from September 2021 to December 2022.

The BALF was collected from the dogs according to the clinical procedure previously described by [11]. The anesthesia (IM) with xylazine at a dose of (1 ml/kg) and ketamine at a dose of (5 ml/kg) was conducted in a standing position after which the dog received intravenous fluids, the nostrils and external were cleaned and the long catheter was passed into the nostrils.

A sterile catheter was gently introduced through the nostrils into the lower respiratory tract. A measured volume of sterile normal saline (0.9 % NaCl) was instilled and then immediately aspirated using a sterile suction device.

The recovered lavage fluid was transferred into sterile containers and transported to the laboratory in an ice box for further microbiological and molecular analysis.

Devices and materials used:

Sterile BAL catheter;

Sterile normal saline (0.9 %);

Medical suction apparatus;

Sterile sample collection tubes;

Veterinary sedative preparations and equipment.

Bacteriological isolation and phenotypic identification

BAL samples were cultured on blood agar and chocolate agar plates. The inoculated media were incubated aerobically at 37°C for 24–48 hours. Suspected colonies were examined for their morphological characteristics, including the size, shape, and hemolytic activity.

Gram staining was performed on representative colonies to observe cellular morphology and Gram reaction. The colonies showing characteristics consistent with *Pasteurella* species were further subjected to biochemical testing.

Biochemical characterization

Presumptive identification of *Pasteurella* spp. was carried out using standard biochemical tests, including oxidase, catalase, indole production, and carbohydrate fermentation tests. The obtained results were interpreted according to established bacteriological identification keys.

Blood samples were collected from the animals under aseptic conditions using sterile disposable syringes. Approximately 5 ml of venous blood was drawn from each dog. A portion of the sample was transferred into EDTA-containing tubes for hematological analysis, while the remaining blood was placed in plain tubes and allowed to clot at room temperature. The clotted samples were then centrifuged at 3,000 rpm for 10 minutes to obtain serum, which was used for biochemical assays.

Hematological parameters, including the total leukocyte count and differential leukocyte count, were measured using an automated hematology analyzer following the manufacturer's instructions. All the analyses were carried out under strict quality control procedures to ensure accuracy and reliability of the results.

Bronchial alveolar lavage technique

BALF was collected by inserting a flexible polyethylene tube, initially the end of which was sterilized with alcohol (70 %) and then gently inserted through the nose down to the lung and the presence of a cough reflex gave a good indication of the correct way to tube afterwards. Warm PBS was infused with a sterile syringe and then withdrawn with the same syringe and BALFs were collected in sterile beakers and sent to the laboratory under aseptic conditions.

Microscopic examination of the BALF was made immediately after the sample collection, and the volume of bubbles was immediately measured to indirectly assess the surfactant in each sample (**Table 1**) according to the surfactant score described by [8].

Table 2

The number of positive results for *Pasteurella* spp. in dog samples

Number of examined cases	Number of positive results for <i>Pasteurella</i> spp.	Number of negative results for <i>Pasteurella</i> spp.	<i>Pasteurella canis</i>	<i>Pasteurella stomatis</i>
57	22 (38.59 %)	35 (61.40 %)	17 (29.82%)	5 (8.77%)

Table 1

Conducting surfactant evaluation for BAL

Surfactant score	Surfactant
0	No bubbles
1	0.10 to 0.70 ml of bubbles
2	0.71 to 1.50 ml
3	>1.51 ml

(200 µl) of BALF per sample was centrifuged at 180 × g for 6 min, and additional slides were prepared from centrifuged liquid at 500 × g for 5 min. A differential cell count of 400 leukocytes for each slide was performed after staining with Giemsa stain, and the presence of bacteria and epithelial cells was examined at 40x magnification. The loop full of BAL fluid was used for culturing, isolation, and identification of bacteria.

The smear of the differential cell counts and from BALF was examined under 100x magnification, the number of clusters, sheets of epithelial cells and cellularity were assessed and evaluated.

The 1 ml fresh 24-hour culture broth was used for DNA extraction (Genaid /Korea) according to manufacturing company. The polymerase chain reaction test was used to confirm *Pasteurella canis* and *Pasteurella stomatis* infections. Oligonucleotides sequences primers were performed for the detection of *sod A* genes primer of *Pasteurella canis*, Forward primer 5'GTAAATAATGCAAATGCGG3' and reverse primers 5'GCCTTGCAAAGTAGTAC3', and *Pasteurella stomatis* forward primers 5'CTCAGCAAATTATCGCTCGTC3' and reverse primers 5'TGCCCAGCCTGAACCGAAACGA3', which were used to detect the infection by these bacteria in the samples and the steps with these species specific primers were performed as described by [19] as the following steps: initial denaturation 94°C for 5 min. following by 35 cycles of denaturation 94°C for 30 sec. annealing at 50°C for 30sec. and extension 72°C for 120 sec. and final extension 72°C for 7 minutes. Statistical analyses of the study results were performed using the chi-square test, with P<0.01 as a criterion for significance [20].

Ethic Statement

The research was approved by the Ethics Committee of the University of Kerbala, College of Veterinary Medicine, under the number UOK.VET.ME.2022.061.

Results and discussion

Result of clinical study

The study involved fifty-seven dogs that were examined, as a result of the culture of 57 BAL fluid samples from the dogs with abnormal respiratory symptoms. 17 samples (29.82 %) gave positive results to *Pasteurella canis* and 5 samples (8.77 %) gave positive results to *Pasteurella stomatis* (**Table 2**).

The result of hematology and biochemical values

The hematology and total protein values showed significant differences between healthy and infected dogs, with considerable differences in total leukocyte count, neutrophils, lymphocytes, eosinophils, and total protein (**Table 3**).

Table 3

The results of the dogs' hematological study, mean

Leukocyte values	Infected, n=22	Healthy, n=35
TLC, 10 ⁹ /l	19.4 ^a	8.2 ^b
Neutrophil, cells/μl	13065 ^a	6883 ^b
Basophil, cells/μl	44 ^a	48 ^a
Eosinophil, cells/μl	138 ^a	118 ^b
Lymphocytes, cells/μl	8034 ^a	2117 ^b
Monocytes, cells/μl	473 ^a	417 ^a
Serum biochemistry		
Total protein, g/l	92 ^a	70 ^b

Note: different letters indicate a significant difference between the infected and healthy groups at $P \leq 0.01$.

The diseased animals showed a significant increase in total white blood cell count, 2.4 times higher than that of clinically healthy dogs ($P \leq 0.01$). Also, in the group of infected dogs, a significant ($P \leq 0.01$) increase in the number of neutrophils, eosinophils and lymphocytes was found by – 1.9, 1.7 and 3.8 times, respectively, compared to the similar indicators in the group of clinically healthy dogs. It should be noted that the level of total protein in the blood serum of infected dogs, on the contrary, had the tendency to decrease. Thus, the level of total protein was 1.3 times lower ($P \leq 0.01$) than the indicator in clinically healthy dogs.

The results of bronchial alveolar lavage cytology

The results of the cytological study of bronchial alveolar lavage (BAL) fluid in the dogs revealed the presence of surfactant, sample cellularity, the presence of RBCs and epithelial cells which gave good indicators of BAL quality (**Table 4**).

Table 4

The results of the cytological study of bronchial alveolar lavage fluid in dogs, mean \pm SEM

BAL (differential count)	Infected, n=22	Healthy, n=35
Neutrophils	18.2 \pm 2.0 ^a	5.2 \pm 1.0 ^b
Eosinophils	5.4 \pm 2.0 ^a	1.2 \pm 1.0 ^b
Basophils	0.2 \pm 0 ^a	0 ^a
Lymphocytes	50.0 \pm 6 ^a	17.8 \pm 1.0 ^b
Monocytes	0.6 \pm 0 ^a	0 ^a
Epithelial cells	37.0 \pm 5.0 ^a	16.8 \pm 3.0 ^b
Bacteria	9.6 \pm 0 ^a	0.8 \pm 0.0 ^b
Cellularity	12.0 \pm 5.0 ^a	5.4 \pm 1.0 ^b
Total nucleated cell count (TNCC)	490 ^a	188 ^b
Total protein, g/l	10.4 \pm 5.0 ^a	5.1 \pm 2.0 ^b
Cytological score	2	0

Note: different letters indicate a significant difference between the infected and healthy groups at $P \leq 0.01$.

After the sample collection, the volume of bubbles was immediately measured to indirectly assess the surfactant and the surfactant score of all the BAL samples.

The results revealed significant differences in the quantitative parameters of isolated cells among the

infected and healthy dogs. Highly significant differences ($P \leq 0.01$) were found in the counts of neutrophils (3.5 times higher), eosinophils (45 times higher), lymphocytes (2.8 times higher), epithelial cells (2.2 times higher), and bacteria (12.0 times higher). A significant increase in total protein (2.6 times higher) ($P \leq 0.01$) was also recorded compared to the healthy animals. No significant differences were observed in the counts of basophils and monocytes.

The score of the BAL from the infected dogs was revealed at degree 2 with total nucleated cell count of 490 cells while in the healthy dogs there were 188 cells at 0 score.

The results of bacteriological study

After 48 hours of incubation at 37 °C, the colonies of isolates appeared as the following ones: the colony of *P. canis* and *P. stomatis* on blood agar appeared as grayish-white, rough and small discrete tear shaped colonies. Other colonies were mucoid and large. There was no hemolysis on the blood agar and no growth on MacConkey agar.

After staining by Gram stain and methylene blue stain, the colonies appeared as Gram-negative and bipolar in shape in methylene blue stain, coccobacilli or short-rod single or in pairs.

The biochemical tests used for the differentiation between *Pasteurella canis* and *P. stomatis* revealed the same results, except that ornithine decarboxylase gave the positive reaction in *P. canis*, while it gave the negative reaction in *P. stomatis*, as shown in **Table 5**.

Table 5

The results of biochemical reactions of *Pasteurella canis* and *Pasteurella stomatis*

Test	<i>Pasteurella canis</i>	<i>Pasteurella stomatis</i>
Hemolysis on blood agar	–	–
Growth on MacConky agar	–	–
Indole	+	+
Urease	–	–
Catalase	+	+
Ornithine decarboxylase	+	–
Sugars fermentation		
Glucose	+	+
Lactose	–	–
Sucrose	–	–
Maltose	–	–
Mannitol	–	–
Terihalose	V	–

In the PCR technique (**Fig. 1**), an amplicon was observed from all the isolates in agarose gel electrophoresis.

In the conventional PCR technique, the dogs showed 17 (29.82 %) and 5 (8.77 %) cases of being infected with *Pasteurella canis* and *Pasteurella stomatis*, respectively. With 186 bp and 218 bp which revealed *P. canis* and *P. stomatis* respectively; there was no record that the two types were found in the same animal.

The dogs with respiratory disease showed such clinical signs as mild fever, lethargy, dyspnea, acute productive cough, chronic nasal discharge, stertorous breathing, hemoptysis, sneezing, and exercised intolerance [21].

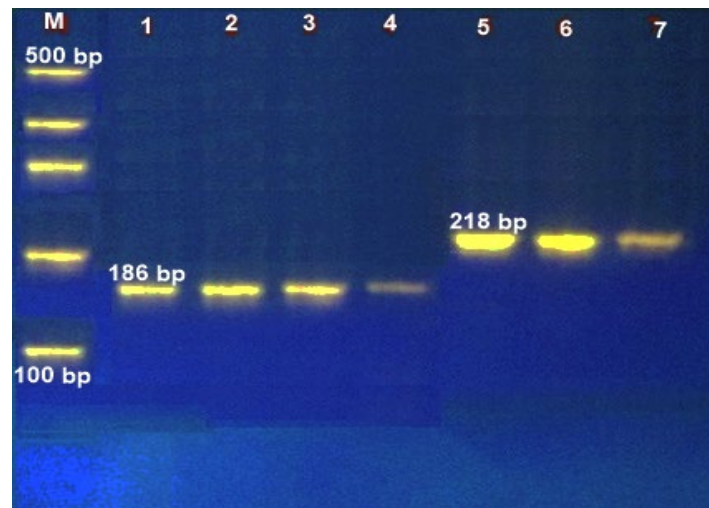


Fig. 1. The results of agarose gel electrophoresis of PCR product analysis on agarose gel. Line 1 is the M DNA marker; lines 1, 2, 3, and 4 represent 186 bp for *Pasteurella canis*; lines 5, 6, and 7 represent 218 bp for *Pasteurella stomatis*

In the previous study [22], the ocular and nasal discharge, sneezing, dyspnea, tachycardia were reported and depression developed in dogs within 1 to 4 days post infection, also the fever was uncommon but when present, it was transient. Besides, [23] mentioned that most infected dogs initially developed fever followed by mild clinical signs of respiratory disease (especially cough, nasal and ocular discharge, dyspnea and the elevation of heart rate).

The hematological and serum biochemical results in the present study revealed the agreement with the previous study [24], in which it was mentioned that the hematological values significantly increased total neutrophils, leucocyte and eosinophil's count in the dogs with respiratory diseases when compared to the healthy dogs.

It was reported that in healthy dogs the number of inflammatory cells encountered was fewer than those in the diseased dogs. The respiratory tract diseases due to bacterial infection lead to the increase in leukocytes [25]. Blood spotting has been reported at respiratory diseases accompanied by eosinophilia and leukocytosis [26, 27]. In hematological findings, neutrophilia of dogs infected with respiratory diseases is observed [28].

It was mentioned that eosinophilia occurring in dogs suffering from respiratory tract diseases might be due to the raised plasma histamine level [29]. In the present study, the results revealed significant differences in lymphocytes between the diseased and healthy dogs; these results disagreed with many researchers who mentioned that the hematological studies of dogs affected with respiratory disease showed no significant change in lymphocyte count, monocytes and hemoglobin concentration and significant increase in total eosinophils, neutrophils and leucocyte count of the blood [24].

In inflammatory responses to acute airway infection, lymphocytes play a major role at all stages and at all phases [30, 31].

In BALF sample obtained from the alveoli, the presence of foam is important for assessing the presence of surfactant [10]. The reduction of alveolar surface

tension is caused by the action of type II pneumonia cells that secrete surfactant into the alveoli [32].

A simultaneous increase in the total number of neutrophils, lymphocytes, and macrophages occurred in airway fluid detected in BAL fluid that appeared markedly hypercellular pathogen identified by macrophages [33].

BAL lymphocytosis in dogs indicates the occurrence of a variety of pathological processes, suggesting that lymphocytes have an important role in the response to respiratory airway infection regardless of the pathogen [34].

In the surface epithelium of the respiratory tract, lymphocytes are involved in both immune responses to inhaled antigens and protective immunity against infectious agents [14].

In a study of bacterial pneumonia in dogs, the most common presentation was neutropenia, with BAL fluid neutrophils reaching 45 % and lymphocytes approaching 20 % of the differential cell counts [35]. The inflammatory pulmonary disease leads to a marked increase in the number of neutrophils in BALF [36].

The results of this study showed significant differences in the cellularity of BALF in healthy and diseased dogs. This occurs due to high percentage of lymphocytes, neutrophils, and other cells which lead to an increase in total cell count and increased cellularity score, which agrees with [8]. It has been mentioned that large numbers of epithelial cells present in the BALF may be caused by abnormal exfoliation, excessive suction, or trauma [21]. *P. canis* appeared as grayish-white, rough and small discrete tear shaped colonies of Gram-negative, coccobacilli, short-rod single or in pairs; *Pasteurella* spp. are aerobic, facultative anaerobic, and grow well at 37°C on 5 percent sheep blood, and the growth is uncommon on MacConkey agar, the bipolar staining of *Pasteurella* species from bacterial or blood smears when stained by methylene blue [37, 38].

It was also mentioned that the isolates of *Pasteurella canis* gave the negative urease test. When ornithine decarboxylation test is positive, the acid is not produced

from L-arabinose, raffinose, D-lactose, maltose, mannitol, sorbitol, or dulcitol [37, 39].

The molecular test can also be applied in the specific PCR technique for the detection and diagnostics of *Pasteurella* spp. by using the template as a bacterial colony or by using direct clinical samples. A multiplex PCR is a highly susceptible and sensitive rapid technique used for the identification of capsular types of the conventional capsular serotyping system. The primers of specific serotypes used in the PCR technique were designed by the development of molecular tools and following sequence identification, the capsular biosynthetic analysis section of each capsular group [19, 40]. This technique has paved the way for rapid and accurate tests to detect infectious agents and has been conducted for the detection of *Pasteurella* spp. [41].

PCR is considered the fingerprinting technique and the present study uses this technique by utilizing primers specially designed for the identification of some species that infect dogs and confirm the diagnosis of *P. stomatis* and *P. canis* infection. Similarly, after the isolation and biochemical identification, the PCR has been used for the detection and diagnostics of those and other species in other studies by other researchers. This technique has been particularly designed for the identification of *Pasteurella* species in clinical samples and mixed cultures [19, 42].

It was mentioned that by using smears and lavage samples and examining respiratory tract samples of 18 pneumonic and septicemic dogs (the most commonly diagnosed conditions), the most frequent isolate from dogs was *P. canis* – 9, followed by *P. dagmatis* – 4 and *P. stomatis* – 2 [43].

Several species of *Pasteurella* such as *P. canis* and *P. dagmatis* have been reported to be transmitted to humans through animal bites [44].

It was revealed that the most common isolate by using bronchial alveolar lavage fluid from dogs was *Mycoplasma* spp. followed by *Pasteurella* spp., *Bordetella* spp, Enterobacteriaceae, and anaerobes [13].

Conclusions

It is indicated in this study that BAL is an important clinical procedure for diagnosing respiratory diseases in dogs. It is also a technique that provides medical information about the cellular change in case of respiratory diseases in dogs and the detection of the prevalence of *Pasteurella canis* and *Pasteurella stomatis* among pet dogs in Karbala city, Iraq, diagnosed by clinical signs combined with BAL and polymerase chain reaction techniques. Cytological examination of bronchial alveolar fluid revealed highly significant differences ($P \leq 0.01$) in the counts of neutrophils, eosinophils, lymphocytes, epithelial cells, and bacterial cells (3.5, 45, 2.8, 2.2, and 12.0 times higher than in healthy animals). The total count of nucleated cells was 2.6 times higher than in healthy animals. A combination of bacteriological and molecular testing using PCR standard allowed the

isolation and identification of *P. canis* in 29.82 % of samples and *P. stomatis* in 8.77 % of the samples from the diseased animals.

Funding

No external funding was received for this research.

Acknowledgments

The authors of this paper are grateful for the technical support provided by the Department of Internal and Preventive Medicine, the College of Veterinary Medicine and the University of Kerbala.

Conflict of interest





The author (s) state that there is no conflict of interest.

References

1. Kokotovic, B., Friis, N. F., & Ahrens, P. (2007). *Mycoplasma alkalescens* demonstrated in bronchoalveolar lavage of cattle in Denmark. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 49 (1), 2. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-49-2>
2. Songer, J. G., & Post, K. W. (2005). The genera *Mannheimia* and *Pasteurella*. In: L. Duncan (Editor) *Veterinary microbiology: bacterial and fungal agents of animal disease* (pp. 81–190). St. Louis, MO: Elsevier Saunders.
3. Scharmann, W., & Heller, A. (2001). Survival and transmissibility of *Pasteurella pneumotropica*. *Laboratory Animals*, 35 (2), 163–166. <https://doi.org/10.1258/0023677011911543>
4. Sykes, J. E. (2010). Immunodeficiencies caused by infectious diseases. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 40 (3), 409–423. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.01.006>
5. Azizollah, E., Bentol-hoda, M., & Razihi, K. (2009). The aerobic bacterial population of the respiratory passageways of healthy dromedaries in Najaf Abbad abattoir, Central Iran. *Journal of Camelid Science*, 2, 26–29.
6. Padrid, P. A. (2011). Laryngoscopy and tracheobronchoscopy of the dog and cat. In: T. R. Tams & C. A. Rawlings (eds). *Small Animal Endoscopy* (pp. 331–359). St. Louis, MI: Elsevier Mosby <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-05578-9.10010-5>
7. Hawkins, E. C., DeNicola, D. B., & Kuehn, N. F. (1990). Bronchoalveolar lavage in the evaluation of pulmonary disease in the dog and cat. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 4 (5), 267–274. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.1990.tb03120.x>
8. Hawkins, E. (2004). Bronchoalveolar lavage. In: L. G. King (ed.) *Textbook of respiratory disease in dogs and cats* (pp. 118–128). <https://doi.org/10.1016/b978-0-7216-8706-3.50021-9>
9. Miller, C. J. (2007). Approach to the respiratory patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 37 (5), 861–878. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2007.05.014>
10. Creevy, K. E. (2009). Airway evaluation and flexible endoscopic procedures in dogs and cats: Laryngoscopy, transtracheal wash, tracheobronchoscopy, and bronchoalveolar lavage. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 39 (5), 869–880. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2009.05.001>
11. Silverstein, D. C., & Drobratz, K. J. (2010). Clinical evaluation of the respiratory tract. In: S. J. Ettinger & E. C. Feldman (eds.). *Textbook of veterinary internal medicine. 7th ed.* (pp. 1055–1066). St Louis: Saunders Elsevier.
12. Hawkins, E. C., Rogala, A. R., Large, E. E., Bradley, J. M., & Grindem, C. B. (2006). Cellular composition of bronchial brushings obtained from healthy dogs and dogs with chronic cough and cytologic composition of bronchoalveolar lavage fluid obtained from dogs with chronic cough. *American Journal of Veterinary Research*, 67 (1), 160–167. <https://doi.org/10.2460/ajvr.67.1.160>

13. Johnson, L. R., Queen, E. V., Vernau, W., Sykes, J. E., & Byrne, B. A. (2013). Microbiologic and cytologic assessment of bronchoalveolar lavage fluid from dogs with lower respiratory tract infection: 105 cases (2001–2011). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27 (2), 259–267. <https://doi.org/10.1111/jvim.12037>
14. Johnson, L. R., Johnson, E. G., Hulsebosch, S. E., Dear, J. D., & Vernau, W. (2019). Eosinophilic bronchitis, eosinophilic granuloma, and eosinophilic bronchopneumopathy in 75 dogs (2006–2016). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (5), 2217–2226. <https://doi.org/10.1111/jvim.15605>
15. Sellyei, B., Wehmann, E., Makrai, L., & Magyar, T. (2010). Characterisation of *Pasteurella dagmatis*-like isolates recovered from the feline oral cavity. *Veterinary Microbiology*, 145 (3–4), 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.03.022>
16. Hussein, S. A., & Hamad, M. A. (2022). Mycoplasma from the upper respiratory tract and conjunctival infections in household dogs. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 36 (Supplement 1), 137–141. <https://doi.org/10.33899/ijvs.2022.135824.2525>
17. H. Al-Hyani, O. (2011). A comparative study for lung biopsy in dogs. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 25 (1), 35–40. <https://doi.org/10.33899/ijvs.2011.5701>
18. Saad, M. M., & Alsarhan, Q. T. (2022). Detection of canine distemper virus in stray and pet dogs in Mosul city, Iraq. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 36 (2), 315–319. <https://doi.org/10.33899/ijvs.2021.130127.1739>
19. Król, J., Bania, J., Florek, M., Pliszczak-Król, A., & Staroniewicz, Z. (2011). Polymerase chain reaction-based identification of clinically relevant Pasteurellaceae isolated from cats and dogs in Poland. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 23 (3), 532–537. <https://doi.org/10.1177/1040638711403434>
20. Al-Mohammed, N. T., Al-Rawi, Kh. M., Khames, M. A., & Al-Marani, W. Kh. (1986). *Principles of statistics*. Baghdad: Ministry of higher education and scientific research. Baghdad university.
21. Woods, K. S., Defarges, A. M. N., Abrams-Ogg, A. C. G., Dobson, H., Brisson, B. A., Viel, L., & Bienzle, D. (2014). Comparison of bronchoalveolar lavage fluid obtained by manual aspiration with a handheld syringe with that obtained by automated suction pump aspiration from healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 75 (1), 85–90. <https://doi.org/10.2460/ajvr.75.1.85>
22. Mitchell, J. A., Cardwell, J. M., Renshaw, R. W., Dubovi, E. J., & Brownlie, J. (2013). Detection of canine pneumovirus in dogs with canine infectious respiratory disease. *Journal of Clinical Microbiology*, 51 (12), 4112–4119. <https://doi.org/10.1128/jcm.02312-13>
23. Dear, J. D. (2020). Bacterial pneumonia in dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 50 (2), 447–465. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2019.10.007>
24. Ayodhya, S., Rao, D. T., Reddy, Y. N., Sundar, N. S., & Kumar, V. G. (2013). Epidemiological, clinical and haematological studies on canine respiratory diseases in and around Hyderabad city andhra Pradesh, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2 (11), 453–462.
25. Kaur, J., & Singh, S. (2022). Respiratory diseases and their diagnosis in dogs: A review. *Indian Journal of Animal Research*. <https://doi.org/10.18805/ijar.b-4994>
26. Piva, S., Zanoni, R. G., Specchi, S., Brunetti, B., Florio, D., & Pietra, M. (2010). Chronic rhinitis due to *Streptococcus equi* subspecies zooepidemicus in a dog. *Veterinary Record*, 167 (5), 177–178. Portico. <https://doi.org/10.1136/vr.c3607>
27. Anusz, K. (2005). Some respiratory diseases in ageing dogs. *Weterynaria Praktyce*, 2, 14–17.
28. Amrute, P. K., Muley, V. D., Dighe, D. G., Velhankar, R. D., & Keskar, D. V. (2009). Chronic bronchopneumonia in Great Dane pup at Mumbai. *Veterinary World*, 2, 358–359.
29. Ji, S. Y., Yi, K. J., Kim, J. Y., Yoon, J. H., & Choi, M. C. (2012). Imaging features of eosinophilic bronchopneumopathy in three dogs. *Journal of Veterinary Clinics*, 29 (2), 194–197.
30. Ratjen, F., Costabel, U., Griese, M., & Paul, K. (2003). Bronchoalveolar lavage fluid findings in children with hypersensitivity pneumonitis. *European Respiratory Journal*, 21 (1), 144–148. <https://doi.org/10.1183/09031936.03.00035703a>
31. Johnson, L. R., & Vernau, W. (2019). Bronchoalveolar lavage fluid lymphocytosis in 104 dogs (2006–2016). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (3), 1315–1321. <https://doi.org/10.1111/jvim.15489>
32. Boothe, D. (2004). Drugs affecting the respiratory system. In: L. G. King (ed.) *Textbook of respiratory disease in dogs and cats*. (pp. 229–252). St Louis: Saunders Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7216-8706-3.50036-0>
33. Byrne, A. J., Mathie, S. A., Gregory, L. G., & Lloyd, C. M. (2015). Pulmonary macrophages: key players in the innate defence of the airways. *Thorax*, 70 (12), 1189–1196. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2015-207020>
34. Hostetter, S. J., Clark, S. K., Gilbertie, J. M., Wiechert, S. A., Jones, D. E., & Sponseller, B. A. (2017). Age-related variation in the cellular composition of equine bronchoalveolar lavage fluid. *Veterinary Clinical Pathology*, 46 (2), 344–353. <https://doi.org/10.1111/vcp.12473>
35. Viitanen, S. J., Lappalainen, A., & Rajamäki, M. M. (2015). Co-infections with respiratory viruses in dogs with bacterial pneumonia. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29 (2), 544–551. <https://doi.org/10.1111/jvim.12553>
36. Di Terlizzi, R., English, K., Cowell, R. L., Tyler, R. D., & Meinkoth, J. H. (2020). Transtracheal and bronchoalveolar washes. In: A. C. Valenciano & R. L. Cowell (eds.). *Cowell and Tyler's Diagnostic Cytology and Hematology of the Dog and Cat*. 5th ed. (pp. 247–268). St. Louis, Missouri: Mosby Elsevier <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-53314-0.00016-x>
37. Carter, G. R., & Wise, D. J. (2004). *Essentials of Veterinary Bacteriology and Mycology, 6th Edition*. Iowa: Iowa State Press.
38. Quinn, P. J., Carter, M. E., Markey, B. K., & Carter, C. R. (2004). *Veterinary Clinical Microbiology, 6th edition*. London: Wolfe Publishing.
39. Mutters, R., Christensen, H., & Bisgaard, M. (2015). *Pasteurella*. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, 1–23. <https://doi.org/10.1002/9781118960608.gb01201>
40. Rajeev, R., Panda, S. K., Acharya, A. P., Singh, A. P., & Gupta, M. K. (2011). Molecular diagnosis of haemorrhagic septicaemia - a review. *Veterinary World*, 4 (4), 189–192. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.189-192>
41. Kumar, R., Chahar, A., & Fakhruddin. (2017). Isolation, biochemical characterization and therapeutic management of pasteuriosis in buffaloes. *Intas Polivet*, 18 (1), 43.
42. Hunt Gerardo, S., Citron, D. M., Claros, M. C., Fernandez, H. T., & Goldstein, E. J. C. (2001). *Pasteurella multocida* subsp. *multocida* and *P. multocida* subsp. *septica* differentiation by PCR fingerprinting and α -Glucosidase activity. *Journal of Clinical Microbiology*, 39 (7), 2558–2564. <https://doi.org/10.1128/jcm.39.7.2558-2564.2001>
43. Dürda, S., & Murray H. (2020). *Pasteurella* spp. infections of the lower respiratory tract in dogs and cat. *Animal Health Laboratory*, 24 (4), 20.
44. Hara, J., Fujimura, M., Ueda, A., Myou, S., Oribe, Y., Ohkura, N., Kita, T., Yasui, M., & Kasahara, K. (2008). Effect of pressure stress applied to the airway on cough-reflex sensitivity in guinea pigs. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 177 (6), 585–592. <https://doi.org/10.1164/rccm.200703-457oc>

ORCID

- M. A. S. Alkabi  <https://orcid.org/0000-0003-4223-1301>
- A. H. Fadhil  <https://orcid.org/0000-0001-9380-8911>
- I. G. Al-Shemmari  <https://orcid.org/0000-0001-6247-2538>
- I. J. Al-Khafaji  <https://orcid.org/0000-0002-7848-0097>



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

Mechatronic colorimetric system for measuring operational degradation of engine oil as a means to enhance the reliability of motor vehicles

V. Padalka  | O. Gorbenko | O. Ivanov | M. Chumak

Article info

Correspondence Author

V. Padalka

E-mail:

viacheslav.padalka@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

Skovoroda Str., 1/3,

Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Padalka, V., Gorbenko, O., Ivanov, O., & Chumak, M. (2025). Mechatronic colorimetric system for measuring operational degradation of engine oil as a means to enhance the reliability of motor vehicles. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 215–220. doi: 10.31210/spi2025.28.04.34

The article presents the results of a study on the operational degradation of engine oil under the working conditions of internal combustion engines (ICE) used in agricultural and automotive machinery, where the operating environment is classified as particularly severe: high air dustiness, irregular loads, frequent engine starts, and extended idling periods. These factors accelerate the wear of friction pairs, deteriorate lubricating properties, and reduce the overall reliability of power units. Existing maintenance regulations do not consider real operating conditions, which creates the need for inter-schedule monitoring of oil condition – possible only through technical measurements and digital analysis of degradation parameters. The aim of the research is to develop a methodology and conduct experiments to determine the resource indicators of engine oil based on color change using colorimetric equipment equipped with mechatronic system elements. The study is based on comparing the color of fresh oil with that of oil after operational wear. RGB/HSL colorimetry tools and statistical processing were applied. A laboratory setup was developed based on the STM32H747XI microcontroller and the TCS3472 color sensor, enabling the detection of oil color changes and evaluation of its degradation linked to engine operating hours. Calibration was performed between reference samples and boundary conditions corresponding to the full service interval. The investigation of VAG Special G 5W-40 engine oil (BSE engine) over 400 engine hours demonstrated a stable functional dependence between impurity saturation and engine runtime. The average increase in contamination confirmed a reliable correlation between color variation and actual wear of friction components. The proposed methodology enables inter-schedule monitoring of engine oil condition and prediction of optimal replacement timing based on real operating conditions. The practical significance of the study lies in the increased reliability of ICE, reduced maintenance costs, and prevention of premature equipment failures. The proposed mechatronic colorimetric system can be integrated into service centers and precision farming systems as a component of digital diagnostics of machine technical condition.

Keywords: engine oil, oil degradation, mechatronics, wear of components, inter-schedule maintenance.

Мехатронна кольориметрична система вимірювань експлуатаційної деградації моторної оливи як засіб підвищення надійності автотранспортних засобів

В. В. Падалка | О. В. Горбенко | О. М. Іванов | М. В. Чуamak

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено результати дослідження експлуатаційної деградації моторної оливи в умовах роботи двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) сільськогосподарської та автомобільної техніки, де умови експлуатації належать до особливо тяжких: підвищена запиленість повітря, нерівномірні навантаження, часті запуски двигуна і тривала робота на холостих обертах. Ці фактори прискорюють процес зношування елементів тертя, погіршують властивості мастильних матеріалів та знижують надійність силових агрегатів. Відомі регламенти технічного обслуговування не враховують реальних умов експлуатації, що обумовлює потребу у міжрегламентному контролі стану оливи, який можливий лише за умов застосування технічних вимірювань і цифрового аналізу параметрів деградації. Метою дослідження є розроблення методики та проведення експериментів для визначення ресурсних показників моторної оливи за зміною її кольору з використанням кольориметричного обладнання, оснащеного елементами мехатронної системи. Дослідження базуються на порівнянні кольору базової оливи та оливи з експлуатаційним наробітком. У роботі використано інструментальні засоби RGB/HSL-кольориметрії та статистичну обробку результатів. Розроблено лабораторну установку на основі мікроконтролера STM32H747XI з фотодатчиком TCS3472, що дозволяє фіксувати зміну кольору оливи та визначати ступінь її деградації в прив'язці до мотогодин роботи двигуна. Калібрування проведено між еталонним станом та граничними значеннями, що відповідають повному сервісному інтервалу. Дослідження моторної оливи VAG Special G 5W-40 (двигун BSE) протягом 400 мотогодин показали стабільну функціональну залежність насиченості домішками від наробітку. Середні значення зростання забруднення підтверджують достовірний кореляційний зв'язок між зміною кольору та фактичним зносом елементів тертя. Застосування запропонованої методики забезпечує можливість міжрегламентного контролю стану моторної оливи та прогнозування моменту її заміни з урахуванням реальних умов експлуатації. Практична значущість роботи полягає у підвищенні надійності ДВЗ, зниженні витрат на технічне обслуговування та запобіганні передчасним відмовам обладнання. Запропонована мехатронна кольориметрична система може бути інтегрована у сервісні центри та систему точного землеробства як елемент цифрової діагностики технічного стану машин.

Ключові слова: моторна олива, деградація оливи, мехатроніка, знос деталей, міжрегламентне обслуговування.

Бібліографічний опис для цитування: Падалка В. В., Горбенко О. В., Іванов О. М., Чуamak М. В. Мехатронна кольориметрична система вимірювань експлуатаційної деградації моторної оливи як засіб підвищення надійності автотранспортних засобів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (4). С. 215–220.

Introduction

Mechanized technologies in the agricultural sector rely on the intensive use of internal combustion engines, which serve as the basis for the operation of tractors, motor vehicles, and self-propelled harvesting machines. The efficiency and stability of agricultural production directly depend on the performance of power units, their ability to perform technological operations without failures, as well as on the cost of maintenance and repair services. Studies conducted in most regions of Ukraine [1–3] confirm the need to modernize the machine and tractor fleet and to implement advanced systems for monitoring the technical condition of equipment. This will contribute to the reduction of emergency repairs and financial losses for agricultural enterprises.

One of the key factors determining the reliability and durability of internal combustion engines (ICEs) is the quality of fuel and lubricants. It has been established that the use of low-quality fuel can reduce the failure-free service life of machinery by up to 70 %, resulting in premature wear of fuel and lubrication system components, higher service costs, and the need for major overhauls [4]. Numerous research works [5–7] present the results of a correlation analysis between the physicochemical properties of fuel and the operational performance of ICEs, the wear intensity of friction elements, and the environmental characteristics of exhaust gases. Researchers propose methods for monitoring the composition of the air-fuel mixture, controlling combustion regimes, and diagnosing fuel system components to improve the overall efficiency of the engine [8, 9].

However, fuel quality is only one component of the operational reliability of power units. An equally important factor is engine oil, which ensures heat dissipation, friction reduction, clearance compensation, and prevention of dry contact between working surfaces. It is well known that during operation, the oil undergoes degradation, accumulating oxidation products, abrasive particles, soot, and contaminants that significantly reduce its functional properties [10, 11]. The deterioration of lubricating characteristics leads to increased wear of friction assemblies, loss of compression, partial seizure of components, and uncontrolled temperature rise, which accelerates engine failure.

From a scientific perspective, the operational degradation of engine oil can be assessed by changes in its color, which reflects the accumulation of mechanical impurities and products of incomplete fuel oxidation [12, 13]. The main sources of contamination include: metal micro-particles (chips) generated by precision friction pairs; sulfur, ash, bitumen, and resinous compounds derived from diesel fuel; fuel vapors penetrating the lubrication system through piston rings; and products of exhaust gas recirculation.

In agricultural machinery, the operating conditions of internal combustion engines are classified as particularly harsh: high air dustiness, fluctuating loads, frequent engine starts, and prolonged idle operation. These factors increase the stress on the lubrication system and necessitate a well-founded determination of oil replacement intervals. Existing maintenance regulations

do not consider real-world operating conditions; therefore, there is a need for inter-service monitoring of oil condition, which can only be implemented through technical measurements and digital analysis of degradation parameters [14].

Image processing technology based on video offers an innovative approach for extracting dynamic characteristics and has already been successfully applied in such fields as medical diagnostics, robotic vision, and intelligent transportation systems. In particular, for wear analysis, video recording is valuable as it prevents particle adhesion (agglomeration) during motion, enabling accurate extraction of the characteristics of individual wear particles. Although particle movement may cause image blurring, color information can be restored using image color enhancement techniques. As reported in studies [15, 16], an online image processing system was used to obtain video footage of moving wear particles in lubricant. Specialized preprocessing methods, including motion blur restoration, were employed to effectively isolate the particles prior to color extraction. Real-time monitoring of oxidative wear confirmed the system's practical applicability for early detection and assessment of wear progression in operating equipment.

Currently, the development of a mechatronic system for determining operational changes in engine oil color is a relevant research direction. Such a system would enable the diagnosis of oil service life in engine hours, detection of critical contamination levels, prediction of replacement feasibility, and optimization of maintenance schedules.

Therefore, the main objective of this study is to develop a methodology for resource analysis of engine oil using elements of a mechatronic colorimetric measurement system, which will enhance the reliability of motor vehicles and provide a scientific basis for inter-service maintenance intervals.

The aim of the study

The aim of the study is to develop a scientifically grounded methodology and conduct experimental and comparative research to evaluate the resource indicators of engine oil in the lubrication systems of internal combustion engines using laboratory equipment equipped with elements of a mechatronic system for technical measurements.

To achieve this objective, the following scientific and applied tasks must be addressed:

1. To perform an analysis of existing designs, technical solutions, and scientific studies aimed at determining the operational properties of engine oils based on their color as an indicator of degradation and contaminant accumulation.
2. To develop a laboratory setup for resource analysis of engine oil through instrumental determination of its colorimetric parameters using elements of a mechatronic system.
3. To establish a calibration methodology for the laboratory setup and conduct experimental research with reference to the operating modes of internal combustion engines and the oil service intervals.
4. To justify practical recommendations regarding the application of the laboratory setup for inter-service

diagnostics of engine oil under service and maintenance conditions of motor vehicles.

Materials and methods

The methodology of comparative studies of the physicochemical characteristics of engine oil in internal combustion engine (ICE) lubrication systems is based on the analysis of color changes during operation. For this purpose, the color of the fresh (baseline) oil at the start of operation is compared with the color of the oil after the accumulation of operational service life.

1. Color evaluation as an indicator of engine oil condition

Oil color is considered an important indicator of its quality because it: is the first visible sign of change observed by the operator; may reflect the degree of purification and level of contamination; indicates the presence of mechanical impurities, oxidation products, and fuel residues.

However, color is not a universal criterion for assessing the quality of a lubricant; therefore, its use as a resource-forming indicator (oil service life) requires justification and a standardized measurement methodology.

To enable high-precision determination of liquid color, the following methods are commonly used:

1. Spectrophotometric method – measures light absorption across the entire visible spectrum and constructs a spectral curve (a “color signature”), ensuring high accuracy in color identification and comparison.

2. Colorimetric method – measures light intensity at predefined wavelengths to rapidly determine the concentration of substances based on color depth.

3. Visual comparison – compares a sample with standardized reference scales under regulated lighting conditions.

For standardized measurement of liquids with different transparency levels, specialized color scales are applied: Hazen scale (APHA/Pt-Co) [17] – for evaluating the yellow color intensity of petroleum products and solvents; Gardner scale [17] – for assessing the color of light and yellow-brown liquids (oil, resins, varnish); Saybolt scale [18] – for characterizing very light petroleum products; ASTM D1500 scale [18] – for determining the color of fuel oil, diesel, and lubricants.

In this study, the emphasis is placed on instrumental color determination followed by mathematical conversion into resource indicators of engine oil.

2. Use of the RGB color model and digital methods

To obtain a quantitative description of color, an additive RGB model [19] is applied, where color is formed by combining three fundamental components of light: R – Red, G – Green, and B – Blue.

The total color intensity can be formally expressed as a vector equation:

$$C = rR + gG + bB, \quad (1)$$

where C is the resulting color intensity;

R, G, B are the basic components;

r, g, b are the coefficients of their intensity (saturation).

Considering the characteristics of human visual perception, gamma correction is applied in digital systems to ensure a more adequate correspondence between the physical light intensity and the perceived brightness. The processing of the obtained digital data (including linear and nonlinear transformations) is carried out using methods of digital signal and image processing.

3. Color Measurement Equipment

There is a range of portable color measurement devices used in industry for quality control. One example is the LUTRON RGB-1002 analyzer, which can determine the color of samples in both the RGB and HSL color systems, perform calibration based on a reference sample, and transfer data to a PC via the RS232 interface.

Within this study, a specially designed laboratory setup (Fig. 1) was used to determine the relative indicators of mechanical impurity content in engine oils (and other technical fluids).

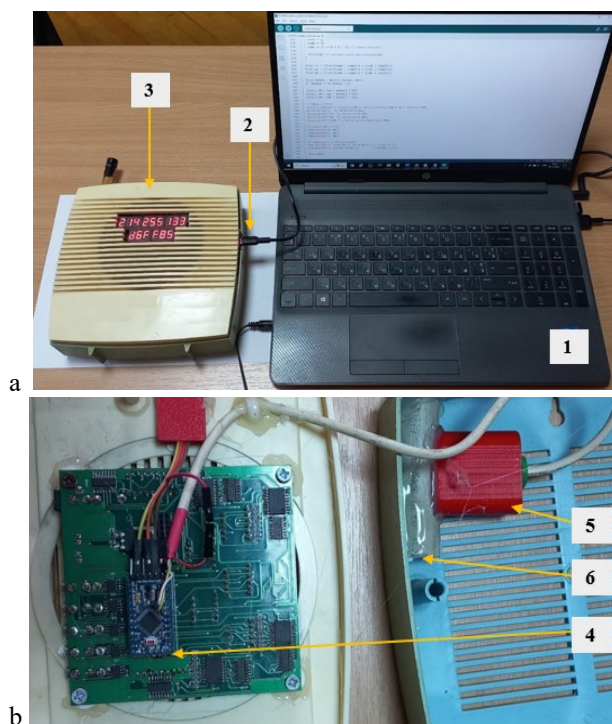


Fig. 1. Laboratory setup for determining impurities in engine oils:

- a) general view of the setup; b) internal view of the setup.
 1 – personal computer; 2 – special cable; 3 – measuring instrument; 4 – controller; 5 – color converter; 6 – sample under investigation.

Oil samples are stored in sealed test tubes (Fig. 3). The following samples were used for calibration:

- transparent reference sample (colorless sample) (Fig. 2a);
- fresh engine oil without operating hours (0 engine hours) (Fig. 2b, c);
- engine oil after reaching the limit service life of the engine (400 engine hours, equivalent to ≈15.000 km of vehicle mileage) (Fig. 2d).

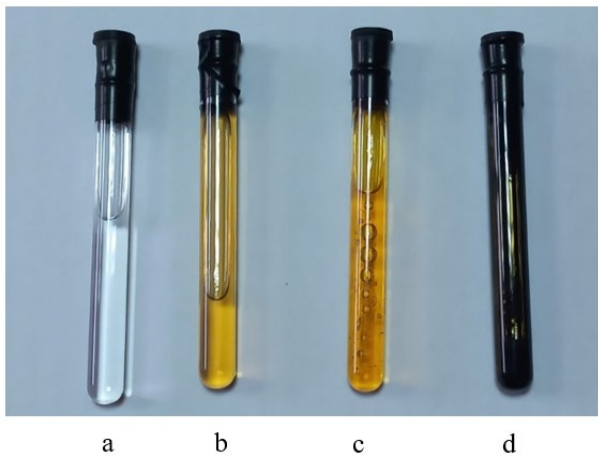


Fig. 2. Samples of the tested fluids:

a – transparent reference sample; b, c – baseline engine oil without operating hours; d – engine oil after the limit service life of the engine.

4. Software and Processing Algorithm

The laboratory software consists of two logical modules:

1. Color Measurement Module, which provides: signal acquisition from the TCS3472 sensor; conversion of raw data into encoded RGB and HSL formats; visualization of the results on a PC screen; data logging for further analysis.

2. Resource Analysis Module – implemented in Microsoft Excel. It performs: mathematical conversion of encoded color parameters into the oil service-life indicator; calculation of the relative impurity saturation level; generation of recommendations regarding the necessity of oil replacement.

The algorithm is designed to compare the color intensity of the tested sample with that of the reference samples (fresh oil and oil with the limit service life), allowing the formation of a correspondence matrix between color and contamination level.

5. Research Procedure

The experimental methodology consists of two main stages:

1) Calibration of the measuring system. The objective of calibration is to establish the boundary range of engine oil color change – from the initial (reference) state to the state of maximum operational contamination with mechanical impurities. For this purpose: the RGB and

HSL color parameters of fresh, unused oil are measured; the corresponding parameters of oil after the limit operating time (400 engine hours) are measured; the obtained values are entered into a specially designed Microsoft Excel spreadsheet, which serves as the basis for constructing a transition scale from “clean” to “contaminated” oil.

2) Practical determination of engine oil condition. Measurements are carried out at specific stages of equipment operation, taking into account load modes, operating conditions, and fuel quality [20].

The oil sample is collected through the dipstick port and placed into the holder of the laboratory device. After data acquisition, the values are entered into the electronic spreadsheet, where the program calculates the relative impurity saturation. Based on this, the system generates a recommendation: continue operation, or perform oil replacement.

The impurity saturation is described by the following functional dependence:

$$H = f(\lambda), \quad (2)$$

where H is the impurity saturation relative to the maximum operational service life, %;

λ is the engine operating time, measured in engine hours.

Thus, the developed methodology enables the correlation of the oil’s colorimetric parameters with its resource indicators and allows the obtained dependencies to be applied for diagnosing the condition of the lubricant under actual operating conditions.

Results and discussion

The experimental studies were carried out using VAG Special G 5W-40 engine oil, which was operated in a BSE engine of a 2012 Skoda A5 vehicle. Each measurement was performed in four replications, and the operating range of the engine oil reached up to 400 engine hours, corresponding to approximately 15.000 km of inter-service mileage.

Based on the obtained results, the values of the relative impurity saturation (H) of the engine oil were determined depending on the engine operating time. The summarized results are presented in **Table 1**.

Table 1

Relative impurity saturation of engine oil (H, %)

Engine operating time, h	0	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400
Relative impurity saturation, %											
Experiment 1	2.6	3.85	3.45	5.84	8.97	12.58	20.25	35.25	54	80	100
Experiment 2	2.7	3.88	3.39	5.9	8.9	12.59	20.2	35.2	54	81	99
Experiment 3	2.55	3.79	3.42	5.91	8.91	12.54	20.8	35.3	54.8	82	100
Experiment 4	2.59	3.85	3.49	5.69	9.1	12.6	19.8	35.25	53.8	79	100
Average value	2.61	3.84	3.43	5.83	8.97	12.57	20.26	35.25	54.15	80.5	100

A change in the color of engine oil demonstrates a stable exponential trend, indicating the gradual accumulation of mechanical impurities and wear products. A particularly sharp increase in impurity saturation is observed after 200–240 engine hours, which corresponds to a critical transition zone, where

irreversible changes in the structure of the lubricating layer begin to occur.

Based on statistical data processing, a functional dependence was established (**Fig. 3**), which describes the color-based degradation of the lubricant: $H = 1,4065 \cdot e^{0.3913\lambda}$.

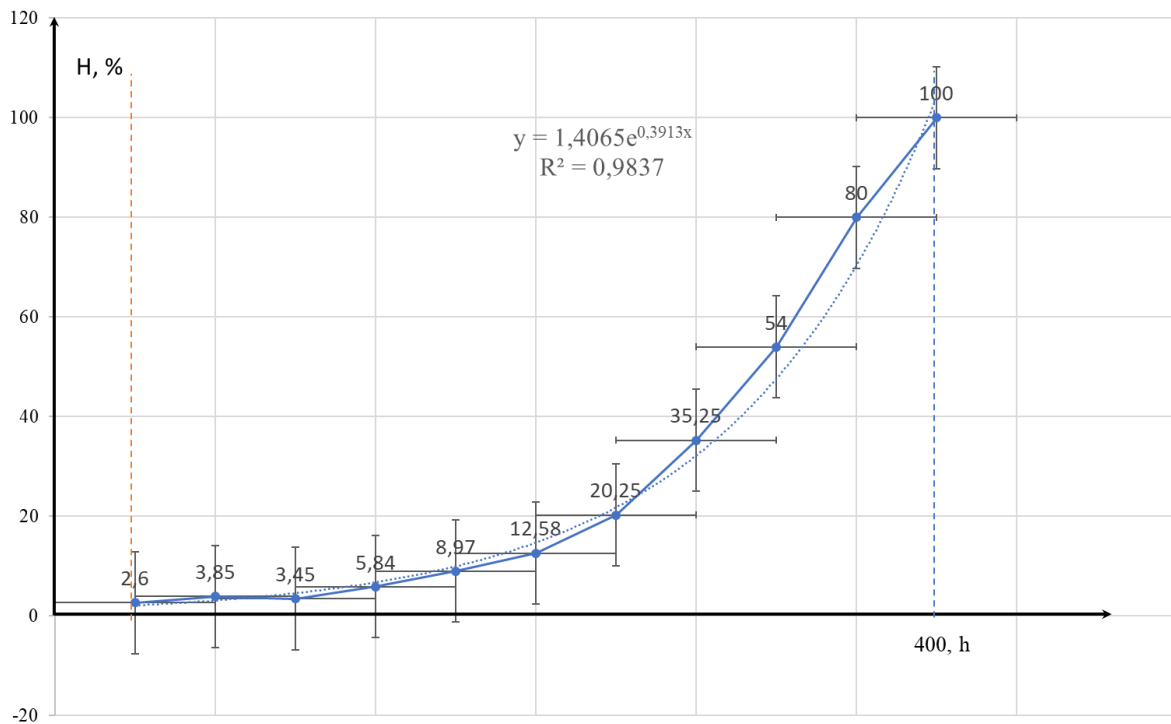


Fig. 3. Graph of impurity saturation in engine oil based on experimental data as a function of ICE operating time under real operating conditions.

The obtained dependence shows that when the operating time exceeds 360–400 engine hours, the lubricant reaches 100 % conditional contamination, which justifies the need for oil replacement regardless of the standard service schedule.

The accuracy of the conducted measurements complies with the general requirements for experimental research, confirms the reproducibility of the results, and allows the obtained data to be used for practical diagnostics of lubricant condition.

To implement the proposed methodology under production conditions, it is advisable to introduce periodic sampling of engine oil and its analysis using the mechatronic laboratory system. This approach enables:

- accounting for real operating conditions;
- evaluation of fuel and lubricant quality;
- monitoring the degree of component wear;
- determining the feasibility of inter-service maintenance;
- preventing engine failures;
- increasing the failure-free operational life of motor vehicles.

Thus, the proposed method may serve as the basis for an applied diagnostic system for ICE condition and as an element of a service-oriented mechatronic system for technical operation support.

Conclusions

1. It has been established that engine oil color can be applied as an informative diagnostic parameter that correlates with the intensity of lubricant degradation and the operating time of the internal combustion engine. The application of a colorimetric approach is appropriate for inter-service monitoring of the technical condition of machinery.

2. A laboratory mechatronic setup has been developed for assessing the contamination level of engine oil and determining its conditional service life in engine hours. It ensures digital color measurement in RGB and HSL systems, automated data processing, and the generation of operational recommendations regarding the feasibility of oil replacement.

3. Based on the experimental results, a consistent exponential trend of lubricant degradation was identified, confirming a clear dependence between oil color and contamination with mechanical impurities. The obtained data are reproducible and comply with the requirements for experimental research.

4. The proposed method for determining engine oil condition based on color allows for consideration of real operating conditions, fuel quality, ICE operating modes, and loading – which cannot be achieved when relying solely on standard service regulations. This opens the possibility of optimizing maintenance schedules.

5. The practical implementation of the methodology under production conditions enables the reduction of component and assembly wear within the ICE, improves the reliability and failure-free operation of vehicles, facilitates inter-service monitoring of technical condition, and reduces repair and maintenance costs.

6. Scientific prerequisites have been formed for the development of mechatronic systems for service diagnostics of technical fluids, which may form the basis for creating intelligent monitoring systems for motor vehicles and agricultural machinery.





Conflict of interest

The author (s) state that there is no conflict of interest.

References

1. Burlaka, O. A., Yakhin, S. V., Padalka, V. V., & Burlaka, A. O. (2021). 100 tons per hour, what is next? Let us compare and analyze characteristics of the latest models of highly productive combine harvesters. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 274–288. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.34>
2. Padalka, V., Burlaka, O., Kelemesh, A., & Rozhko, I. (2024). Grain harvesting combiners' use in Poltava region: Analysis and forecasts. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 164–169. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.28>
3. Bilovod, O., Padalka, V., & Burlaka, O. (2023). Update of the tractor park of the Poltava region, analysis and perspectives. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, 53, 186–196. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.186-196>
4. Burlaka, O. A., Gorbenko, O. V., Kelemesh, A. O., & Burlaka, A. O. (2021). Researching reliability of work of grain harvesters' transport systems elements. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 258–264. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.32>
5. Tamilselvan, P., Nallusamy, N., & Sundararajan, R. (2017). A comprehensive review on performance, combustion and emission characteristics of biodiesel-fuelled diesel engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1134–1159. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.176>
6. Mofijur, M., Rasul, M. G., Hyde, J., Azad, K., Mamat, R., & Bhuiya, M. M. K. (2016). Role of biofuel and their binary (diesel–biodiesel) and ternary (ethanol–biodiesel–diesel) blends on internal combustion engines emission reduction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.046>
7. Milojević, S., Savić, S., Marić, D., Stopka, O., Krstić, B., & Stojanović, B. (2022). Correlation between emission and combustion characteristics with the compression ratio and fuel injection timing in tribologically optimized diesel engine. *Tehnički Vjesnik*, 29, 1210–1219. <https://doi.org/10.17559/TV-20211220232130>
8. Zhuravel, D., Samoichuk, K., Petrychenko, S., Bondar, A., Hutsol, T., Kuboń, M., Niemiec, M., Mykhailova, L., Gródek-Szostak, Z., & Sorokin, D. (2022). Modeling of diesel engine fuel systems reliability when operating on biofuels. *Energies*, 15 (5), 1795. <https://doi.org/10.3390/en15051795>
9. Can, Ö. (2014). Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture. *Energy Conversion and Management*, 87, 676–686. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.066>
10. Marchenko, D. D. (2018). Impact of oil purification quality on the engine life of diesel engines in automotive transport. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*, 1 (1), 27–29. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30112018/6220
11. Sun, H., Zheng, Z., Li, J., Li, G., Wang, X., & Yao, M. (2024). Investigation of the effect of injection rate shaping on combustion and emissions in heavy-duty diesel engine under steady and transient conditions. *International Journal of Engine Research*, 25 (8), 1623–1637. <https://doi.org/10.1177/14680874241241562>
12. Jang, J., Lee, Y.-J., Kwon, O., Lee, M., & Kim, J. (2014). The effect of engine oil on particulate matter, emissions and fuel economy in gasoline and diesel vehicle. SAE Technical Paper Series, 1. <https://doi.org/10.4271/2014-01-2837>
13. Ntziachristos, L., Amanatidis, S., Samaras, Z., Janka, K., & Tikkanen, J. (2013). Application of the Pegasor particle sensor for the measurement of mass and particle number emissions. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, 06 (2), 521–531. <https://doi.org/10.4271/2013-01-1561>
14. Smigins, R., Amatnieks, K., Birkavs, A., Górski, K., & Kryshopta, S. (2023). Studies on engine oil degradation characteristics in a field test with passenger cars. *Energies*, 16 (24), 7955. <https://doi.org/10.3390/en16247955>
15. Peng, Y., Wu, T., Wang, S., & Peng, Z. (2015). Oxidation wear monitoring based on the color extraction of on-line wear debris. *Wear*, 332–333, 1151–1157. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2014.12.047>
16. Kumar, A., & Ghosh, S. K. (2016). Oil condition monitoring for HEMM – a case study. *Industrial Lubrication and Tribology*, 68 (6), 718–722. <https://doi.org/10.1108/ilt-09-2015-0124>
17. ASTM International. (2018). *ASTM D1544-04(2018): Standard test method for color of transparent liquids (Gardner color scale)*. Retrieved from: <https://store.astm.org/d1544-04r18.html>
18. ASTM International. (2020). *ASTM D6045-20: Standard test method for color of petroleum products by the automatic tristimulus method*. Retrieved from: <https://store.astm.org/d6045-20.html>
19. Prokopyshyn, I. A., Rykaliuk, R. Ye., Chekurin, V. F., & Chervinka, K. A. (2023). *Fundamentals of information theory and coding (Electronic ed.)*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv.
20. Dmitrikov, V., Dudnikov, I., & Padalka, V. (2018). Recycling of exhaust components of cars and tractors technology and technological machines of agrarian productions. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 149–152. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.23>

ORCID

- V. Padalka  <https://orcid.org/0000-0002-4135-3318>
O. Gorbenko  <https://orcid.org/0000-0003-2473-0801>
O. Ivanov  <https://orcid.org/0000-0002-1761-9913>
M. Chumak  <https://orcid.org/0009-0005-4273-5130>



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

Журнал

«Scientific Progress & Innovations»

Том 28, № 4

2025

Підписано до друку з оригінал-макета 26.12.2025

Тираж 200 прим. Зам. № 4

Ум. друк. арк. 13,79. 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.