

2024

SCIENTIFIC

Progress & Innovations



Vol. 27
Nº2



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 № 10 від 26 червня 2024 року)

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

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

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

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

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

Адреса редакції:

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

UDC 001

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

Founder, Editorial and Publisher:

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

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

Year of foundation: 1998

Language edition:
Ukrainian, English

Recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of Poltava State Agrarian University
(Minutes No. 10 of June 26, 2024)

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

The scientific journal is included in category B of the List of scientific professional publications of Ukraine,
in which the results of thesis papers for Doctor of Sciences, Candidate of Sciences, and Ph.D degrees in agricultural, veterinary, and technical sciences (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 409 of March 17, 2020 and №886 July 02, 2020)

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

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

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

Editorial address:

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

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Голова Редакційної ради

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

Головний редактор

О. О. ГОРБ, к. с.-г. наук, (Україна)

Заступники голови Редакційної ради

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

Т. О. ЧАЙКА, к. екон. наук (Україна)

Заступник головного редактора

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

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

Редакційна колегія з галузі СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО:

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

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

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

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

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

Н. М. ОПАРА, к. с.-г. наук, (Україна)

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

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

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

М. РАЙФУР, док. габ. (Польща)

Т. П. РОМАШКО, к. хім. наук (Україна)

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

А. М. ШОСТЯ, д. с.-г. наук, (Україна)

Редакційна колегія з галузі ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА:

А. А. АНТИПОВ, к. вет. наук (Україна)

В. П. БЕРДНИК, д. вет. н. (Україна)

О. О. БОЙКО, к. біол. наук (Україна)

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

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

Б. П. КИРИЧКО, д. вет. н. (Україна)

Л. М. КОРЧАН, к. вет. наук (Україна)

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

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

С. М. КУЛИНИЧ, д. вет. н. (Україна)

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

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

О. Б. ПРИЙМА, к. вет. наук (Україна)

Редакційна колегія з галузі ТЕХНІЧНІ НАУКИ:

О. В. ГОРИК, д. тех. наук (Україна)

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

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

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

В. М. САКАЛО, к. тех. наук (Україна)

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

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

Члени Ради почесних членів:

А. БРЗОЗОВСКА, д. екон. наук (Польща)

З. ДАЦКО-ПІКІЄВІЧ, док. габ. (Польща)

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

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

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

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

Автор несе відповідальність за фактичний виклад матеріалу.

SCIENTIFIC JOURNAL

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

EDITORIAL BOARD

Chief of Editorial Council

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

Editor-in-chief

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

Deputy Head of Editorial Council

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

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

Deputy Chief Editor

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

MEMBERS OF THE EDITORIAL COUNCIL

Editorial board in the field of AGRICULTURE:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)

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

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

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

Editorial Board in the field of VETERINARY MEDICINE:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Editorial Board in the field of TECHNICAL SCIENCES:

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

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

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

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

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

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

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

Members of Council:

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

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

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

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

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

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

The author is responsible for the factual account of material.

ЗМІСТ

27 (2)

CONTENTS**Сільське господарство.
Рослинництво**

6

**Agriculture.
Plant growing**

Білявська Л. Г. Господарсько-цінні ознаки, їх рівень та кореляційні зв'язки у потомствах гібридних популяцій сої	6	Biliavska L. Economically valuable traits, their level and correlations in the offspring of hybrid soybean populations
Василишина О. В. Вплив якісних показників на зміну забарвлення плодів вишні і черешні	12	Vasylyshyna O. The influence of quality indicators on changes in the color of sour cherry and sweet cherry fruits
Мищенко О. В., Гангур В. В., Даніленко Є. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин в умовах Лівобережного Лісостепу	16	Mishchenko O., Hanhur V., Danilenko Ye. Productivity formation of maize hybrids depending on plant density in the conditions of Left-Bank Forest-Steppe
Кобилінський І. В. Особливості проведення інюкуляції при вирощуванні сої	22	Kobylynskyi I. The peculiarities of inoculation at soybean cultivation
Ритченко А. В., Кулик М. І. Ефективність підживлення насінневих посівів проса прутюподібного	27	Rytchenko A., Kulyk, M. Effectiveness of fertilisation of seed crops of switchgrass
Бараболя О. В. Зберігання зерна в полімерних рукавах як відповідь на виклик воєнного часу в Україні	36	Barabolia O. Grain storage in polymer sleeves as an answer to the challenge of the wartime in Ukraine
Туренко В. П., Олейніков Є. С., Коваленко А. С. Особливості патогенезу септоріозу пшениці ярої в умовах Східної частини Лісостепу України	42	Turenko V., Oleynikov Ye., Kovalenko A. Peculiarities of the pathogenesis of septoriososis of spring wheat in the conditions of the Eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine

Екологія

47

Ecology

Москалюк Б. І., Фельбаба-Клушина Л. М., Мелеш Є. А. Таксономічний аналіз та господарське значення флори урочища Щаул Мармароського масиву (Українські Карпати)	47	Moskaliuk B., Felbaba-Klushyna L., Melesh Ye. Taxonomic analysis and economic significance of the Shchaul tract flora within the Marmaros massif (Ukrainian Carpathians)
Пасенко А. В., Солошич І. О., Дігтяр С. В., Івасенко Ю. Д. Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листяного опаду	54	Pasenko A., Soloshych I., Dihtyar S., Ivasenko Yu. Innovative direction of complex use of waste of yeast production and bio-preparation "Radorod" in the leaf fall composting process

Ветеринарна медицина

61

Veterinary medicine

Суворов Р. С. Особливості перебігу цистоізоспорозу собак в складі мікстинвазій	61	Suvorov R. Characteristics of the course of canine cystisporosis as part of mixtinvasions
Котелевич В. А., Пінський О. В., Гончаренко В. В., Буднік Т. С. Ветеринарно-санітарна оцінка харчових продуктів та продовольчої сировини за показниками якості і безпеки у 2023 році в Житомирській області	66	Kotelevych V., Pinsky O., Honcharenko V., Budnik T. Veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region.
Гаврик Б. А., Мельничук В. В. Клінічний перебіг ктеноцефальної інвазії у котів	73	Havryk B., Melnychuk V. Clinical course of ctenocephalous invasion in cats
Ліщук С. Г., Савчук Л. Б. Радіаційний моніторинг та порівняльний аналіз морфоімунологічних показників крові у корів за тривалої дії малих доз радіонуклідів	78	Lishchuk S., Savchuk L. Radiation monitoring and comparative analysis of morphoimmunological indicators of blood in cows during long-term exposure to small radionuclide doses
Година В. П. Діагностична ефективність методів копроовоскопії за еймеріозу курей	84	Hodyna V. Diagnostic effectiveness of coproovoscopy methods for chicken eimeriosis
Борисевич Б. В., Кручиненко О. В., Передера О. О. Судово-ветеринарне дослідження трупів собак та котів у випадках задушення руками	90	Borysevich B., Kruchynenko O., Peredera O. Forensic veterinary examination of dog and cat corpses in cases of strangulation by hands
Михайлютенко Е. В. Морфологічні показники крові нутрій за трихуросної інвазії	95	Mykhailiutenko E. Morphological indicators of nutria blood during trichurotic invasion
Гаркуша С. Є., Бокотько Р. Р., Кручиненко О. В., Передера О. О. Судово-ветеринарна експертиза загибелі собак та котів від випадків високих температур	99	Harkusha S., Bokotko R., Kruchynenko O., Peredera O. Forensic veterinary examination of the death of dogs and cats from cases of high temperatures
Бокотько Р. Р., Гаркуша С. Є., Кручиненко О. В., Передера О. О. Судово-ветеринарне дослідження за ураження собак, котів та інших тварин електричним струмом	105	Bokotko R., Harkusha S., Kruchynenko O., Peredera O. Forensic veterinary examination of defeat of the dogs, cats and other animals as a result of electric shock
Борисевич Б. В., Кручиненко О. В., Передера О. О. До питання судово-експертного дослідження трупів собак і котів, загиблих внаслідок падіння з висоти	111	Borysevich B., Kruchynenko O., Peredera O. On the issue of forensic examination of the corpses of dogs and cats killed as a result of falling from a height
Кітченко А. С., Мельничук В. В. Поширення нематодозів травного тракту в собак на території міста Харків	117	Kitchenko A., Melnychuk V. Distribution of digestive tract nematodes in dogs in the territory of the city of Kharkiv

Труханович Т. С., Перкій Ю. Б. Вплив розробленого засобу «Санскін» на мікрофлору шкіри дійок вимені корів	122	Trukhanovych T., Perkiy Yu. Influence of the developed agent "Sanskin" on the microflora of the skin of cow udder teats.
Мележик А. В., Дмитренко Н. І., Корчан Л. М., Замазій А. А. Особливості перебігу отодектозу в складі мікстинвазій собак і котів	128	Melezhyk A., Korchan L., Dmitrenko N., Zamaziy A. Features of the course of otodectosis in mixtinvasions of dogs and cats
Погорелова Г. М. Біохімічні показники сироватки крові собак за токсокарозної інвазії	133	Pohorelova H. Biochemical indicators of blood serum of dogs during toxocarous invasions
Гаркуша С. Є., Бокотько Р. Р., Кручиненко О. В., Передера О. О. Особливості судово-ветеринарної експертизи у випадках переохолодження та обмороження в собак і котів	138	Harkusha S., Bokotko R., Kruchynenko O., Peredera O. Features of forensic veterinary examination in cases of hypothermia and frostbite in dogs and cats
Нікітан А. Д., Мельничук В. В. Особливості перебігу дипілідіозу в собак залежно від показників інтенсивності інвазії	143	Nikitani A., Melnychuk V. Peculiarities of the course of dipylidiosis in dogs depending on the intensity of infestation
Технічні науки	148	Technical sciences
Пятак М. Г., Падалка В. В. Дослідження фізико-механічних властивостей рослинних плодів на прикладі горіха волоського	148	Pyatak M., Padalka V. Study of physical and mechanical properties of plant fruits on the example of walnut
Петров С. В., Бондаренко С. Г., Рошанпур Ш. Плазмово активована вода у зростанні та розвитку рослин	154	Petrov S., Bondarenko S., Roshanpour Sh. Plasma activated water in plant growth and development
Падалка В. В., Бурлака О. А., Келемеш А. О., Рожко І. І. Використання зернозбиральних комбайнів в Полтавській області. Аналіз та прогнози	164	Padalka V., Burlaka O., Kelemesh A., Rozhko I. Grain harvesting combiners' use in Poltava region. Analysis and forecasts

Economically valuable traits, their level and correlations in the offspring of hybrid soybean populations

L. Biliavska✉

Article info

Correspondence Author
L. Biliavska
E-mail:
bilyavska@ukr.net

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

Citation: Biliavska, L. (2024). Economically valuable traits, their level and correlations in the offspring of hybrid soybean populations. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 6–11. doi: 10.31210/spi2024.27.02.01

The article presents the level of economically valuable traits and correlations in the offspring of different hybrid soybean populations. The development of varieties using soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) source material with high genetic yield potential and adaptive properties requires the use of modern breeding methods with an appropriate level of economically valuable traits. Modern methods of evaluation and selection of breeding samples make it possible to control economically valuable traits and their manifestation. The created F₁ hybrids, as the initial forms of hybrid populations, differ in productivity and the yield structure elements that determine it. The breeding process is aimed at searching for heterotic forms by means of genetic determination of selectively significant traits and revealing their genotypic structure of variability. The aim of our research was to determine the economically valuable traits and correlations between them in the offspring of hybrid soybean populations. Field experiments were conducted (2006–2019) in the experimental field of Poltava State Agrarian Academy. Soil was podzolic chernozem, predecessor was winter wheat. The research object was F₁ hybrid combinations. The test varieties were Ametyst and Almaz, which are the most adapted to the Poltava region. Five varieties were studied, which, due to their high yields, have a more expressed value of the productivity components (number of beans, number of nodes, number of seeds, weight of 1000 seeds, weight of seeds per plant) – these are Ukrainian varieties: Ahat, Romantyka, Krasa Podillia, Altair and the Chinese variety Miao-yang-dou. In the offspring, plants with high values of economically valuable traits were identified, which were 2–5 times higher than the average population value (height of the lower bean, number of branches on the plant, weight of beans with seeds, weight of 1000 seeds, number of seeds per plant). They made up the selection group in the following generations. The correlations, their strength and direction between the traits that significantly affect plant productivity were revealed. The identified patterns made it possible to carry out targeted breeding to improve soybean plant productivity traits in the offspring of the intervarietal hybrids Ametyst/Krasa Podillia and Bravella/Bilosnezhka/Altair. Breeding groups were created on the basis of the best plants, which served as the source material for further breeding.

Keywords: soybean, hybrid, genotype, trait, selection, structural elements, crossing, combinational ability, hybridisation

Господарсько-цінні ознаки, їх рівень та кореляційні зв'язки у потомствах гібридних популяцій сої

Л. Г. Білявська

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено рівень господарсько-цінних ознак і кореляційні зв'язки у потомствах різних гібридних популяцій сої. Створення сортів із залученням вихідного матеріалу сої (*Glycine max.* (L.) Merr.) з високим генетичним потенціалом урожайності та адаптивними властивостями потребує використання сучасних методів селекції з відповідним рівнем господарсько-цінних ознак. Сучасні методи оцінки і добору селекційних зразків дозволяють контролювати господарсько-цінні ознаки та їх прояв. Створені гібриди F₁, як вихідні форми гібридних популяцій відрізняються продуктивністю і визначальними її елементами структури врожаю. Селекційний процес спрямований на пошук гетерозисних форм з використанням генетичної детермінації селекційно-значущих ознак і визначенням їх генотипової структури мінливості. Метою наших досліджень було визначення господарсько-цінних ознак та кореляційних зв'язків між ними у потомстві гібридних популяцій сої. Польові дослідження проводили (2006–2019 рр.) на дослідному полі Полтавської державної аграрної академії. Ґрунт – чорнозем опідзолений, попередник – пшениця озима. Об'єкт досліджень – гібридні комбінації F₁. Тестерами були сорти Аметист і Алмаз, які найбільш пристосовані до умов Полтавщини. Досліджували п'ять сортів, які за високого рівня урожайності є носіями більш вираженого значення складових елементів продуктивності (кількість бобів, кількість вузлів, кількість насіння, маса 1000 насіння, маса насіння з рослини) – це українські сорти: Агат, Романтика, Краса Поділля, Альтаір та китайський – Мяо-ян-доу. У потомстві відокремлені рослини з високим значенням господарсько-цінних ознак, які у 2–5 разів перевищували середньо популяційне значення (висота нижнього бобу, кількість на рослині гілок, маса бобів з насінням, маса 1000 насіння, кількість насіння з рослини), які становили групу добору у наступних поколіннях. Визначена кореляційна залежність, їх сила і направленість між ознаками, які істотно впливають на продуктивність рослини. Виявлені закономірності дозволяють цілеспрямовано вести селекцію на покращення ознак продуктивності рослин сої у потомстві міжсорткових гібридів Аметист / Краса Поділля, Bravella / Білоснежка / Альтаір. На основі кращих рослин створено групи добору, які слугували вихідним матеріалом для подальших селекційних доборів.

Ключові слова: соя, гібрид, генотип, ознака, добір, елементи структури, схрещування, комбінаційна здатність, гібридизація

Бібліографічний опис для цитування: Білявська Л. Г. Господарсько-цінні ознаки, їх рівень та кореляційні зв'язки у потомствах гібридних популяцій сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 6–11.

Вступ

Одним із важливих завдань в селекційних дослідженнях з сої (*Glycine max. (L.) Merr.*) є пошук генотипів, в яких присутній комплекс господарсько-цінних ознак, які повинні забезпечувати високу продуктивність культури [1–6]. Проте, застосувати його можливо лише за умови знання генетичного контролю господарсько-цінних ознак та застосування сучасних методів оцінки і ефективного добору селекційних зразків [7–9]. Гібриди F₁, як вихідні форми гібридних популяцій для послідовних доборів в них трансгресивних форм повинні бути цілеспрямованими та ефективними. При цьому, високий ефект гетерозису у гібридів сої 1-го покоління за продуктивністю і визначальними її елементами структури врожаю корелює з високим ступенем і частотою трансгресій в наступних поколіннях [10–11]. Ефективний напрям селекційного процесу – використання гетерозисних форм, які зумовлюють можливу генетичну детермінацію селекційно-значущих ознак, за умови їх генотипової структури мінливості [12–16].

Мета дослідження

Мета досліджень – визначення господарсько-цінних ознак та кореляційних зв'язків між ними у потомстві гібридних популяцій сої.

Матеріали і методи

Польові дослідження проводили в 2006–2019 рр. у селекційній сівозміні (с. Бричківка, Полтавський район, Полтавський державний аграрний університет МОН України. Ґрунт – чорнозем опідзолений, попередник – пшениця озима.

Об'єкт досліджень – гібридні комбінації (F₁), що створені від схрещувань цінних сортів сої різного еколого-географічного походження. Тестерами слугували сорти Аметист і Алмаз. Вони найбільш пристосовані до умов Полтавщини, так як їх створення проводилося в різних кліматичних умовах (на межі Степу та Лісостепу, різних типах ґрунтів з показниками рН від 5,2 до 6,5 та недостатньою кількістю опадів). Досліджували п'ять сортів із високим рівнем врожайності. Вони визначені як носії важливих складових елементів продуктивності (кількісні показники). Це українські сорти: Романтика, Краса Поділля, Агат, Альтаїр та китайський – Мяо-ян-доу. У парні схрещування, в ролі материнської форми, було залучено сорт Аметист, який за рахунок посухостійкості, високої стійкості проти різкого коливання температур протягом доби та фотоперіодичної нейтральності формує стабільно високу урожайність високої якості протягом усіх років досліджень. У ролі батьківської форми використовувався сорт Краса Поділля, який відрізнявся холодостійкістю, підвищеною кількістю насіння та бобів на рослині. Основні генетичні характеристики потомства Аметист × Краса Поділля вивчали за 16 ознаками.

Посів гібридного розсадника проводили вручну у першій декаді травня. Ширина міжрядь – 45 см. У рядку, відстань між рослинами – 10 см. Площа ділянки – 2,25 м². Здійснювали фенологічні спостереження, аналіз елементів структури врожаю за Широким уніфікованим класифікатором роду *Glycine max.* [17] та Методикою «Проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур» [18–19]. Стандартом слугував сорт Юг-30. Математичну обробку експериментальних даних проводили на основі методів визначення комбінаційної здатності [20] за кількісними показниками (висота рослини, висота прикріплення нижнього бобу, кількість на рослині гілок, кількість вузлів на головному стеблі, кількість вузлів на гілках, кількість бобів на рослині, кількість насінин з рослини, маса насінин з рослини, маса 1000 насінин.

Результати та їх обговорення

Міжсортowa гібридизація спеціально підібраних батьківських форм є основним методом створення вихідного матеріалу сої. У міжсортowych гібридів поєднується генетичний матеріал, що відрізняється за низкою ознак. Тому, у потомствах можна очікувати виділення унікальних ліній із поєднанням корисних господарсько-цінних ознак. Кращі результати дають схрещування у тому випадку, коли батьківські форми відрізняються між собою географічно, філогенетичне, елементами продуктивності та морфологічними ознаками. У таких гібридних популяціях можна з більшою імовірністю виділити трансгресивні форми. Також можна очікувати і виникнення нових ознак і властивостей, які не зустрічаються у батьківських форм. Це відбувається в наслідок того, що гени компонентів схрещування можуть діяти комплементарно [21]. Нами, у парні схрещування було введено сорт Аметист. Сорт відрізняється високою посухо-стійкістю, стійкістю проти коливання температур протягом доби та фотоперіодичної нейтральності. Цей сорт формує стабільно високу урожайність високої якості. Характеризується стійкістю до розтріскування бобів, через що й був залучений до гібридизації як материнська форма. Сорт Краса Поділля відрізняється холодостійкістю, підвищеною кількістю насіння та бобів на рослині. Вивчали основні генетичні характеристики у потомстві Аметист/Краса Поділля за 17 ознаками. Основні господарсько-цінні ознаки наведено в **таблиці 1**.

Висота рослини, яка обумовлена генотиповими та паратиповими чинниками й має полігенний контроль [22] була на рівні 89,5 см, довірчий інтервал – 89,8÷89,2 см. Модальний клас становив 80,0 см. Розподіл емпіричних значень, одержаних у дослідях, наближався до нормального.

Показник висота кріплення нижнього бобу характеризується низьким рівнем модифікаційного варіювання і має високі коефіцієнти успадкування [23].

Таблиця 1

Рівень господарсько-цінних ознак в потомстві гібридів сої Аметист / Краса Поділля і їх генетична характеристика

Ознаки рослин	Статистичні показники							
	середнє значення	дисперсія	середньо квадратичне відхилення	довірчий інтервал 95%	медіана	мода	ексцес	асиметрія
Висота рослин, см	89,6	174,1	13,2	0,3	89,0	80,0	0,3	0,1
Висота прикріплення нижнього бобу, см	9,7	17,4	4,2	0,3	10,0	10,0	3,7	1,3
Товщина стебла в нижній частині, мм	8,5	2,4	1,6	0,1	8,0	8,0	-0,1	0,4
Товщина стебла в середній частині, мм	5,2	0,5	0,7	0,0	5,0	5,0	0,6	0,3
Кількість гілок на рослині, шт.	2,7	3,6	1,9	0,1	2,0	1,0	0,8	1,0
Кількість вузлів на головному стеблі, шт.	12,5	3,2	1,8	0,1	12,0	12,0	0,2	0,2
Кількість вузлів на гілках, шт.	13,8	101,7	10,1	0,6	11,0	7,0	1,5	1,1
Кількість бобів на головному стеблі, шт.	34,8	96,1	9,8	0,6	34,0	27,0	0,2	0,6
Кількість бобів на гілках, шт.	26,2	497,8	22,3	1,4	20,0	0,0	2,8	1,4
Кількість бобів на рослині, шт.	61,0	720,2	26,8	1,6	55,0	45,0	1,4	1,1
Кількість пустих бобів, шт.	2,7	5,8	2,4	0,2	2,0	2,0	11,5	2,1
Маса рослини, г	41,2	381,2	19,5	1,2	36,0	28,0	2,5	1,3
Маса бобів з насіння, г	28,5	195,0	14,0	0,9	25,0	23,0	1,7	1,1
Мас насіння, г	19,6	96,0	9,8	0,6	17,0	9,0	2,2	1,2
Маса 1000 шт., г	151,0	631,8	25,1	1,5	146,5	142,9	7,6	1,8
Кількість насінин з рослини, шт.	128,4	3181,5	56,4	3,4	117,0	100,0	1,3	1,0
Збиральний індекс	0,5	0,0	0,1	0,0	0,5	0,5	22,6	2,2

За нашими даними, цей показник був не дуже високим (+ 9,7) з довірчим інтервалом $9,9 \div 9,4$ см. З медіаною і модальним класом 10,0 см. За цією ознакою розподіл значень окремих рослин суттєво відрізнявся від теоретичного, оскільки була явно виражена правостороння асиметрія (+ 1,3). Коефіцієнт ексцесії характеризував пік (+ 3,7) в порівнянні з розміщенням найбільш високої частини кривої нормального статистичного розподілу. Неадитивним ефектам належить найбільший внесок (64,4 %) у мінливість кількісної ознаки «висота кріплення нижнього бобу». Одночасно, внесок адитивних ефектів цих сортів і тестерів був майже однаковим (17,2 і 18,4 %). Визначення ефектів комбінаційної здатності показало, що найбільш генетично цінним за ознакою «висота кріплення нижнього бобу» був сорт Альтаір (ефект ЗКЗ – 1,3) за $HP_{05} = 1,0$. Також, сорт Альтаір вирізнявся й у специфічній комбінації з тестером І (Аметист). Так, СКЗ цієї комбінації була істотно високою (+3,1).

Товщина стебла в нижній частині характеризувалася значенням 8,5 мм. Ознака дуже корисна та цінна тим, рослина досить стійка проти вилягання. З довірчим інтервалом $8,5 \div 8,4$ мм. Розподіл у експериментальній популяції був близьким до нормального, оскільки коефіцієнт асиметрії хоч і зміщував розподіл вліво, все ж він був незначним ($A = +0,4$). Ексцес характеризувався незначним провалом ($E = -0,1$).

Логічно, що товщина стебла у середній частині була меншою ніж у нижньої та склала 5,2 мм, проте розподіл емпіричних значень був зміщений вправо (+ 0,34) з ексцесом в + 0,6 порівняно із нормальним статистичним розподілом.

Кількість на рослині гілок в середньому по потомству становила 2,7, проте у потомстві зустрічалися рослини з великою кількістю гілок (11 шт.).

Ця ознака була мало мінливою, оскільки $V = 3,6$ %. Асиметрія – правостороння ($A = 0,99$), а ексцес мав пік: $E = 0,8$. Встановлено, що у більшості випадків, коефіцієнт успадкування кількості на рослині гілок є середнім, проте зустрічаються гібридні комбінації з високими (більше 0,5). Аналіз структури генотипової мінливості ознаки «кількість на рослині гілок» показав переважаючий вплив неадитивних ефектів (52,2 %). Проте достовірні відхилення від середньо популяційної у бік збільшення мала комбінація Альтаір/Алмаз (+2,5, або 44,3 %), а в бік зниження – комбінація Альтаір/Аметист (-3,5–63,9 %).

Кількість бобів (стебло) – ознака теж значно варіабельна ($V = 96$ %). Середнє значення цього показника у потомстві становило 34,8 шт. з довірчим інтервалом $34,2 \div 35,4$, причому емпіричний розподіл наближався до нормального, оскільки значення коефіцієнту асиметрії ексцесу було незначним – відповідно 0,6 і 0,2.

Кількість бобів (гілки) – середньо популяційне значення становило 26,2 з довірчим інтервалом $24,8 \div 27,5$ шт. У потомстві зустрічалися рослини із високими показниками цієї ознаки – 149 шт., тому ця ознака також належала до високо мінливих. Розподіл експериментально отриманих значень характеризувався правосторонньою асиметрією ($A = 1,44$) зі змищенням по центру в порівнянні з найбільш високої частиною кривої нормального статистичного розподілу ($E = 2,8$).

Кількість бобів з рослини – це елемент структури врожаю, знання генетичного контролю якого дозволить створювати сорти з високим потенціалом продуктивності, оскільки ці ознаки мають високий позитивний коефіцієнт кореляції ($r = 0,82 \dots 0,86$). У нашому випадку, ознака кількість бобів (всього) відносилась до високо мінливих ознак із середнім значенням 61,0 шт. Максимальне значення цього показника становило 206 шт., мінімальне – 15 шт.

Довірчий інтервал був у межах 59÷63 шт. Асиметрія і ексцес – відповідно +1,4 (правостороннє зміщення) й +1,1 (пік). Таким чином, вони відрізнялися від теоретичного розподілу значень.

Кількість пустих бобів у гібридних популяціях була невисокою і у середньому становила 2,69 з довірчим інтервалом 2,6÷ 2,8, проте зустрілися рослини з високим значенням цього показника – 27 шт. Розподіл емпіричних значень рослин значно відрізнявся від теоретичного: спостерігали правосторонню асиметрію (A= 2,11) і виражений пік (E= 11,54).

Маса рослини в середньому по популяції становила 41,2 г. (довірчий інтервал 40,0÷42,4), проте максимальне значення було вчетверо більше і становило 161,9 г. Пік емпіричного розподілу був вищим за нормального статистичного (E= 2,5), а зміщення було правостороннім (J= 1,3).

Маса бобів з насінням становила 28,49 г. з довірчим інтервалом 27,65÷ 29,3. Ознака значно варіювала (від 7 до 110 г). Зміщення було правостороннім (A= 1,11) з піком (E= 1,7). Модальний клас становив 23,0 г. Ця ознака значною мірою залежить від умов вирощування і відбір за нею ускладнюється мінливістю, пов'язаною із середовищем, в гібридних популяціях є можливість виділити високопродуктивні рослини [12].

Маса насіння становила у гібридних популяцій 19,6 г. Серед гібридного потомства можна виділити рослини з високим значенням ознаки, оскільки зустрічалися рослини з рівнем ознаки 80 г. Ознака варіабельна. Зміщення розподілу отриманих значень було правостороннім (A=1,2) з вираженим піком (E=2,15).

Маса 1000 насінин є складовою для визначення продуктивності, ця ознака теж значною мірою

піддається впливу умов вирощування, про що свідчать дані, одержані і іншими авторами [18, 19]. Середньо-популяційне значення маси 1000 насінин становило 151 г. з довірчим інтервалом 149,5÷152,5. Проте зустрічалися крупноплідні рослини з масою 1000 насінин у 338,7 г. Зміщення було правостороннє, незначне (A=1,75). У розподілі емпіричних значень, спостерігали чітко виражений пік (E= 7,55).

Кількість насінин з рослини – теж складова продуктивності, середньо-популяційне значення становило 128,4 шт. з довірчим інтервалом 125,0÷131,8. Добір рослин за цією ознакою може бути перспективним. У популяції спостерігали рослини з дуже великою кількістю насінин (451 шт.). Порівняно з теоретичним розподілом, емпіричні значення були невеликими (A= 1,01 і E=1,28). Для успішного ведення селекції на покращення певних господарсько-цінних ознак необхідно знати їх зв'язки з іншими ознаками. А це, в першу чергу, кореляційні зв'язки. Слід зазначити, що у процесі філогенетичного становлення сої, особливо на тлі природного добору і адаптації, встановлені певні взаємозв'язки між ознаками. Вони – відносно стабільні та мають скореговані блоки генів [21]. Вони крім інших причин генетичної детермінації, характеризують рослинний організм як цілісну збалансовану систему. Проте штучний добір спричинив у сортах, популяціях, лініях певні зміни, які є наслідком дії тиску добору і його напрямку у конкретних генотипів селекційного матеріалу, з яким працює селекціонер.

Коефіцієнт кореляції між основними господарсько-цінними ознаками в потомстві гібридної популяції Аметист/ Краса Поділля наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Матриця кореляційних зв'язків між господарсько-цінними ознаками у потомстві гібридної популяції сої Аметист / Краса Поділля

Статистичні показники	Кореляційні зв'язки між ознаками																		
	Вар 2	Вар 3	Вар 4	Вар 5	Вар 6	Вар 7	Вар 8	Вар 9	Вар 10	Вар 11	Вар 12	Вар 13	Вар 14	Вар 15	Вар 16	Вар 17			
Висота прикріплення нижнього бобу, см	0,37																		
Товщина стебла в нижній частині, мм	0,02	-0,25																	
Товщина стебла в середній частині, мм	0,08	-0,13	0,48																
Кількість гілок на рослині, шт.	-0,15	-0,23	0,21	0,21															
Кількість вузлів на головному стеблі, шт.	0,31	-0,26	0,34	0,31	0,04														
Кількість вузлів на гілках, шт.	-0,12	-0,24	0,63	0,18	0,87	0,05													
Кількість бобів на головному стеблі, шт.	0,18	-0,24	0,54	0,50	0,20	0,67	0,08												
Кількість бобів на гілках, шт.	-0,10	-0,24	0,66	0,21	0,80	0,08	0,31	0,08											
Кількість бобів на рослині, шт.	-0,01	-0,28	0,74	0,36	0,74	0,36	0,31	0,31	0,07										
Кількість пустих бобів, шт.	-0,12	-0,09	0,26	0,07	0,36	0,07	0,33	0,32	0,32	0,07									
Маса рослини, г	0,06	-0,26	0,80	0,46	0,70	0,70	0,71	0,72	0,32	0,32	0,32								
Маса бобів з насіння, г	-0,02	-0,31	0,78	0,43	0,71	0,72	0,71	0,72	0,32	0,32	0,32	0,32							
Мас насіння, г	0,00	-0,29	0,78	0,44	0,72	0,72	0,72	0,72	0,32	0,32	0,32	0,32	0,11						
Маса 1000 шт., г	-0,02	-0,12	0,36	0,35	0,24	0,24	0,24	0,24	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,19					
Кількість насінин з рослини, шт.	-0,01	-0,29	0,74	0,35	0,71	0,71	0,71	0,71	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,19	0,86				
Збиральний індекс	-0,34	-0,28	0,14	0,06	0,26	0,26	0,26	0,26	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,19	0,86	0,27			
									0,94	0,40	0,88	0,88	0,88	0,20	0,91	0,26			
										0,94	0,40	0,88	0,88	0,20	0,91	0,26			
											0,94	0,40	0,88	0,20	0,91	0,26			
												0,94	0,40	0,88	0,20	0,91			
													0,94	0,40	0,88	0,20			
														0,94	0,40	0,88			
															0,94	0,40			
																0,94			
																	0,94		
																		0,94	
																			0,94

Примітки: – * Вар 1 – висота рослин, см;

– ** коефіцієнти кореляції достовірні на 5 % рівні значущості.

Як показав аналіз даних **табл. 2**, ознака «висота рослин» корелює з «висотою кріплення нижнього бобу» ($r=0,37$), тобто чим вищі рослини, тим у них вище кріпиться нижній біб. Зв'язок середньої сили, оскільки, вважається, що при $r<0,3$ – слабка кореляційна залежність між ознаками, $r=0,3-0,7$ – середня, а при $r>0,7$ – сильна [20]. Висота рослини пов'язана середньою кореляційною залежністю із кількістю на рослині вузлів ($r=0,31$), зі всіма іншими ознаками спостерігали не значимі коефіцієнти кореляції різного напрямку дії. Ознака «висота кріплення нижнього бобу» має значення в технології вирощування, але селекційному покращенню вона піддається важко. Тому що, вона пов'язана з невисокими, але з від'ємними коефіцієнтами кореляції з усіма іншими ознаками (мали достовірні показники).

Ознака «товщина стебла» пов'язана позитивними кореляційними зв'язками з усіма іншими ознаками різної сили - від середньої (з кількістю на рослині вузлів і масою 1000 насінин) до сильної (з масою рослин, кількістю бобів).

Ознака «кількість на рослині гілок» має сильну корелятивну залежність: із кількістю на рослині вузлів ($r=0,87$), кількістю бобів ($r=0,80$), кількістю насіння з рослини ($r=0,71$), масою рослини ($r=0,70$) та масою бобів з насінням ($r=0,71$). Це означає, що коли ведеться добір за кількістю на рослині гілок, то одночасного покращення зазнають і корелятивно пов'язані позитивним коефіцієнтом кореляції й інші вищезгадані ознаки.

Вузлів на головному стеблі і на гілках (їх кількість на рослині) – неоднозначно були пов'язані з іншими ознаками. На головному стеблі – залежала від кількості бобів на стеблі ($r=0,67$), з кількістю бобів на гілках залежності не спостерігали ($r=0,08$). Ознака «кількість на рослині вузлів» з першою ознакою була слабо пов'язана ($r=0,22$). З іншою – сильно, майже лінійна залежність ($r=0,96$). З ознаками, що особливо впливають на продуктивність, коефіцієнти кореляції були середньої і сильної сили (від 0,31 до 0,88). Кількість бобів на головному стеблі та на гілках – мали середньої сили коефіцієнт кореляції із масою 1000 насінин ($r=0,20$, $r=0,24$). Але, спостерігали майже лінійну позитивну залежність із масою рослин ($r=0,88$, $r=0,95$), з масою насіння ($r=0,88$, $r=0,95$), та з кількістю насіння з рослини ($r=0,91$, $r=0,97$) відповідно. Кількість пустих бобів незначно впливала на масу рослин, масу насіння і на їх кількість ($r=0,31\dots0,36$).

Маса рослини мала лінійну позитивну залежність з масою насіння ($r=0,99$) і кількістю насіння з рослини ($r=0,95$). Але, з масою 1000 шт. насінин – коефіцієнт кореляції був середнім ($r=0,40$).

Ознака «маса бобів з насінням» залежала від кількості насіння з рослини ($r=0,95$) і мала середньої сили кореляційний зв'язок із масою 1000 шт. насінин. Маса насіння прямо залежить від їх кількості ($r=0,95$), проте з масою 1000 насінин коефіцієнт був позитивний ($r=0,44$).

Отже, селекційно-генетичне покращення сої необхідно здійснювати з урахуванням структури генотипової мінливості кількісних ознак [24–39].

Висновки

Встановлена значна індивідуальна мінливість у потомстві міжсортового гібриду Аметист / Краса Поділля, яка залежала як від генотипових відмінностей конкретної рослини, так і модифікуючих впливів довкілля. У потомстві зустрічалися рослини з високим значенням господарсько-цінних ознак, які у 2–5 разів перевищували середню популяційне значення (висота нижнього бобу, кількість на рослині гілок, маса бобів з насінням, маса 1000 насінин, кількість насіння з рослини), які становили групу добору у наступних поколіннях. Визначена кореляційна залежність, сила та направленість між ознаками, що істотно впливають на продуктивність рослини. Це дозволяє передбачати рівень корелятивно пов'язаних ознак. У потомстві гібридної популяції Bravella / Білоснежка / Альтаїр рівень ознак був дещо вищим, проте основні закономірності – мінливості, відповідності емпіричного розподілу теоретичному, а також тіснота кореляційних зв'язків, були в основному аналогічними. Встановлені закономірності дозволяють ефективно вести селекцію на поліпшення ознак продуктивності рослин сої у потомстві міжсортових гібридів Аметист / Краса Поділля, Bravella / Білоснежка / Альтаїр для послідовних селекційних доборів. У подальшій роботі (селекційні добори) слід використовувати створений вихідний матеріал, кращі рослини з отриманих гібридних популяцій та залучати новий селекційний матеріал.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Yu., Borovyk, V. O., Mykhalenko, I. V., Ivaniv, M. O., Klubuk, V. V. (2018). Proïav minlyvist oznaky "masa nasinnia z roslynny" u hibrýdiv ta sortiv soi riznykh hrup styhlosti. *Zernovi Kultury*, 2 (2), 201–211. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0026> [in Ukrainian]
2. Riabchun, V. K. (2014). Henetychne riznomanittia roslyn dlïa prohresu. *Zbahachennia henetychnoho riznomanittia roslyn: tezy mizhnarodnoi naukovoï narady* (8–9 zhovtnia 2014 r.). (pp. 3–4). Kharkiv [in Ukrainian]
3. Baenziger, P. S., Russell, W. K., Graef, G. L., & Campbell, B. T. (2006). Improving lives: 50 years of crop breeding, genetics, and cytology (C-1). *Crop Science*, 46 (5), 2230–2244. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.11.0404gas>
4. Litun, P. P., Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Kolomatska, V. P. (2004). Teoriïa i praktyka selektsii na makrooznaky. *Metodolohichni problemy*. Kharkiv: Instytut roslynnytstva im. V. Ya. Yurieva [in Ukrainian]
5. Litun, P. P., Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., & Kolomatska, V. P. (2009). *Systemnyi analiz v selektsii polovykh kultur*. Kharkiv: Instytut roslynnytstva im. V. Ya. Yurieva [in Ukrainian]
6. Riabukha, S. S. (2021). Naukovi osnovy selektsii soi na adaptyvnyist, vysoku vrozhainist ta yakist nasinnia. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian]
7. Kuznych, V. I. (2015). Uspadkuvannia i minlyvist oznak ta efektyvnist doboriv na pidvyshchennia vrozhainosti soi v umovakh zroshennia. Kherson [in Ukrainian]
8. Kokhaniuk, N. V. (2014). Henetychni analiz kilkisnykh oznak soi. *Zbahachennia henetychnoho riznomanittia roslyn: tezy mizhnarodnoi naukovoï narady* (8–9 zhovtnia 2014 r.). (pp. 136–137). Kharkiv [in Ukrainian]

9. Mykhailov, V. H., Starychenko, V. M., Shcherbyna, O. Z., & Romaniuk, L. S. (2005). Kharakterystyka hibrydiv soi F₂ za tryvalistiu periodu vehetatsii, masoiu nasinnia ta vysotoiu roslin. *Seleksiia i Nasinnytstvo*, 90, 175–187. [in Ukrainian]
10. Molotskyi, M. Ya. (Red.). (2010). *Seleksiia soi. Spetsialna seleksiia polovykh kultur: Navchalnyi posibnyk*. (pp. 160–179). Bila Tserkva [in Ukrainian]
11. Kokhaniuk, N. V. (2014). (2014). Evaluation of soybean varieties based on correlation quantitative traits and indexes. *Plant Breeding and Seed Production*, 106, 71–76. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2014.42130>
12. Shcherbyna, O. Z., Mykhailov, V. H., & Tymoshenko, O. O. (2012). Kharakterystyka hibrydiv soi za oznakoiu masa nasinnia z rosliny. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Bioenerhetychnykh Kultur i Tsukrovnykh Buriakiv*, 15, 278–282. [in Ukrainian]
13. Marchenko, T. Iu. (2012). Koreliatsiini vziemozviazky kilkisnykh oznak sortozrazkiv soi na zroshenni. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 57, 238–242. [in Ukrainian]
14. Marchenko, T. Yu. (2012). Minlyvist hospodarsko-tsinnnykh oznak soi v umovakh zroshennia pivdna Ukrainy. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN*, 3, 75–78. [in Ukrainian]
15. Starychenko, V. M. (2008). Uspadkuvannia tryvalosti periodu vehetatsii soi ta yoho zv'iazok z elementamy produktyvnosti. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
16. Romaniuk, L. S. (2004). Osoblyvosti minlyvosti kilkisnykh oznak u hibrydiv soi ta yikh vykorystannia v seleksii skorostylykh sortiv. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
17. Kobzyieva, L. N., Riabchun, V. K., Bezuhla, O. M., Drepina, T. O., Drepin, I. M., Potomkina, L. M., Sokol, T. V., Bozhko, T. M., Sadovoi, O. O., & Biliavska, L. H. (2004). *Syrokyi unifikovanyi klasyfikator rodu Glycine max. (L.) Merr.* Kharkiv [in Ukrainian]
18. Volkodav, V. V. (Red.). (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Oliini, tekhnichni, priadynni ta kormovi kultury*. (pp. 218–239). Kyiv [in Ukrainian]
19. Tkachyk, S. O. (Red.). (2017). *Metodyky provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktisii roslynyntstva: 3 vydannja*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
20. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica – 6: Metodychni vkazivky*. Kyiv [in Ukrainian]
21. Rashid, M. H., & Islam, M. A. (1982). Coefficient of genetic variability and correlation of agronomic characters in soybean. *Madras Agricultural Journal*, 69 (7), 479–481.
22. Bazylenko, Ye. O., Marchenko, T. Yu., & Lavrynenko, Yu. O. (2022). Proiav i minlyvist oznaky «killist bobiv na produktyvnykh vuzlakh rosliny» u hibrydiv ta sortiv soi riznykh hrup styhlosti. *Ahrarni Innovatsii*, 15, 128–133. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.19> [in Ukrainian]
23. Johnson, H. W., Robinson, H. F., & Comstock, R. E. (1955). Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agronomy Journal*, 47 (10), 477–483. <https://doi.org/10.2134/agronj1955.00021962004700100008x>
24. Mazur, O. V. (2012). Vyvchennia zviazku tryvalosti vehetatsiinoho periodu z urozhainistiu sortiv roslin soi. *Zbirnyk Naukovykh Prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: Silskohospodarski Nauky*, 10 (50), 100–105.
25. Zinchenko, O. S., Vedmedieva, K. V., & Yakubenko, O. V. (2018). Plastychnist, stabilnist ta minlyvist sortiv soi za hospodarsko-tsinnnyimi oznakamy u ekolohichnomu sortovyprobuvanni. *Naukovo-Tekhnichni Biuletyn Instytutu Oliinykh Kultur NAAN*, 25, 50–60. [in Ukrainian]
26. Biliavska, L. H., & Kornieieva, M. O. (2012). Minlyvist kilkisnykh oznak soi v potomstva mizhsortovykh skhreshchuvan F₂ ta F₃. *Visnyk Ukrainського Товариства Генетиків і Селекціонерів*, 10, 1, 3–12. [in Ukrainian]
27. Lavrynenko, Yu. O., Vozhehova, R. A., Klubuk, V. V., & Marchenko, T. (2013). Iu. Proiav i minlyvist oznak «vysota roslin» i «vysota kriplennia nyzhnoho bobu» u sortiv ta hibrydiv soi riznykh hrup styhlosti pry zroshenni. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk. Zemlerobstvo, Roslynyntstvo, Ovochivnyntstvo ta Bashtannyntstvo*, 83, 65–72. [in Ukrainian]
28. Mazur, O. V., & Sherepitko, V. V. (2011). Henotypni vidminnosti sortiv roslin soi za minlyvisti kilkisnykh oznak v umovakh doslidnoho posivu VNAU. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 9 (49), 159–166. [in Ukrainian]
29. Mazur, O. V., & Mazur, O. V. (2019). Vidminnosti zernobobovykh kultur za plastychnistiu i stabilnistiu hospodarsko-tsinnnykh oznak. *Silske Hospodarstvo ta Lisivnyntstvo*, 12, 69–86. [in Ukrainian]
30. Biliavska, L. H., & Kornieieva, M. O. (2012). Fenotypovy proiav kilkisnykh oznak u hibrydnykh kombinatsiakh F₁ soi. *Sortovyvchennia ta Okhorona Prav na Sorty Roslyn*, 1 (15), 18–20. [in Ukrainian]
31. 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/10.21498/2518-1017.16.1.2020.20133>
32. Lavrova, H. D., Sichkar, V. I., & Molodchenkova, O. O. (2022). Minlyvist vmistu bilka u sortakh ta perspektyvnykh liniiah soi (*Glycine max (L.) Merr.*) Odeskoi seleksii. *Seleksiia, henetyka ta biotekhnolohiia silskohospodarskykh roslin: dosiahnennia, innovatsii ta perspektyvy: tezy dopovidei Mizhnarodnoi naukovi internet-konferentsii* (26 zhovtnia 2022 r.). (pp. 40–41). Odesa: SHI – NTsNS [in Ukrainian]
33. Dymytrov, V. H. (2018). Formuvannia produktyvnosti soi zalezno vid biolohichnykh osoblyvosti ta optymizatsii elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Candidate's thesis*. Bila Tserkva [in Ukrainian]
34. Dereese, H. D., & Hirpa, L. G. (2018). Correlation and Path analysis studies among yield and yield related traits in Soybean (*Glycine max (L.) Merrill*) varieties grown at Bako Tibe Western Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 5 (1), 308–316.
35. Biliavska, L., & Rybalchenko, A. (2019). The variability of the economically-valuable characteristics of soybean in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 65–72. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.08>
36. das Chagas, P. H. M., Teodoro, L. P. R., Santana, D. C., Filho, M. C. M. T., Coradi, P. C., Torres, F. E., Bhering, L. L., & Teodoro, P. E. (2023). Understanding the combining ability of nutritional, agronomic and industrial traits in soybean F₂ progenies. *Scientific Reports*, 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45271-4>
37. Mesfin, H., & Abush, T. (2018). Progress of soybean [*Glycine max (L.) Merrill*] breeding and genetics research in Ethiopia: A review. *Journal of Natural Sciences Research*, 8 (13), 67–77.
38. Sareo, H., Devi, H. N., Devi, T. S., Karam, N., & Devi, L. S. (2018). Genetic diversity analysis among soybean (*Glycine max*) genotypes based on agro morphological characters. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88 (12), 1839–1842. <https://doi.org/10.56093/ijas.v88i12.85429>
39. Singh, P. K., & Shrestha, J. (2019). Evaluation of soybean [*Glycine max (L.) Merrill*] genotypes for agro-morphological traits using multivariate analysis. *Nepalese Journal of Agricultural Sciences*, 18, 100–107. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11803629.v1>

ORCID

L. Biliavska  <https://orcid.org/0000-0003-3856-7718>



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

The influence of quality indicators on changes in the color of sour cherry and sweet cherry fruits

O. Vasylyshyna ✉

Article info

Correspondence Author

O. Vasylyshyna

E-mail:

elenamila@i.uaUman National University
of Horticulture,
Institutska 1 str.,
Uman, 20301, Ukraine

Citation: Vasylyshyna, O. (2024). The influence of quality indicators on changes in the color of sour cherry and sweet cherry fruits. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 12–15. doi: 10.31210/spi2024.27.02.02

The article is devoted to the influence of the main indicators of the ripeness of stone fruits of sour cherries and sweet cherries on the formation of the quality and content of biologically active substances. Sour cherry and sweet cherries have a rich chemical composition due to the presence of sugar, organic acids, phenolic compounds, anthocyanins, quercetin, vitamins C, carotenoids and are considered dietary products. Harvesting fruits at the optimal degree of ripeness is the main indicator that affects quality, transportation, storage and processing. It has been established that the physical and mechanical composition of sour cherry and sweet cherry fruits varies and depends on the indicators of color, optical density, light transmission coefficient. According to research results, the optical density of cherry fruits is 0.30–0.42 % and is inversely dependent on the light transmission coefficient. Fruit density is determined by the influence of growing conditions during the years of research: the highest in 2021 – 0.42 and 0.37 %, and the lowest – in 2023 (0.33 and 0.28 %). In sour cherry fruits, it is higher than in sweet cherries by 0.37 and 0.32 % and is inversely related to the light transmission coefficient. The color of sour cherry and sweet cherry fruits determines their antioxidant activity. Antioxidant activity is the main indicator that determines the quality of sour cherry and sweet cherry fruits and depends on the content of biologically active compounds: phenolics, flavonoids and anthocyanins. According to the results of research, the antioxidant activity of sour cherries exceeds that of sweet cherries by 10–16 %. In 2021, the activity of sour cherry and sweet cherry fruit was 38 % higher than the fruit of 2023, which is due to the influence of growing weather conditions. Thus, the quality of sour cherry and sweet cherry fruits is determined by indicators of antioxidant activity, optical density (0.30–0.42 %) and light transmission coefficient (0.28–0.42 %). The prospect of further research is to establish the relationship between indicators of antioxidant activity and the color of cherry fruits (optical density, light transmission coefficient), which will make it possible to predict the quality of products.

Keywords: cherry fruits, antioxidant activity, color, optical density.

Вплив якісних показників на зміну забарвлення плодів вишні і черешні

О. В. Василишина

Уманський національний
університет садівництва,
м. Умань, Україна

Стаття присвячена визначенню основних показників стиглості плодів вишні та черешні залежно від формування якості і вмісту біологічно активних речовин. Вишня і черешня мають багатий хімічний склад, завдяки наявності цукру, органічних кислот, фенольних сполук, антоціанів, кверцетину, вітамінів С, каротиноїдів та вважаються дієтичними продуктами. Збирання плодів у оптимальній ступені стиглості є основним показником який впливає на якість, транспортування, зберігання та перероблення. Встановлено, що фізико-технічний склад плодів вишні та черешні змінюється та залежить від показників кольору, оптичної густини, коефіцієнту світлопропускання. За результатами досліджень оптична густина плодів вишні та черешні складає 0,30–0,42 % та знаходиться в оберненій залежності від коефіцієнту світлопропускання. Густина плодів визначається впливом умов вирощування за роки проведення досліджень: найвища 2021 року – 0,42 і 0,37 %, а найнижча – 2023 року (0,33 і 0,28 %). У плодів вишні вона вища за черешню на 0,37 і 0,32% та обернена до коефіцієнту світлопропускання. Колір плодів вишні та черешні визначає їхню антиоксидантну активність. Антиоксидантна активність є основним показником який визначає якість плодів вишні і черешні та залежить від вмісту біологічно активних сполук: фенольних, флавоноїдів та антоціанів. За результатами досліджень антиоксидантна активність плодів вишні переважає черешні на 10–16 %. 2021 року активність плодів вишні та черешні на 38 % перевищувала плоди 2023 року, що пов'язано із впливом погодних умов вирощування. Таким чином, якість плодів вишні та черешні визначається показниками антиоксидантної активності, оптичної густини (0,30–0,42 %) та коефіцієнту світлопропускання (0,28–0,42 %). Перспективою подальших досліджень є встановлення залежності між показниками антиоксидантної активності та кольором плодів (оптичною густиною, коефіцієнтом світлопропускання) що дасть змогу спрогнозувати якість продукції.

Ключові слова: плоди вишні, антиоксидантна активність, колір, оптична густина.

Бібліографічний опис для цитування: Василишина О. В. Вплив якісних показників на зміну забарвлення плодів вишні і черешні. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 12–15.

Вступ

Вишня і черешня, відносяться до дієтичних продуктів, які містять значну кількість цукру та органічних кислот, фенольних сполук, таких як антоціани, кверцетин, вітамін С, каротиноїди та мелатонін. Вони мають відносно низький вміст калорій, відносяться до продуктів глікемічної дії, мають високу антиоксидантну активність.

Наявні в них фенольні сполуки впливають на якісні характеристики плодів, такі як колір, аромат, смак, тощо. Вміст фенолів і антоціанів, а також антиоксидантна активність плодів змінюються залежно від кліматичних факторів і ступеню зрілості. Тому важливим завданням є визначення вмісту фенольних речовин, які впливають на забарвлення плодів та залежать від впливу погодних умов вирощування.

Дослідники Aglar E., Onur S. [1] відмічають відмінності у загальному вмісті фенолів та флавоноїдів і інтенсивності кольору. Загальний вміст фенолів і флавоноїдів в плодах вишні та черешні коливається від 196,17 до 256,63 мкг г⁻¹ і від 115,62 до 65,29 мкг г⁻¹.

Встановлено, що колір плодів впливає на їхню антиоксидантну активність. Біологічно активні сполуки, такі як фенольні, флавоноїди та антоціани визначають антиоксидантну активність плодів. Вони проявляють терапевтичну та відновувальну роль у здоров'ї людини та визначають якість, смак, аромат фруктів. У дослідженнях Aglar E., Onur S. [1] загальний вміст фенолів і флавоноїдів, а також антиоксидантна властивість фруктів змінюються між собою. Плоди із високим загальним вмістом флавоноїдів і фенолів мали вищу антиоксидантну активність. Зі збільшенням інтенсивності забарвлення плодів спостерігалось збільшення вмісту біоактивних сполук.

Концентрація біологічно активних речовин змінюється залежно від сорту, факторів навколишнього середовища та післязбирального періоду, кліматичних характеристик і стадії зрілості. Встановлено, що в міру досягання вміст біоактивних речовин плодів зростає. Usenik V. [2] дослідив, що зі збільшенням інтенсивності кольору черешні, кількість фенольних сполук зросла, але її антиоксидантна активність знизилася. Крім того, дослідники Serradilla M. J., Serrano, M. [3, 4] повідомили, що біологічно активні сполуки черешні можуть відрізнятися в залежності від ступеня зрілості.

У черешні якісні показники плодів, такі як колір, розмір, твердість, смак і аромат, є основними факторами, які визначають перевагу при виборі споживача. За словами дослідників «ідеальна» черешня і вишня повинна бути великою, темно-червоною і солодкою [1].

Доведено, що загальний вміст поліфенолів в плодах черешні коливався в межах 229,0–720,0 мг/100 г [5]. Дослідження показали, що вишні і черешні можуть бути джерелом антиоксидантів, біологічно активних речовин, мінеральних речовин, особливо калію. Вищі антиоксидантні властивості були у сортів з більшою кількістю загальних фенолів (Рана Стонська, Гарнет, Стонська, Бінг). Значення інтенсивності кольору та

кута відтінку залежало від особливостей кольору. Показник кута відтінку (h) змінювався від 61,43 до 32,44. Дослідження показали, що колір плодів вишні залежить від деяких факторів, таких як розподіл і концентрація фенолів і антоціанів, разом із значеннями рН [6].

Загальна кількість розчинних речовин, титрована кислотність, фенолів, флавоноїдів, антоціанів, антиоксидантна активність і параметри кольору (L*, a*, b*, відтінок і колірність) знижується кількість підрум'ячених плодів, швидкість дихання та кислотність плодів. Колір уражених плодів стає яскравішим. Zaouaу та ін. (2012), показали, що темніший сік граната містить вищий рівень антиоксидантів і загальних фенольних речовин. Отримані результати узгоджуються із закономірністю змін антоціанів. Значення кута відтінку, колір є одним із факторів який впливає на якість плодів та на вибір споживачів [7–10].

У порівнянні з іншими фруктами, черешня і вишня високо цінуються на ринку, завдяки їхньому ранньому досягання, надходженню в торгівлю та високу харчову цінність. Продовжити термін споживання вишні та черешні можна шляхом консервування: виготовленню концентрованих натуральних соків, нектарів, сиропів, освіжаючих напоїв, компотів, желе, джемів, мармеладу, морозива, сухофруктів, заморожених фруктів тощо. Тому вишні та черешні (*Prunus avium var. sylvestris Ser.*) являють собою цінну сировину з якої отримують консервовані продукти [5, 11, 12, 13–19].

Мета дослідження

Метою роботи було визначити вплив кольору плодів на якісні характеристики та біоактивні речовини плодів черешні та вишні.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на кафедрі харчових технологій Уманського національного університету садівництва впродовж 2020–2023 років.

Об'єктами досліджень були плоди черешні сорту Василина та вишні сорту Чорнокорка. В досліді визначали колір, оптичну густину та коефіцієнт світлопропускання плодів на фотоелектрокалориметрі (ФЕК) та антиоксидантну активність за методом FRAP [13]. Статистичну обробку даних проводили методом дисперсійного аналізу за В. Ф. Мойсейченком за програмою "Excel" [20].

Результати та їх обговорення

Біологічно активні сполуки, такі як фенольні, флавоноїди та антоціани, які визначають антиоксидантну активність плодів, мають терапевтичну та відновну роль у здоров'ї людини та впливають на якість, смак, аромат фруктів. Вміст їх залежить від особливостей року вирощування та культури. У дослідженні встановлені зміни оптичної густини, коефіцієнту світлопропускання, а також антиоксидантної здатності плодів (рис. 1).

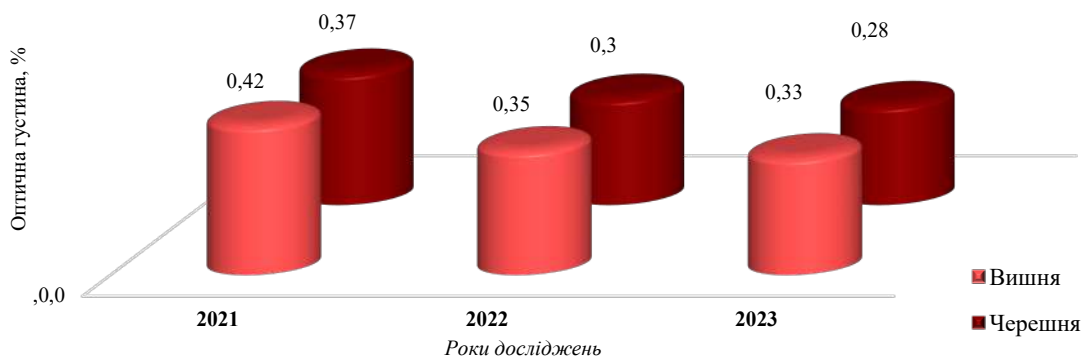


Рис. 1. Оптична густина плодів вишні та черешні (НІР₀₅ = 0,2)

Оптична густина знаходиться в межах 0,30–0,42 % та обернена до коефіцієнту світлопропускання 42–52 %. В середньому оптична густина плодів вишні переважала плоди черешні на 0,37 % і 0,32 %. Найвищою в розрізі років вона залишалась 2021 року (0,42 і 0,37 %) та найнижчою – 2023 року (0,33 і 0,28 %).

Коефіцієнт світлопропускання (рис. 2) обернений до оптичної густини та найвищий за роками досліджень 2023 року (47 і 54 %) тоді як найнижчий – 2021 року (42 і 49 %).

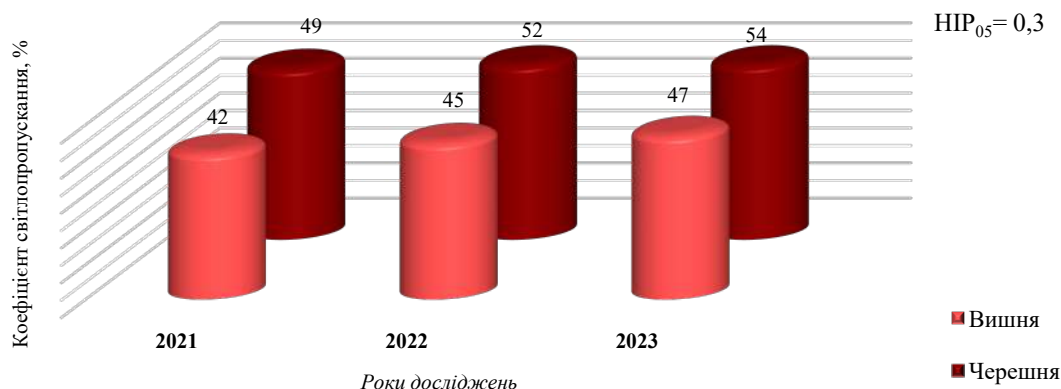


Рис. 2. Коефіцієнт світлопропускання плодів вишні та черешні

Плоди, які мають високий загальний вміст флавоноїдів і фенолів, мали вищу антиоксидантну активність. Зі збільшенням їх інтенсивності забарвлення спостерігалось збільшення біологічно активних сполук.

Антиоксидантна активність змінюється залежно від сорту, факторів навколишнього середовища та після-збирального періоду, кліматичних характеристик і

стадії зрілості. У дослідженні встановлено, що протягом досягання антиоксидантної активності зростає та залежить від особливостей культури та умов вирощування. У вишні активність переважає плоди черешні на 10–16 % (рис. 3). 2021 року активність плодів вишні та черешні на 38 % перевищувала плоди 2023 року вирощування, що пояснюється впливом погодних умов вирощування.

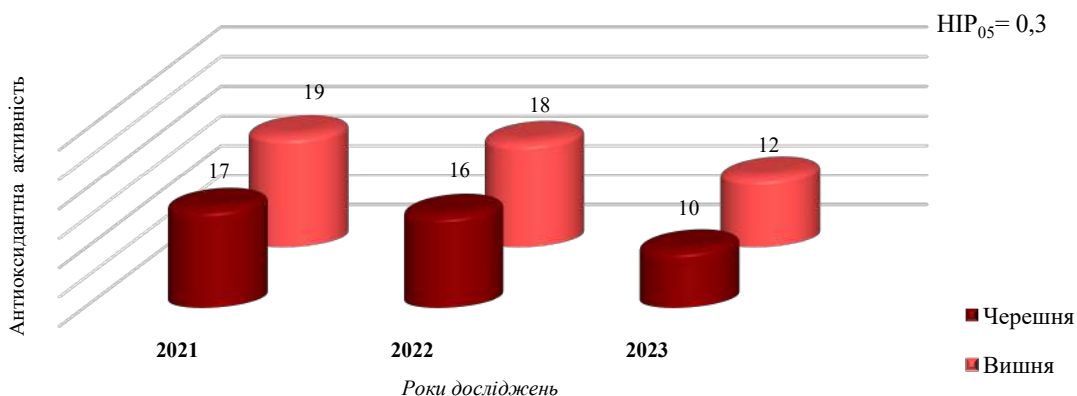


Рис. 3. Антиоксидантна активність плодів вишні та черешні

Usenik V. [2] повідомив, що зі збільшенням інтенсивності кольору кісточкових у тому числі черешні, кількість фенольних сполук зросла, але антиоксидантна активність знизилася.

Оскільки збирання плодів у оптимальній ступені стиглості є основним показником який впливає на переробку, транспортування та зберігання плодів необхідно врахувати основні показники якості: колір, оптичну густину та коефіцієнт світлопропускання, антиоксидантної активності.

Висновки

Враховуючи транспортування, зберігання та перероблення плодів вишні та черешні, збір плодів у оптимальній ступені стиглості є основним показником якості. В результаті проведених досліджень встановлено, що фізико-хімічний склад плодів вишні та черешні змінюється і залежить від показника кольору плодів. Оптична густина знаходиться в межах 0,30–0,42 % та обернена до коефіцієнту світлопропускання. Густина плодів вишні переважала черешні на 0,37 і 0,32 % та обернена до коефіцієнту світлопропускання. Показник густини залежав від умов вирощування плодів вишні та черешні найвищий залишався 2021 року – 0,42 і 0,37 %, а найнижчий – 2023 року (0,33 і 0,28 %).

Антиоксидантна активність плодів вишні переважає плоди черешні на 10–16 %. 2021 року активність плодів вишні та черешні на 38 % перевищувала плоди 2023 року вирощування, що пов'язано із впливом погодних умов вирощування.

Перспективою подальших досліджень є визначення взаємозв'язку між показниками антиоксидантної активності та кольором плодів вишні та черешні.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Ağlar, E., Onur, S., Orhan, K., Ozturk, B., & Sefa, G. (2019). The relationship between fruit color and fruit quality of sweet cherry (*Prunus avium* L. cv. '0900 Ziraat'). *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 1, 1–5.
2. Usenik, V., Stampar, F., Petkovsek, M. M., & Kastelec, D. (2015). The effect of fruit size and fruit colour on chemical composition in 'Kordia' sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 38, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.10.007>
3. Serradilla, M. J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A., López-Corrales, M., & Córdoba, M. de G. (2012). Physicochemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). *Food Chemistry*, 133 (4), 1551–1559. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.048>
4. Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., & Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (7), 2741–2745. <https://doi.org/10.1021/jf0479160>

5. Corneanu, M., Iurea, E., & Sirbu, S. (2022). Romanian wild cherry genotypes (*Prunus avium* var. *sylvestris* Ser.) suitable for processing. *Horticultural Science*, 49 (2), 95–101. <https://doi.org/10.17221/73/2021-hortsci>
6. Veršić Bratinčević, M., Jukić Špika, M., Gadže, J., & Radunić, M. (2022). A cherry on top – but which one? Use of physicochemical coupled to multivariate analysis for the distinction of fourteen sweet cherry cultivars in Croatia. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46 (4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16442>
7. Meighani, H., Ghasemnezhad, M., & Bakshi, D. (2014). Evaluation of Biochemical Composition and Enzyme Activities in Brownd Arils of Pomegranate Fruits. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 1 (1), 53–65. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2014.50518>
8. Dulyanska, Y., Cruz-Lopes, L. P., Esteves, B., Ferreira, J. V., Domingos, I., Lima, M. J., Correia, P. M. R., Ferreira, M., Fragata, A., Barroca, M. J., Moreira da Silva, A., & Guiné, R. P. F. (2022). Extraction of phenolic compounds from cherry seeds: a preliminary study. *Agronomy*, 12 (5), 1227. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051227>
9. Fan, S., Qi, Y., Shi, L., Giovani, M., Zaki, N. A. A., Guo, S., & Suleria, H. A. R. (2022). Screening of phenolic compounds in rejected avocado and determination of their antioxidant potential. *Processes*, 10 (9), 1747. <https://doi.org/10.3390/pr10091747>
10. Khafar, E. A. A., Zidan, N. S., & Aboul-Anean, H. El D. (2018). The effect of nano materials on edible coating and films' improvement. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 7 (3), 20–41.
11. Oancea, S., Draghici, O., & Ketney, O. (2016). Changes in total anthocyanin content and antioxidant activity in sweet cherries during frozen storage, and air-oven and infrared drying. *Fruits*, 71 (5), 281–288. <https://doi.org/10.1051/fruits/2016025>
12. Stan, A., & Popa, M. E. (2015). Pretreatment and freezing storage effect on antioxidant capacity of sour cherries and correlation with color changes. *Romanian Biotechnological Letters*, 20 (5), 10826–10834.
13. Wojdyło, A., Nowicka, P., Laskowski, P., & Oszmiański, J. (2014). Evaluation of sour Cherry (*Prunus cerasus* L.) fruits for their polyphenol content, antioxidant properties, and nutritional components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (51), 12332–12345. <https://doi.org/10.1021/jf504023z>
14. Serradilla, M. J., Akšić, M. F., Manganaris, G. A., Ercisli, S., González-Gómez, D., & Valero, D. (2017). Fruit chemistry, nutritional benefits and social aspects of cherries. *Cherries: Botany, Production and Uses*, 420–441. <https://doi.org/10.1079/9781780648378.0420>
15. Pedisic, S., Dragovi-Uzelac, V., Levaj, B., & Skevin, D. (2010). Effect of vaturity and geographical region on anthocyanin content of sour cherries (*Prunus cerasus* var. *marasca*). *Food Technology and Biotechnology*, 48 (1), 86–93.
16. Capanoglu, E., Boyacioglu, D., de Vos, R. C. H., Hall, R. D., & Beekwilder, J. (2011). Procyanidins in fruit from Sour cherry (*Prunus cerasus*) differ strongly in chainlength from those in Laurel cherry (*Prunus lauracerasus*) and Cornelian cherry (*Cornus mas*). *Journal of Berry Research*, 1 (3), 137–146. <https://doi.org/10.3233/br-2011-015>
17. Vasylyshyna, O. (2020). Assessment of cherry fruits quality under preprocessing with polyccharidic compositions during storage by the Harrington method. *Agrobiologija*, 2 (161), 27–35. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-161-2-27-35>
18. Vasylyshyna, O. (2022). The influence polysaccharide composition on the intensity of respiration and the quality of cherry fruits during storage. *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 28 (4), 110–117. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-4-11>
19. Litescu, S. C., Eremia, S., & Radu, G. L. (2010). Methods for the determination of antioxidant capacity in food and raw materials. *Bio-Farms for Nutraceuticals*, 241–249. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7347-4_18
20. Moiseichenko, V. F. (1992). *Osnovy naukovykh doslidzhen u plodivnytvstvi, ovochivnytvstvi, vynohradarstvi ta tekhnohii zberhannia plodoovochevoi produktii*. Kyiv: NMK VO, 362 p.

ORCID

O. Vasylyshyna  <https://orcid.org/0000-0002-1066-4009>



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

Productivity formation of maize hybrids depending on plant density in the conditions of Left-Bank Forest-Steppe

O. Mishchenko | V. Hanhur✉ | Ye. Danilenko

Article info

Correspondence Author

V. Hanhur

E-mail:

volodimirgangu@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3, Poltava,
36000, Ukraine

Citation: Mishchenko, O., Hanhur, V., & Danilenko, Ye. (2024). Productivity formation of maize hybrids depending on plant density in the conditions of Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 16–21. doi: 10.31210/spi2024.27.02.03

Maize (*Zea mays* L.) has a fairly wide range of uses, in particular, grain (production of flour and groats), fodder (production of mixed feed and silage), and technical (production of starch, bioethanol, and biogas). This favorably distinguishes it among the most important agricultural plants and gives it significant advantages over other field crops. According to the average two-year (2022–2023) research results, it was found that in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, it is most expedient in growing an early-maturing hybrid of corn LG Jackline with a seeding rate 55 thousand pcs. ha⁻¹, which contributes to the production of the highest grain yield (9.37 t/ha). Increasing the sowing rate to 60 and 65 thousand pcs. ha⁻¹ of germinating seeds is not advisable due to the lower level of productivity compared to the previous sowing rate and an increase in production costs for seeds by 9.1–18.2%. In this case, the grain yield was 12.13 t/ha, which increased by 1.5 and 5.8% compared to the sowing rate of 60 and 55 thousand pcs. ha⁻¹ of germinating seeds, respectively. It was found that the most effective was the use of microfertilizer Maize Boost (2.0 l/ha) or its mixture with the growth stimulator Biotrak (1.0 l/ha) for foliar application of corn fields at the phase of 4–8 leaves. The grain yield increase of the hybrids LG Jackline and LG 31305 compared to the control (spraying with water) was 0.45 and 0.49 and 0.18 and 0.38 t/ha, respectively, or 5.0 and 5.4 and 1.6 and 3.3%. In the variant where foliar fertilization of corn fields was applied with Gramitrel (2.0 l/ha), there was a tendency to increase the grain productivity of maize hybrids LG Jackline and LG 31305 compared to the control variant, but the difference in yield was not significant. It was found that the different seeding rates and biotype of the hybrid had no significant effect on the moisture content of corn grain before harvesting. In the early-ripening hybrid LG Jackline, it was in the range of 20.1–20.4%, and in the mid-early hybrid LG 31305 – 19.9–20.3%.

Keywords: maize (*Zea mays* L.), hybrids, seeding rate, fertilization, microfertilizers, grain moisture, yield.

Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин в умовах Лівобережного Лісостепу

O. В. Міщенко | В. В. Гангур | Є. В. Даніленко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава
Україна

Кукурудза (*Zea mays* L.) має достатньо широке цільове призначення, зокрема зернове, кормове та технічне. За середніми дворічними (2022–2023 рр.) результатами досліджень встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України найбільш доцільно вирощувати ранньостиглий гібрид кукурудзи LG Жаклін із нормою висіву 55 тис. шт./га схожих насінин, що сприяє одержанню найвищого врожаю зерна культури 9,37 т/га. Збільшення норми висіву до 60 і 65 тис. шт./га схожих насінин є недоцільним у зв'язку із нижчим рівнем продуктивності, порівняно із попередньою нормою висіву та збільшенням виробничих витрат на насіння на 9,1–18,2%. Виявлено, що кращі умови для формування високої продуктивності середньораннього гібриду кукурудзи LG 31305 створюються за сівби із нормою 65 тис. шт./га схожих насінин. При цьому урожайність зерна становила 12,13 т/га, що на 1,5 і 5,8% вище, ніж за норми висіву, відповідно 60 і 55 тис. шт./га схожих насінин. Встановлено, що найбільш ефективним було застосування мікродобрива Маїз Буст (2,0 л/га) або його бакової суміші із стимулятором росту Біотрак (1,0 л/га) за позакореневого підживлення посівів кукурудзи у фазі 4–8 листків. Приріст урожайності зерна гібриду LG Жаклін та LG 31305, порівняно з контролем (обприскування посівів водою) становив, відповідно 0,45 і 0,49 та 0,18 і 0,38 т/га або 5,0 і 5,4 та 1,6 і 3,3%. На варіанті, де позакоренево підживлення посівів культури проводили препаратом Грамітрел (2,0 л/га) відзначено тенденцію до підвищення зернової продуктивності гібридів кукурудзи LG Жаклін і LG 1305, порівняно із контрольним варіантом, однак різниці в урожайності є не істотною. З'ясовано, що різні норми висіву насіння та біотип гібриду істотно не впливали на вологість зерна кукурудзи перед збиранням. У ранньостиглого гібриду LG Жаклін вона знаходилася в межах 20,1–20,4%, а середньораннього LG 31305 – 19,9–20,3%.

Ключові слова: кукурудза (*Zea mays* L.), гібриди, норма висіву, підживлення, мікродобрива, вологість зерна, урожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Міщенко О. В., Гангур В. В., Даніленко Є. В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин в умовах Лівобережного Лісостепу. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 16–21.

Вступ

Кукурудза маючи порівняно широке цільове призначення, зокрема зерно використовується для виробництва продуктів харчування, крохмалю, комбікормів, біостанолу, а зелена маса у годівлі тварин і виробництві біогазу, вигідно вирізняється серед найважливіших сільськогосподарських рослин, що і надає їй істотні переваги порівняно з іншими культурами [6, 8, 9, 18]. Ця сільськогосподарська культура володіючи високим біологічним потенціалом продуктивності є найбільш врожайною не лише в зоні Лісостепу, але й посушливих умовах Південного Степу і тільки в окремі роки, зокрема з екстремальними погодними умовами, її випереджали пшениця озима та ячмінь озимий. Слід відзначити, що на зрошенні, за умови достатнього теплозабезпечення, кукурудза формує найвищий рівень зернової продуктивності [5, 10].

Найбільш важливим завданням у технології вирощування кукурудзи на зерно є не лише достатнє її ресурсне наповнення та проведення всіх технологічних прийомів у оптимальні строки, але й підбір гібридів відповідно до теплоенергетичного забезпечення території, оскільки терміни їх досягання будуть визначати чи виникатиме потреба у додатковому сушінні зерна після збирання, бо цей чинник матиме безпосередній вплив на показники економічної ефективності виробництва культури. Результати чисельних теоретичних і практичних досліджень свідчать, що у групі чинників, які приймають участь у формуванні продуктивності кукурудзи, перевага за впливом гібриду – 50 %, а частка агротехнічних прийомів і кліматичних умов становить, відповідно 30 і 20 % [16].

Для гібридів кукурудзи різних груп стиглості характерні певні особливості за морфологічними та біологічними ознаками. Поряд з цим максимальну реалізацію рівня потенційної продуктивності кожного біотипу можливо досягти за створення найбільш комфортних умов для росту і розвитку рослин впродовж періоду вегетації, зокрема за рахунок оптимального набору агротехнічних заходів у технології вирощування та використання природно-кліматичних ресурсів. Для сучасних гібридів культури вітчизняної селекції властиві надзвичайно цінні ознаки, а саме висока адаптивність до умов вирощування. Виявлено, що вони не поступаються кращим іноземним біотипам, за рівнем потенційної і фактичної продуктивності, але при цьому, наприклад, гібриди створені у степовій зоні мають перед ними незаперечну перевагу, бо для них характерний генетично обумовлений механізм адаптивності до особливостей ґрунтових і кліматичних умов Південного регіону із зрощуванням землеробством [21].

Оскільки для кукурудзи не властиве куцання, тому важливим є встановлення оптимальної щільності рослин на одиниці площі [26].

Науковими дослідженнями виявлено, що для кожної агрокліматичної зони характерний і відповідний показник оптимальної густоти рослин. Відхилення від рекомендованої густоти в той чи інший бік негативно впливає на рослину та

призводить до зниження урожайності посівів, оскільки за підвищеної щільності спостерігається взаємне пригнічення рослин, а за недостатньої – не ефективно використання площі живлення та енергії сонячного світла [25].

На ефективне культивування гібридів кукурудзи різних груп стиглості значний вплив має їх генотипова реакція на густоту рослин. Варіювання щільності рослин на одиниці площі істотно впливає на їх життєздатність, ріст та розвиток, формування фотосинтетично активної поверхні та використання сонячного світла, споживання вологи та елементів мінерального живлення і в підсумку – на урожайність зерна [25, 27]. Результати досліджень ряду науковців свідчать, що рослини кукурудзи на початкових етапах росту і розвитку практично не реагують на густоту стеблостою, у зв'язку із слабо розвинутою кореневою системою та листовою поверхнею на цей період. Проте у процесі послідуючого розвитку настає час, коли рослини починають ускладнювати онтогенез інших, що супроводжується посиленням конкуренції в агрофітоценозі за фактори життя, зниженням життєздатності та потенціалу продуктивності [7, 14].

За даними польових дослідів виявлено, що більш пізньостиглі гібриди, як правило, краще ростуть і розвиваються за меншої щільності рослин, порівняно з гібридами з коротким періодом вегетації. Гібриди ранньостиглої групи утворюють меншу листову масу і відповідно потребують меншої кількості вологи та поживних речовин для підтримання процесів життєдіяльності, а також формування зерна. Позитивний ефект від загушення краще проявляється на samozапилених лініях, порівняно із гібридами тієї самої групи стиглості, тому для вирощування ліній кукурудзи потрібно розробляти спеціальну сортову технологію [1].

Аналіз літературних джерел свідчить, що негативними наслідками загушення рослин кукурудзи є зниження асиміляційного апарату однієї рослини, зменшення передзбиральної вологості зерна, числа продуктивних качанів та їх довжини і діаметру, кількості зернин у ряду, маси та виходу зерна з одного качана, маси 1000 зернин [24]. Поряд з цим відзначено, що із збільшенням щільності стеблостою спостерігали підвищення показників лінійного приросту стебла та висоти кріплення качана [28]. У разі загушення посівів до межі допустимої кількості рослин відзначено зниження індивідуальної їх продуктивності, проте це з надлишком компенсується збільшенням числа продуктивних рослин на одиниці площі [13, 2, 4].

Дослідженнями проведеними впродовж 2015–2017 рр., в умовах Правобережного Лісостепу України виявлено, що гібриди кукурудзи, які володіють високим рівнем потенційної продуктивності, здатні формувати більшу урожайність у разі ущільнення посівів до 90 тис. рослин/га (8,23–11,6 т/га на варіанті із внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{150}P_{135}K_{135}$) [15].

Експериментальні дані, які одержано впродовж 2013–2015 рр., у Лісостепу Західному свідчать, що ранньостиглий гібрид Квітневий 187 МВ та

середньоранній Оржиця 237 МВ забезпечили найбільший приріст урожайності зерна у разі збільшення густоти стояння до 90 тис. рослин/га [19].

Система удобрення кукурудзи передбачає використання підвищених норм добрив, порівняно з іншими зерновими культурами. Однак науковими дослідженнями виявлено, що навіть на високому фоні мінерального живлення проблематичним є отримання високого та якісного врожаю без позакореневого підживлення посівів мікродобривами [23]. Ряд науковців вважають, що позакоренево підживлення кукурудзи є дійовим прийомом удобрення, який забезпечує збільшення доступності поживних речовин, зокрема мікроелементів для рослин та сприяє кращому поглинанню елементів живлення з ґрунтового середовища. На їх думку перевага фоліарного живлення полягає в тому, що макро- й мікроелементи легко проникають та добре засвоюються рослиною, активно залучаються до фізіологічних процесів із синтезу органічних сполук у листових пластинках або переміщуються в інші частини рослин та включаються в метаболітичні реакції [20, 17].

Аналіз джерел наукової літератури свідчить, що у комплексі агротехнічних заходів, які мають безпосередній вплив на ефективне вирощування гібридів кукурудзи із різними строками досягання, важлива роль належить густоті стояння рослин. Крім того, невід'ємним елементом сучасних агротехнологій є застосування мікродобрив, за допомогою яких забезпечується збалансоване живлення рослин.

У зв'язку з цим актуальним є проведення досліджень із встановлення оптимальної щільності рослин на одиниці площі для сучасних ранньостиглих і середньоранніх гібридів та ефективності їх позакореневого підживлення мікродобривами.

Мета дослідження

Метою досліджень було з'ясувати вплив різної густоти рослин та позакореневого посівів мікродобривами на формування продуктивності ранньостиглих і середньоранніх гібридів кукурудзи.

Завдання дослідження: вивчити вплив різної щільності стеблостою рослин на урожайність зерна гібридів кукурудзи; визначити ефективність мікродобрив за позакореневого їх застосування у посівах кукурудзи.

Матеріали і методи

Короткотермінові польові досліді проведено у ТОВ «МК Агроленд» Гадяцького району Полтавської області впродовж 2022–2023 рр. Поле земельного масиву господарства, де було закладено досліді, представлено чорноземом сильнореградованим слабозмитим. Механічний склад цього типу ґрунту – важкий суглинок. Агрохімічна характеристика ґрунту: вміст гумусу в орному шарі – 4,5 %, нітратного азоту 9,5 мг/кг ґрунту (за Тюрніним і Коновою), рухомого фосфору (за Мачигінім) – 20 мг/кг ґрунту, обмінного калію (за Мачигінім) – 116 мг/кг ґрунту, реакція ґрунтового розчину – рН 6,4.

Дослідження проведено у двох польових досліді. Схема першого досліді включала два гібриди кукурудзи різних груп стиглості LG Жаклін (ранньостиглий), LG 31305 (середньоранній) (фактор А) та три норми висіву (55, 60, 65 тис. шт./га) (фактор В). Схема другого досліді окрім вище зазначених факторів передбачала п'ять варіантів позакореневого підживлення посівів у фазі 4–8 листків: обприскування водою (контроль) та мікродобривами Маїз Буст (2,0 л/га), Грамітрел (2,0 л/га) і їх баковими сумішами із стимулятором росту Біотрак (1,0 л/га) (фактор С). Посівна і облікова площа ділянки у першому досліді 0,7 га, у другому – 0,3 га. Повторність варіантів у досліді триразова. Розміщення варіантів і повторень на площі поля рендомізоване. Сівбу гібридів кукурудзи проводили 7 травня широкорядним способом (ширина міжрядь 0,7 м). Попередником кукурудзи в сівозміні була пшениця озима. Система удобрення культури передбачала внесення у передпосівну культивуацію 100 л/га КАС (марка 32) та у рядки за сівби 90 кг/га комплексного гранульованого мінерального добрива Яра Міла (марка N8P24K24+мікроелементи В, Fe, Mn, Zn). Для контролювання у посівах чисельності однорічних, багаторічних злакових та дводольних бур'янів використовували гербіцид Стеллар Плюс 1,0 л/га. Обприскування посівів проводили у фазі 3–8 листків культури.

Клімат району проведення досліджень різко континентальний, середня кількість опадів дорівнює 500 мм. Середня річна температура повітря становить 6,5°C, абсолютна мінімальна температура холодного періоду року мінус 34°C, а максимальна у літні місяці – плюс 37°C.

Облік урожайності кукурудзи, за варіантами дослідів, проводили прямим комбайнуванням з облікової площі ділянки. Одночасно визначали вологість зерна. Урожайність з облікової ділянки перераховували на один гектар за стандартної вологості зерна (14 %). Статистичний обробіток результатів експериментів проводили методом дисперсійного аналізу [12].

Результати та їх обговорення

Густота рослин і пов'язана з нею індивідуальна площа живлення є безпосереднім чинником впливу на ступінь реалізації потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи. За результатами проведених досліджень виявлено, що ранньостиглий гібрид кукурудзи LG Жаклін формував максимальну урожайність за сівби його з нормою 55 тис. шт./га схожих насінин (**табл. 1**). Аналогічний рівень зернової продуктивності вище зазначеного гібриду виявлено за збільшення норми висіву насіння до 60 тис. шт./га. У разі підвищення норми висіву насіння ще на 5,0 тис. шт./га (до 65 тис. шт./га схожих насінин), відзначено зниження урожайності зерна на 0,32 т/га або 3,5 %, порівняно з висіванням 55 тис. шт./га схожих насінин. Слід відзначити, що за даними дисперсійного аналізу різниця в урожайності гібриду кукурудзи LG Жаклін за вирощування із різними нормами висіву є не істотною, вона знаходиться в межах НІР.

Таблиця 1

Вплив норм висіву на передзбиральну вологість та урожайність зерна гібридів кукурудзи (середнє за 2022–2023 рр.)

Гібриди (фактор А)	Норма висіву насіння, тис. шт./га (фактор В)	Урожайність, т/га		Вологість зерна на час збирання, %	
		Урожайність	Вологість	Урожайність	Вологість
LG Жаклін	55 (контроль)	9,37	20,1		
	60	9,36	20,4		
	65	9,05	20,2		
LG 31305	55 (контроль)	11,46	19,9		
	60	11,95	20,3		
	65	12,13	20,3		
НІР _{0,95}	–	фактор А – 0,41; фактор В – 0,62.	фактор А – 0,24; фактор В – 0,36.		

У досліді відзначено чітко виражену і водночас обернену, порівняно із ранньостиглим гібридом кукурудзи LG Жаклін, реакцію середньораннього гібриду LG 31305 на різні норми висіву. Так, за сівби цього гібриду із нормою 55 тис. шт./га схожих насінин урожайність зерна була найнижчою і становила 11,46 т/га. Підвищення норми висіву насіння гібриду LG 31305 на 5 тис. шт./га, забезпечило збільшення урожайності зерна, порівняно із попереднім варіантом досліді, на 0,49 т/га або 4,3 %. Однак за даними математичного обробитку результатів, вище зазначений розмір приросту урожайності зерна є недостовірним. Сівба гібриду LG 31305 із нормою 65 тис. шт./га схожих насінин виявилася найбільш ефективною, бо вона забезпечила одержання максимальної урожайності зерна та істотне її підвищення (на 0,67 т/га або 5,8 %), порівняно із контролем.

Порівняння рівня зернової продуктивності гібридів різних груп стиглості свідчить про очевидну

перевагу середньораннього гібриду LG 31305. Так, його урожайність істотно перевищувала ранньостиглий гібрид LG Жаклін, за варіантами різної норми висіву насіння, на 2,09–3,08 т/га або 22,3–34,0 %.

Що стосується вологості зерна на час збирання, то за результатами досліді не виявлено істотного впливу на рівень цього показника як біотипу гібриду, так і норми висіву насіння.

Позакореневе підживлення посівів кукурудзи мікродобривами та регуляторами росту забезпечує покращення мінерального живлення рослин під час вегетації, а також є ефективним технологічним прийомом управління урожайністю культури. За результатами досліджень виявлено, що позакореневе підживлення посівів у фазу 4–8 листків мікродобривом Маїз Буст (2,0 л/га) сприяло збільшенню урожайності гібридів LG Жаклін і LG 31305 відповідно на 0,39–0,51 і 0,10–0,28 т/га, порівняно з контролем (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив норм висіву та позакореневого підживлення на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості (середнє за 2022–2023 рр.)

Гібриди (фактор А)	Норма висіву насіння, тис. шт./га (фактор В)	Урожайність, т/га				
		Варіанти позакореневого підживлення (фактор С)				
		контроль	Маїз Буст (2,0 л/га)	Грамїтрел (2,0 л/га)	Маїз Буст (2,0 л/га) + Біотрак (1,0 л/га)	Грамїтрел(2,0 л/га) + Біотрак (1,0 л/га)
LG Жаклін	55	9,14	9,53	9,27	9,58	9,32
	60	9,21	9,72	9,26	9,75	9,41
	65	8,92	9,37	8,93	9,42	9,22
LG 31305	55	11,12	11,29	11,31	11,57	11,44
	60	11,66	11,76	11,80	11,92	11,84
	65	11,68	11,96	12,12	12,13	12,14
НІР _{0,95}	–			фактор А – 0,53; фактор В – 0,65; фактор С – 0,49.		

Слід відзначити, що істотний приріст урожайності кукурудзи від позакореневого підживлення мікродобривом Маїз Буст одержано лише за вирощування ранньостиглого гібриду LG Жаклін на варіанті із нормою висіву 60 тис. шт./га схожих насінин. На інших варіантах із фоліарним використанням вище зазначеного препарату різниця в урожайності знаходилася в межах помилки досліді. За позакореневого підживлення посівів культури мікродобривом Грамїтрел (2,0 л/га) спостерігали тенденцію до збільшення урожайності зерна гібридів кукурудзи LG Жаклін і LG 31305, порівняно із контрольним

варіантом, однак за даними дисперсійного аналізу величина приросту врожаю є не істотною. Одержані результати досліджень свідчать, що використання мікродобрив Маїз Буст (2,0 л/га) і Грамїтрел (2,0 л/га) у баковій суміші із стимулятором росту Біотрак (1,0 л/га) забезпечило достовірний приріст урожайності зерна кукурудзи, порівняно із контрольним варіантом, лише за сівби гібриду LG Жаклін із нормою 60 і 65 тис. шт./га (відповідно 0,54 і 0,50 т/га або 5,9 і 5,6 %). За іншими варіантами досліді величина приросту врожаю зерна не перевищувала значення НІР. На нашу думку порівняно низька

ефективність позакореневого підживлення посівів кукурудзи мікродобривами як в чистому виді, так і в баковій суміші із стимулятором росту обумовлена дуже сприятливими для культури погодними умовами впродовж періоду вегетації, зокрема достатньою кількістю вологи та тепла, які нівелювали дію препаратів. Спостереження М. І. Поліщука, О. Д. Паламарчука [22] також свідчать про істотну залежність ефективності проведення позакорневих підживлень від кліматичних умов.

Таким чином результати досліджень свідчать, що ранньостиглий гібрид кукурудзи LG Жаклін слабо реагував на зміну норми висіву від 55 до 65 тис. шт./га схожих насінин. Урожайність його знаходилася в межах 9,05–9,37 т/га, а різниця між варіантами досліду була не істотною. Більш вираженою була реакція середньораннього гібриду LG 31305 на різні норми висіву. Виявлено, що із підвищенням норми висіву із 55 до 60 і 65 тис. шт./га схожих насінин урожайність зерна збільшилася із 11,46 до 11,95 і 12,13 т/га. За даними математичної обробки результатів, достовірний приріст урожайності зерна гібриду LG 31305 одержано за норми висіву 65 тис. шт./га схожих насінин. Дослідження на Хмельницькій ДСГДС ІКСГП також засвідчують про найбільше підвищення зернової продуктивності середньораннього гібриду кукурудзи ДН Галатея та середньостиглого Красилів 327 МВ (відповідно на 13,2–14,1 і 9,2–13,3 %) одержано за максимальної густоти рослин (85 тис./га) [19]. Р. А. Вожегова із співавторами [3], відзначає, що максимальний врожай зерна гібриду Каховський (13,69 т/га) сформовано за сівби із густотою стояння рослин 70 тис. шт./га.

Що стосується використання мікродобрив для позакореневого підживлення посівів кукурудзи, то результати досліджень свідчать, що найбільш ефективним було обприскування рослин у фазі 4–8 листків препаратом Маїз Буст (2,0 л/га) і його баковою сумішшю із стимулятором росту Біотрак (1,0 л/га). Приріст урожайності зерна гібриду LG Жаклін та LG 31305, порівняно з контролем становив, відповідно 0,45 і 0,49 та 0,18 і 0,38 т/га.

Дослідження проведені в умовах Північної частини України підтверджують позитивний вплив використання мікродобрив і стимулюючих речовин на формування урожаю. Так, підживлення посівів мікродобривами й регуляторами росту сприяли збільшенню урожайності зерна гібридів кукурудзи різних біотипів на 0,95–0,99 т/га або 3,8–10,0 % [23]. М. І. Дудка, О. П. Якунін, С. І. Пустовий [11] спостерігали збільшення урожайності зерна кукурудзи на 0,30–0,34 т/га у разі позакореневого підживлення посівів карбамідом у баковій суміші із хелатом цинку або квантум-кукурудза.

Висновки

За середніми дворічними результатами досліджень встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України найбільш доцільною є норма висіву ранньостиглого гібриду LG Жаклін 55 тис. шт./га схожих насінин, за якої одержано найвищу урожайність зерна 9,37 т/га. Збільшення

норми висіву до 60 і 65 тис. шт./га схожих насінин є недоцільним у зв'язку із нижчим рівнем продуктивності, порівняно із попередньою нормою висіву та збільшенням виробничих витрат на насіння на 9,1–18,2 %. Виявлено, що кращі умови для формування високої продуктивності середньораннього гібриду кукурудзи LG 31305 створюються за сівби із нормою 65 тис. шт./га схожих насінин. При цьому урожайність зерна становила 12,13 т/га, що на 1,5 і 5,8 % вище, ніж за норми висіву, відповідно 60 і 55 тис. шт./га схожих насінин. На підставі даних польового експерименту з'ясовано, що більш ефективним є позакоренево підживлення посівів кукурудзи мікродобривом Маїз Буст (2,0 л/га) або його баковою сумішшю із стимулятором росту Біотрак (1,0 л/га). Це забезпечило збільшення урожайності зерна гібридів LG Жаклін та LG 31305, відповідно на 5,0 і 5,4 та 1,6 і 3,3 %, порівняно із контрольним варіантом.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу різних норм добрив та способів їх внесення на біометричні параметри рослин та урожайність кукурудзи.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Abelmasov, O. V., & Bebekh, A. V. (2018). Specifics of the key yield components manifestation in self-pollinated corn lines under different growing conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(2), 209–214. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134771>
2. Bahan, A. V., Shakaliy, S. M., Yurchenko, S. O., Ivashchenko, V. M., Barabolia, O. V., & Pokotylo, A. V. (2022). Formation of biometric indicators and yield level of corn hybrids by maturity groups. *Interagency Thematic Scientific Collection «Irrigated Agriculture»*, 77, 5–8. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1>
3. Vozhegova, R., Drobit, O., Shebanin, V., & Drobitko, A. (2020). Growing of maize hybrids of intensive type in the conditions of climate change under irrigation. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, (67) 2, 29–43. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-2)
4. Vozhegova, R., Lavrynenko, Ju., Suchkova, V., Marchenko, T., & Piliars'ka, O. (2022). Influence of the elements of technology on seed yield of lines — parental components of corn hybrids under drip irrigation conditions. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 100(8), 67–74. <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202208-08>
5. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Yu., Boiarkina, L. V., Sharii, V. O., & Bidnyna, I. O. (2023). Comparative analysis of yield formation of corn hybrids of different FAO groups under drip irrigatio. *Agrarian Innovations*, 18, 24–31. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.3>
6. Hanhur, V. V., Yeremko, L. S., Len, O. I., & Rudenko, V. V. (2022). Productivity formation in maize hybrids (*Zea mays* L.) depending on sowing dates. *Taurian Scientific Herald*, 126, 15–21. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.3>
7. Gangur, V. V., Yeremko, L. S., & Rudenko, V. V. (2021). The impact of cultivation technology elements on productivity formation in maize hybrids of different maturity groups. *Taurian Scientific Herald*, 117, 37–43. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>
8. Hanhur, V., & Rudenko, V. (2023). Biometric parameters of plants and maize (*Zea mays* L.) productivity depending on sowing period. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (3), 36–41. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.07>

9. Hanhur, V., Marenych, M., Yeremko, L., Shostia, A., Puzyr, D., & Kyrylytsia, A. (2023). The influence of the methods of main tillage on the yield of maize hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 19–23. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.04>
10. Govenko, R. V., & Antal, T. V. (2022). Corn productivity depending on kind of nitrogen fertilizers, foliar dressing and weather conditions. *Agrarian Innovations*, 15, 22–29. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.3>
11. Dudka, M. I., Yakunin, O. P., & Pustovyi, S. I. (2020). Influence of foliar top dressing on the formation of grain productivity of maize grown after sunflower. *Taurian Scientific Herald*, 115. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6>
12. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: Pidruchnyk. Vinnytsia: PP «TD «Edelveis i K»» [in Ukrainian]
13. Zhemela, H. P., Barabolia, O. V., Liashenko, V. V., Liashenko, Ye. S., & Podoliak, V. A. (2021). Formation of maize hybrids grain productivity depending on sowing rate. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 97–105. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.11>
14. Kalenska, S. M., & Taran, V. H. (2018). Harvest index of corn hybrids, depending on plant density, fertilizing doses and weather conditions of growing. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14 (4), 415–421. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909>
15. Kalenska, S. M., Taran, V. G., Danyliv, P. O. (2018). Features of yield formation in corn hybrids depending on fertilization, plant density and weather conditions. *Taurian Scientific Herald*, 101, 42–48.
16. Kamenshchuk, B. D. (2006). Ahroekolohichniy vplyv umov vyroshchuvannya na zernovu produktyvnist hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, 56, 16–21 [in Ukrainian]
17. Lavrynenko, Yu. O., & Hozh, O. A. (2016). Rist i rozvytok roslyn hibrydiv kukurudzy FAO 180–430 za vplyvu rehulatoriv rostu i mikrodobryv v umovakh zroshennia na Pivdni Ukrainy. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 65, 128–131 [in Ukrainian]
18. Len, O. I., Totyskiy, V. M., Hanhur, V. V., & Yeremko, L. S. (2021). The effect of fertilization system and primary soil tillage on the productivity of corn hybrids. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>
19. Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2016). Vplyv strokiv sivby, hustoty roslyn ta abiotychnykh faktoriv na formuvannya vrozhaivosti hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. *Biuletyn Instytutu Silskoho Hospodarstva Stepovoi Zony NAAN Ukrainy*, 11, 31–38 [in Ukrainian]
20. Moldovan, Zh., & Sobchuk, S. (2018). An estimation of indexes of the individual productivity of plants of corn is at presowing treatment of seed and outside the roots signup. *Grain Crops*, 2 (1), 101–108. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0014>
21. Petrychenko, V. F., & Lykhochvor, V. V. (2019). *Roslynnytstvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur. 5-te vydannia, vypravlene i dopovnene*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian]
22. Polishchuk, M. I., & Palamarchuk, O. D. (2016). Vplyv pozakorenevnykh pidzhyvlen na produktyvnist hibrydiv kukurudzy. *Silske Hospodarstvo ta Lisivnytstvo*, 4, 102–109. [in Ukrainian]
23. Shevchenko, L. A., Chmel, O. P., Khomenko, S. V. (2020). Influence of microfertilizers and growth regulators on the productivity of corn hybrids in the North of Ukraine. *Agrarian Innovations*, 4, 73–78. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.11>
24. Jia, Q., Sun, L., Mou, H., Ali, S., Liu, D., Zhang, Y., Zhang, P., Ren, X., & Jia, Z. (2018). Effects of planting patterns and sowing densities on grain-filling, radiation use efficiency and yield of maize (*Zea mays* L.) in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 201, 287–298. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.11.025>
25. Kamara, M. M., Rehan, M., Ibrahim, K. M., Alsohim, A. S., El-sharkawy, M. M., Kheir, A. M. S., Hafez, E. M., & El-Esawi, M. A. (2020). Genetic diversity and combining ability of white maize inbred lines under different plant densities. *Plants*, 9 (9), 1140. <https://doi.org/10.3390/plants9091140>
26. Mandic, V., Bijelic, Z., Krnjaja, V., Tomic, Z., Stanojkovic-Sebic, A., Stanojkovic, A., & Caro-Petrovic, V. (2016). The effect of crop density on maize grain yield. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 32 (1), 83–90. <https://doi.org/10.2298/bah1601083m>
27. Murányi, E. (2015). Effect of plant density and row spacing on maize (*Zea mays* L.) grain yield in different crop year. *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2 (1), 57–63. <https://doi.org/10.18380/szie.colum.2015.1.57>
28. Salama, H. S. A. (2019). Yield and nutritive value of maize (*Zea mays* L.) forage as affected by plant density, sowing date and age at harvest. *Italian Journal of Agronomy*, 14 (2), 114–122. <https://doi.org/10.4081/ija.2019.1383>

ORCID

O. Mishchenko  <https://orcid.org/0000-0002-9547-0421>
V. Hanhur  <https://orcid.org/0000-0002-5619-492X>



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

The peculiarities of inoculation at soybean cultivation

I. Kobylynskyi ✉

Article info

Correspondence Author

I. Kobylynskyi

E-mail:

super.ivan9518338@gmail.com

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

Citation: Kobylynskyi, I. (2024). The peculiarities of inoculation at soybean cultivation. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 22–26. doi: 10.31210/spi2024.27.02.04

Soybean is the most important crop in the world, the demand for which is constantly growing, which stipulates the necessity of increasing its quality and yield capacity. It is known that additional inoculation stipulating the treatment with bacterial preparations containing *Bradyrhizobium japonicum* nitrogen-fixing bacteria is the necessary element of soybean cultivation. The purpose of the article is to study the peculiarities of the existing methods of soybean inoculation. The higher is soybean yield capacity, the more nitrogen is necessary, which is covered by 50–60 % with the biological fixation owing to the symbiosis with *B. japonicum* bacteria. In case of their absence or insufficiency, soybean seeds and soil inoculation is conducted. In the first case, the living strains of Rhizobium are used in moist hard or liquid forms for their application on the seeds to keep them viable and be able to settle on all soybean growing roots. Soil inoculation, as a rule, is practiced in combination with the seed contact inoculation by adding inoculant granules with the applicator into the sowing machine. There are differences among different products that use the same or analogical Rhizobium strains. Peat-based products (HiStick, LegumeFix) are considered standard inoculants and stain the treated seeds. Liquid inoculants (LiquiFix, Rizoliq, Turbosoy) do not stain the seeds and are supplied with a number of additives, and they use polymers for protection and adhesion. The combination of several Rhizobium strains in one product is also practiced. As it is important that more bacteria survive after sowing before soybean germination, the rhizobia density and the necessity of following the main practical recommendations in the process of inoculation are the key characteristics of the product quality. The application of the inoculant higher dosage rate does not endanger the environment and usually results in increasing nodule formation and seed yield by 25 %. The inoculation also positively affects field germination and plants survival, their height and individual productivity, decreases the expenses on chemical protection means and increases soil fertility.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merr., *Bradyrhizobium japonicum*, nitrogen fixation, inoculant, Rhizobium, yield capacity.

Особливості проведення інокуляції при вирощуванні сої

I. В. Кобилянський

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Со́я є найважливішою культурою в світі, попит на яку постійно зростає, що обумовлює необхідність збільшення її якості та врожайності. Відомо, що обов'язковим елементом технології вирощування сої є додаткова інокуляція, яка передбачає обробку бактеріальними препаратами, які містять азотфіксуючі бактерії *Bradyrhizobium japonicum*. Метою статті є дослідження особливостей існуючих методів проведення інокуляції сої. Чим більше врожайність сої, тим більше потреба в азоті, який на 50–60 % покривається біологічною фіксацією завдяки симбіозу з бактеріями *B. japonicum*. За їх відсутності або недостатності проводиться інокуляція насіння сої та ґрунту. У першому випадку використовують живі штами Rhizobium у вологій твердій або рідкій формах для їх нанесення на насіння, щоб воно залишалось життєздатним і могло заселитися на всіх коренях сої, що наростають. Інокуляція ґрунту практикується зазвичай у поєднанні з контактною інокуляцією насіння шляхом внесення гранул інокулянту за допомогою аплікатора у сівалку. Існують відмінності між різними продуктами, які використовують однакові або аналогічні штами Rhizobium. Продукти на основі торфу (HiStick, LegumeFix) вважаються стандартними інокулянтами та надають забарвлення обробленому насінню. Рідкі інокулянти (LiquiFix, Rizoliq, Turbosoy) не забарвлюють насіння та постачаються з рядом добавок і використовують полімери для захисту й адгезії. Практикується також поєднання кількох штамів Rhizobium в одному продукті. Оскільки важливо, щоб якомога більше бактерій вижило після посіву до початку проростання сої, ключовою характеристикою якості продукту є щільність ризобій і необхідність дотримання основних практичних рекомендацій в процесі інокуляції. Використання вищої за норму дози інокулянту не становить жодної загрози навколишньому середовищу та зазвичай призводить до збільшення утворення бульбочок і врожайності насіння до 25 %. Також інокуляція позитивно впливає на польову схожість і виживання рослин, їх висоту й індивідуальну продуктивність, зменшує витрати на хімічні засоби захисту та підвищує родючість ґрунту.

Ключові слова: *Glycine max* (L.) Merr., *Bradyrhizobium japonicum*, азотфіксація, інокулянт, Rhizobium, врожайність.

Бібліографічний опис для цитування: Кобилянський I. В. Особливості проведення інокуляції при вирощуванні сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 22–26.

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є однією з найважливіших бобових культур, які культивуються в світі, завдяки широкому спектру застосування – для виробництва кормів, в олійній і харчовій промисловості [1]. Найбільшими виробниками сої є Бразилія, США, Аргентина та Китай, а загальна площа вирощування сягає 120–130 млн га [2]. В Європі соевий шрот і насіння користуються високим попитом, але регіон залежить переважно від імпорту через невеликі площі вирощування бобових (лише 1,5 % сільськогосподарських угідь) порівняно зі світовими потребами (14,5 %) [3]. При цьому, Центральна Європа має можливість збільшити виробництво бобових, у тому числі нових сортів сої, які добре пристосовані до більш холодного клімату [4, 5].

Вирощування сої в Україні, яка не є традиційною культурою, до 2010 року здійснювалось на площі до 1 млн га, тоді як з першої половини 2010-х років відбулось суттєве зростання її посівних площ і врожайності [6]. Завдяки кількісному й якісному розвитку Україна наразі входить в десятку найбільших світових виробників сої, а прогнозний обсяг пропозиції складає 3,8 млн тонн і має динаміку до збільшення завдяки зростанню зацікавленості сільськогосподарських виробників через збитковість зернових [7]. Ключовими напрямками збуту вітчизняної сої є країни ЄС, що обумовлено територіальними факторами, навіть з урахуванням логістичних проблем сьогодення [8].

На сьогодні завдяки сучасним сортам і технологіям є можливість подолання бар'єру врожайності сої, одержання високої продуктивності посівів і розширення ареалу її вирощування. Комплексне освоєння всіх агротехнічних прийомів, якісне виконання операцій за оптимальних строків забезпечує отримання на незрошуваних українських землях урожайність на рівні 18–25 ц/га, тоді як на зрошуваних – 28–35 ц/га [9]. Середня врожайність сої за органічної технології вирощування в Україні становить 15–18 ц/га, а за сприятливих умов – може досягати 25 ц/га [10].

Важливу роль в отриманні якісного врожаю сої відіграє вирощування правильно підібраних сортів за принципом районування та дотримання всіх необхідних технологічних етапів. Підбір сортів передбачає наявність у насінневого матеріалу для посушливих регіонів посухостійкості, тоді як для північніших широт лімітаційними чинниками є наявність достатньої кількості світла та тепла. Також кожен сорт сої обов'язково має бути високопротеїновим, оскільки вміст (відсоток) протеїну є одним з головних показників якості врожаю, котрі здатні впливати на прибутковість вирощування [11].

Урожайність і якість сої в значній мірі залежить від ґрунтово-погодних й агротехнічних заходів, у тому числі інокуляції насіння. Як бобова культура, соя може фіксувати вільний атмосферний азот завдяки симбіозу з бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* [12]. Дослідження [4, 13] зазначають, що *B. japonicum* природним чином не присутній у європейських ґрунтах; таким чином, насіння сої слід інокулювати для збільшення утворення бульбочок. Однак, комерційні інокулянти та мінеральні добрива

можуть бути менш ефективними за мінливих кліматичних умов [14, 15]. Доведено, що дефіцит опадів особливо порушує процес утворення вузлів. При цьому, експерименти з інокуляцією насіння були особливо важливі в регіонах з більш холодним кліматом і за висіву сої вперше в сівозміні [16]. Дослідженням [17] підтверджено зниження ефективності інокуляції насіння за умови вирощування сої в холодному регіоні, однак ця обробка все одно була необхідною, оскільки в ґрунтах був відсутній *B. japonicum*. У цьому аспекті дослідженнями [13, 18] доведено, що введення симбіотичних бактерій у ґрунт, де їх немає, призвело до їх високої чисельності в наступні роки.

Перспективність використання інокулянтів фермерами обумовлена зростанням цін на мінеральні добрива та необхідністю зменшення їх впливу на навколишнє середовище [19]. У дослідженні [20] відзначається чутливість бобових до екологічних стресів, що призводить до змінної врожайності протягом багатьох років. Наприклад, низька або висока температура, нестача або надлишок води, висока солоність або низький рН негативно впливають на утворення бульбочок, що зменшує ступінь біологічної фіксації азоту і кінцевий урожай.

Потреба сої в азоті на 50–60 % покривається біологічною N_2 фіксацією [21], що необхідно врахувати при вирощуванні високоврожайних сортів з більшою потребою в поживних речовинах [22]. Так, врожайність кращих сортів сої становить 5 т/га, тоді як потенційна врожайність може досягати 7 т/га [23]. У цьому випадку утворення бульбочок має бути дуже ефективним, щоб задовольнити потреби рослин в азоті. Отже, при вирощуванні високоврожайних сортів може знадобитися підгодівля невеликою дозою азоту [21], але основним джерелом цього елемента повинен бути біологічно фіксований азот.

Таким чином, потрібна ретельна інокуляція насіння або ґрунту, щоб корінь рослини, що розвивається, заселився бактерією *B. japonicum* [24]. За умови правильної інокуляції біологічна азотфіксація сої може повністю покрити потреби культури в азотних добривах [25]. Отже, розрізняють інокуляцію насіння та ґрунту.

Для інокуляції насіння інокулянт купують у вигляді живих штамів ризобій (*Rhizobium*) у вологій твердій або рідкій формах. Загальна мета полягає в тому, щоб нанести бактерії на насіння, щоб воно залишалось життєздатним і могло засилитися на всіх коренях сої, що наростають. Найпростіший спосіб – придбати попередньо інокульований посівний матеріал. Покладатися на це не рекомендується, оскільки життєздатність інокулянту до моменту посіву насіння дуже різна. Найпоширенішим підходом є використання контактної інокуляції насіння якомога раніше перед посівом. Препарати на основі торфу (наприклад, HiStick, LegumeFix) можна змішувати вручну безпосередньо в ємності для насіння. Прецизійні змішувачі зазвичай встановлюються на трактор і використовуються там, де інокулянт на основі торфу містить полімерний клей (наприклад, Force 48). Клей повинен мати достатньо часу, щоб висохнути на насінні, щоб воно не забивалося в сівалці.

З насінням слід поводитися обережно. Розсипання насіння між великими мішками є хорошим способом обережного перемішування інокулянта через насіння. Інокуляція розпиленням потоку насіння є дуже ефективною, але це можна використовувати лише з рідкими препаратами (наприклад, LiquiFix, Rizoliq, Turbosoy) [26].

Інокуляція ґрунту практикується у Франції, зазвичай у поєднанні з контактною інокуляцією насіння. Гранули інокулянту вносяться за допомогою аплікатора гранул у сівалку. Досягаються дуже хороші результати, але слід подбати про те, щоб гранули постійно проходили через сівалку. Дуже ефективним є поєднання контактної та ґрунтової інокуляції.

Існують помітні відмінності між продуктами, які використовують однакові або подібні штами *Rhizobium*. Продукти на основі торфу (наприклад, HiStick, LegumeFix) вважаються стандартними інокулянтами. Вони мають додаткову перевагу – забарвлення обробленого насіння. Використання полімерних адгезивів особливо актуально для пневматичного посіву, оскільки пневматичні сівалки прагнуть видалити інокулянт із насіння [27].

Рідкі інокулянти (наприклад, LiquiFix, Rizoliq, Turbosoy) постачаються з рядом добавок і використовують полімери для захисту й адгезії. На відміну від продуктів на основі торфу, рідкі інокулянти не забарвлюють насіння, а це означає, що інокульоване насіння має бути ретельно марковане або помічене. Існують відмінності між продуктами інокуляції щодо штамів *Rhizobium*. У той час як французький штам G49 був стандартним, зараз використовуються різні нові штами від Embgara в Бразилії, Міністерства сільськогосподарства США та канадських і південноафриканських інститутів. Кілька виробників поєднують кілька штамів в одному продукті. Навіть у Китаї, де *V. japonicum* присутній у великій кількості в ґрунті, використання інокулянтів зростає, оскільки сучасні комерційні сорти здатні до вищої продуктивності.

Щільність ризобій у продукті є ключовою характеристикою якості. Скільки бактерій на грам присутні на виробництві, скільки з них виживає до доставки, і яка кількість насправді знаходиться на зерні, коли воно контактує з ґрунтом? Дані виробника зазвичай становлять від одного до трьох мільярдів на грам вакцини (1×10^9 або 3×10^9). Чим вище початкове число, тим більше шансів, що достатня кількість бактерій виживе навіть за несприятливих умов до проростання насіння. Тим не менш, продукт з нижчою щільністю може бути кращим, якщо якість ризобій і рецептура кращі. Також є помітні відмінності в якості ризобій [28].

Вкрай важливо, щоб якомога більше бактерій вижило після посіву до початку проростання. Наприклад, Rizoliq і Turbosoy сприяють процесам стабілізації ризобіумів. Бактерії *Rhizobium* чутливі до рН ґрунту за межами діапазону 6,5–7,5. Biofil/Terragro пропонує сорти, відібрані для кислих або лужних ґрунтів.

Основні практичні рекомендації інокуляції насіння сої [29]:

1. Ефективний інокулянт слід використовувати відповідно до інструкції.

2. Насіння слід інокульовати подвійною дозою, якщо соя вперше в сівозміні. У цьому випадку доцільно поєднати два різних інокулянти.

3. В ідеалі інокуляція та посів повинні відбуватися в один день, щоб висівати тільки щойно інокульоване насіння. Rizoliq або Turbosoy пропонують можливість обробки насіння за 15 днів до посіву.

4. Інокулянти повинні зберігатися в прохолодному темному місці при температурі не вище 25 °С.

5. УФ-світло вбиває бактерії. Слід уникати впливу сонячного світла на інокулянт та інокульоване насіння. Всі роботи слід проводити в тіні.

6. Насіння, оброблене полімерним адгезивом, слід перемішати приблизно через 20 хвилин після обробки, щоб запобігти утворенню грудок.

7. Сівалка повинна бути очищена від залишків попередньої обробки насіння пестицидами.

8. Слід уникати будь-якого контакту насіння з хлорованою водою, включаючи хлоровану міську питну воду.

9. Приблизно через шість тижнів після посіву можна перевірити бульбочки на коренях сої. Для цього потрібно викопати лопатою близько п'яти рослин з різних місць на полі, обережно очистити від коренів ґрунт і підрахувати кількість бульбочок. У середньому від 10 до 30 вузликів на коренях можна вважати хорошим або дуже хорошим утворенням вузликів. Вузлики розміром з горошину зазвичай працюють краще, ніж менші вузлики.

Експерименти [30] свідчать, що інокуляція насіння позитивно впливає на утворення бульбочок і фізіологічні параметри рослин сої. Але фермер повинен проводити таку обробку у власному господарстві, що є витратним і трудомістким процесом. У дослідженні [31] продемонстровано, що внесення симбіотичних бактерій у ґрунт може бути альтернативою, оскільки ефекти такої обробки були кращими, ніж інокуляція насіння. Необхідно відмітити, що деякі компанії пропонують готове до посіву насіння, покрите відповідним штамом бактерій [32]. Однак, ефективність покриття може бути нижчою, ніж традиційна інокуляція насіння, хоча це економить час для фермерів, особливо за великих площ культивування сої [33].

Доцільно відмітити, що використання вищої дози інокулянту, ніж рекомендовано, не становить жодної загрози навколишньому середовищу та зазвичай призводить до збільшення утворення бульбочок і врожайності насіння до 25 % [34]. Також інокуляція позитивно впливає на польову схожість і виживання рослин [35], їх висоту й індивідуальну продуктивність [36, 37]. При цьому, передпосівна обробка насіння сої (особливо інокуляція) сприяє зменшенню витрат на хімічні засоби захисту та підвищує родючість ґрунту [38].

Однак слід зазначити, що інокуляція великої кількості насіння сої технічно складний і витратний процес. Стверджується, що за умов вирощування сої в сприятливих кліматичних умовах немає користі від використання більшої кількості інокулянтів [39]. В той же час, інокуляція насіння не завжди

приводить до збільшення врожайності або вмісту білка в насінні, оскільки кліматичні умови вирощування й агротехніка також відіграють значну роль [40].

Висновки

Метою проведеного огляду доступних наукових літературних джерел було обґрунтування доцільності проведення інокуляції сої та здійснено аналіз існуючих методів. З літературних джерел встановлено, що запорукою забезпечення попиту на сою є збільшення її якості та врожайності, що, головним чином, залежить від природно-кліматичних умов, агротехнологічних заходів і сортових характеристик. Сучасні високоврожайні сорти сої потребують більше азоту, який на 50–60 % забезпечується біологічною фіксацією завдяки симбіозу з бактеріями *B. japonicum*. Якщо вони відсутні або їх недостатньо, проводиться інокуляція насіння сої та ґрунту. Контактна інокуляція сої передбачає використання живих штамів *Rhizobium* у вологій твердій або рідкій формах для нанесення на насіння, щоб воно залишалося життєздатним і могло заселитися на всіх коренях рослини, що наростають. Інокуляція ґрунту застосовується, головним чином, у поєднанні з контактною інокуляцією насіння шляхом внесення гранул інокулянту в сівалку. Важливо, щоб найбільше бактерій вижило після посіву сої до початку проростання, що обумовлює вибір продукту для інокуляції з високою щільністю ризобій і дотримання основних практичних рекомендацій в процесі інокуляції. Доведено, що використання більшої норми інокулянту не становить ніякої загрози навколишньому середовищу, здебільшого призводить до збільшення утворення бульбочок і врожайності насіння до 25 %. Також інокуляція позитивно впливає на польову схожість і виживання рослин, їх висоту й індивідуальну продуктивність, зменшує витрати на хімічні засоби захисту та підвищує родючість ґрунту.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Serafin-Andrzejewska, M., Jama-Rodzeńska, A., Helios, W., Kozak, M., Lewandowska, S., Zalewski, D., & Kotecki, A. (2024). Influence of nitrogen fertilization, seed inoculation and the synergistic effect of these treatments on soybean yields under conditions in south-western Poland. *Scientific Reports*, 14, 6672. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57008-y>
2. Iturralde, E. T., Covelli, J. M., Álvarez, F., Pérez-Giménez, J., Arrese-Igor, C., & Lodeiro, A. R. (2019). Soybean-nodulating strains with low intrinsic competitiveness for nodulation, good symbiotic performance, and stress-tolerance isolated from soybean-cropped soils in Argentina. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1061. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01061>
3. Watson, C. A., Reckling, M., Preissel, S., Bachinger, J., Bergkvist, G., Kuhlman, T., Lindström, K., Nemecek, T., Topp, C. F. E., Vanhatalo, A., Zander, P., Murphy-Bokern, D., & Stoddard, F. L. (2017). Chapter Four – Grain legume production and use in European agricultural systems. *Advances in Agronomy*, 144, 235–303. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.03.003>
4. Zimmer, S., Messmer, M., Haase, T., Piepho, H. P., Mindermann, A., Schulz, H., Habekuß, A., Ordon, F., Wilbois, K. P., & Heß, J. (2016). Effects of soybean variety and *Bradyrhizobium* strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany. *European Journal of Agronomy*, 72, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.008>
5. Staniak, M., Szpunar-Krok, E., & Kocira, A. (2023). Responses of Soybean to selected abiotic stresses-photoperiod, temperature and water. *Agriculture*, 13 (1), 146. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010146>
6. Ohliad ukrainskoho rynku soi – 2022/23. (2023). *ShareUaPotential*. Retrieved from: <http://shareupotential.com/ru/BE/ukrainian-soya-2023.html> [in Ukrainian]
7. Chaika, T. O. (2023). Vyroshchuvannya orhanichnoi soi v Ukraini: perspektivy ta realnist. *Aktualni napriamky ta problematyka u tekhnolohiiakh vyroshchuvannya produktsii roslynyntstva: Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Poltava: PDAU [in Ukrainian]
8. Kuprieva, S. (2023). Soia – perspektivy naiblyzhchi ta daleki. *UkrAhroKonsalt*. Retrieved from: <https://ukragroconsult.com/news/soya-perspektivy-naiblyzhchi-ta-daleki/> [in Ukrainian]
9. Zabolotnyi, H. M., Mazur, V. A., Tsyhanska, O. I., Didur, I. M., Tsyhanskyi, V. I., & Pantsyryeva, H. V. (2020). *Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannya soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnosti : monohrafiia*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Iu. [in Ukrainian]
10. Rikhter, T., Likhthenkhan, M., Kravchenko, A., Asam, L., & Dirauer, Kh. (2014). *Orhanichna soia*. Kyiv: Doslidnyi instytut orhanichnoho silskoho hospodarstva (FiBL). [in Ukrainian]
11. Cherkas, V. (2021). Vyroshchuvannya soi: na shcho slid zvernuty uvahu. *Ahrobiznes Sohodni*. Retrieved from: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20930-vyroshchuvannya-soi-na-shcho-slid-zvernuty-uvahu.html> [in Ukrainian]
12. Griebsh, A., Matschavelli, N., Lewandowska, S. & Schmidtk, K. (2020). Presence of *Bradyrhizobium* sp. under continental conditions in central Europe. *Agriculture*, 10 (10), 446. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100446>
13. Narożna, D., Pudelko, K., Króliczek, J., Golińska, B., Sugawara, M., Maźrzak, C. J., & Sadowski, M. J. (2015). Survival and competitiveness of *Bradyrhizobium japonicum* strains 20 years after introduction into field locations in Poland. *Applied and Environmental Microbiology*, 81 (16), 5552–5559. <https://doi.org/10.1128/AEM.01399-15>
14. Prusiński, J., Batur-Cieśniewska, A., & Borowska, M. (2020). Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to mineral nitrogen fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* seed inoculation. *Agronomy*, 10 (9), 1300. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091300>
15. Ambrosini, V. G., Fontoura, S. M. V., de Moraes, R. P., Tamagno, S., Ciampitti, I. A., & Bayer, C. (2019). Soybean yield response to *Bradyrhizobium* strains in fields with inoculation history in Southern Brazil. *Journal of Plant Nutrition*, 42, 1941–1951. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1648680>
16. Pannecoque, J., Goormachtigh, S., Ceusters, J., Debode, J., Van Waes, C., & Van Waes, J. (2018). Temperature as a key factor for successful inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* spp. under cool growing conditions in Belgium. *The Journal of Agricultural Science*, 156 (4), 493–503. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000515>
17. Kühling, I., Hüsing, B., Bome, N., & Trautz, D. (2018). Soybeans in high latitudes: Effects of *Bradyrhizobium* inoculation in north-west Germany and southern west Siberia. *Organic Agriculture*, 8, 159–171. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0181-y>
18. Albareda, M., Rodriguea-Navarro, D. N., & Temprano, F. J. (2009). Soybean inoculation: Dose, N fertilizer supplementation and rhizobia persistence in soil. *Field Crops Research*, 113 (3), 352–356. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.05.013>
19. Thilakarathna, M. S., & Raizada, M. N. (2017). A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 105, 177–196. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.11.022>
20. Duzan, H. M., Zhou, X., Souleimanov, A., & Smith, D. L. (2004). Perception of *Bradyrhizobium japonicum* Nod factor by soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] root hairs under abiotic stress conditions. *Journal of Experimental Botany*, 55 (408), 2641–2646. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh265>

21. Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A., & Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research*, 108 (1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.03.001>
22. Du, Y., Zhao, Q., Li, S., Yao, X., Xie, F., & Zhao, M. (2019). Shoot/root interactions affect soybean photosynthetic traits and yield formation: a case study of grafting with record-yield cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 10, 445. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00445>
23. Cooper, R. L. (2003). A delayed flowering barrier to higher soybean yields. *Field Crops Research*, 82 (1), 27–35. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00003-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00003-0)
24. Jarecki, W. (2023). Soybean response to seed inoculation or coating with *Bradyrhizobium japonicum* and foliar fertilization with molybdenum. *Plants*, 12 (13), 2431. <https://doi.org/10.3390/plants12132431>
25. Inokuliatyia soi yak sposib pidvyshchennia vrozhaivosti vyroshchuvanykh kultur. Retrieved from: <https://posivna.com.ua/ua/zamitky-ahronoma/inokulyatsiya-soji-yak-sposib-pidvyshchennya-vrozhaivosti-viroshchuvanykh-kultur> [in Ukrainian]
26. Rulli, M. C., Savioli, A., & D'Odorico, P. (2013). Global land and water grabbing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(3), 892–897. <https://doi.org/10.1073/pnas.1213163110>
27. Jarecki, W., & Migut, D. (2022). Comparison of yield and important seed quality traits of selected legume species. *Agronomy*, 12 (11), 2667. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112667>
28. Von Beesten, F., Miersch, M., & Recknagel, J. (2019) Inoculation of soybean seed. *Legumes Translated Practice Note 1*. Retrieved from: <https://orgprints.org/id/eprint/39224/4/von-beesten-et-al-2019-inoculation-en.pdf>
29. Pommeresche, R., & Hansen, S. (2017). Examining root nodule activity on legumes. FertilCrop Technical Note. Research Institut of Organic Agriculture (FiBL) and Norwegian Centre for Organic Agriculture (NORSØK), Frick and Tingvoll. Retrieved from: https://orgprints.org/id/eprint/31344/1/tn-wp5-root-nodules_final_2017.pdf
30. Jarecki, W. (2022). Physiological response of soybean plants to seed coating and inoculation under pot experiment conditions. *Agronomy*, 12 (5), 1095. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051095>
31. Althabegoiti, M. J., López-García, S. L., Piccinetti, C., Mongiardini, E. J., Perez-Gimenez, J., Quelas, J. I., Peticari, A., & Lodeiro, A. R. (2008). Strain selection for improvement of *Bradyrhizobium japonicum* competitiveness for nodulation of soybean. *FEMS Microbiology Letters*, 282 (1), 115–123. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2008.01114.x>
32. Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J., & Dixon, K. (2017). Seed coating: Science or marketing spin? *Trends in Plant Science*, 22 (2), 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.11.002>
33. Wächter, K., Gruber, S., & Claupein, W. (2013). Do soybean inoculants differ in their inoculation efficacy? *Journal für Kulturpflanzen*, 65 (11), 401–410. <https://doi.org/10.5073/JFK.2013.11.01>
34. Deaker, R., Roughley, R. J., & Kennedy, I. R. (2004). Legume seed inoculation technology – a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 36 (8), 1275–1288. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.04.009>
35. Chaika, T. O. (2023). Vplyv inokuliatyii nasinnia na polovu skhozhist i vyzyvannia roslyn soi za orhanichnoho vyrobnytstva. *Urozhaivist ta yakist produktii roslynnytstva za suchasnykh tekhnologii vyroshchuvannia, prysviachena 90-richchii z dnia narodzhennia profesora H. P. Zhemely: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava: PDAU. [in Ukrainian]
36. Chaika, T. O., & Ponomarenko, S. V. (2015). Tekhnoloho-ekonomichni osoblyvosti vyroshchuvannia orhanichnoi soi ta ozymoi pshenytsi na furazh. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 100–105. [in Ukrainian]
37. Chaika, T. O., Liashenko, V. V., & Khomenko, B. S. (2023). The impact of seed inoculation on soybean yield under organic cultivation technology. *Taurian Scientific Herald*, 133, 180–187. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.24>
38. Kobylynskyi, I., & Antonets, O. (2023). The impact of pre-sowing soybean seed preparation on yield capacity. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 24–28. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.05>
39. Carciocchi, W. D., Rosso, L. H. M., Secchi, M. A., Torres, A. R., Naeve, S., Casteel, S. N., Kovács, P., Davidson, D., Purcell, L. C., Archontoulis, S., Ciampitti, I. A. (2019). Soybean yield, biological N₂ fixation and seed composition responses to additional inoculation in the United States. *Scientific Reports*, 9, 19908. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56465-0>
40. López-García, S. L., Peticari, A., Piccinetti, C., Ventimiglia, L., Arias, N., De Battista, J. J., Althabegoiti, M. J., Mongiardini, E. J., Pérez-Giménez, J., Quelas, J. I., & Lodeiro, A. R. (2009). In-Furrow inoculation and selection for higher motility enhances the efficacy of *Bradyrhizobium japonicum* nodulation. *Agronomy Journal*, 101 (2), 357–363. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0155x>

ORCID

I. Kobylynskyi  <https://orcid.org/0009-0002-8101-2056>



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

Effectiveness of fertilisation of seed crops of switchgrass

A. Rytchenko | M. Kulyk

Article info

Correspondence Author

M. Kulyk

E-mail:

kulykmaksym@ukr.net

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

Citation: Rytchenko, A., & Kulyk, M. (2024). Effectiveness of fertilisation of seed crops of switchgrass. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 27–35. doi: 10.31210/spi2024.27.02.05

Today, the most pressing issue for the development of the Ukrainian economy and reduction of energy dependence is a comprehensive study and rapid implementation of alternative energy sources. Plant energy is the most affordable and annually renewable among the existing renewable energy sources. It is obtained from the phytomass of various energy crops. One of these plants is switchgrass (*Panicum virgatum* L.), which is the most widely studied. This is due to its plasticity, adaptive properties, simplified cultivation technology and high biomass yield. However, the peculiarities of the formation of seed productivity of this crop have not been fully studied. In this regard, we conducted long-term research in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. The aim of the research was to determine the effect of fertilising seed crops with the chelated preparation 'Kristalon Special' on the formation of plant biometric parameters and seed productivity of switchgrass. The material for the research was the switchgrass variety 'Zoriane'. The experiment was a two-factor one, which included: factor A – the year of the vegetation of the crop (2021–2023) and factor B – variants of spring fertilisation of switchgrass with the chelated preparation 'Kristalon Special' of different concentrations (from 10 % to 100 %, respectively, of the recommended application rate). As a result of the research, a significant increase in the biometric parameters of the generative part of switchgrass compared to the control was found. This was observed in the variants of application with 60 % of the working solution of 'Kristalon Special'. They recorded a significant increase in: flag leaf length (up to 45.3 cm), panicle length (up to 35.0 cm) and the number of panicles (4.7 pcs./plant). As a result, these variants significantly increased seed productivity by seed weight (up to 0.077 g/plant) and increased the yield of germinating seeds (up to 62.3 %). The correlation and regression analysis revealed that the seed productivity of switchgrass is in close direct correlation with the biometric parameters of the generative part of plants with a correlation coefficient of $r > 0.71$. Thus, applying foliar fertilization of crops with 60% of the working solution of 'Kristalon Special' in the spring tillering phase is the most effective among the experimental variants, which has a significant effect on the biometric parameters of the generative part of plants, as well as on increasing seed productivity and germination rate of switchgrass variety 'Zoriane'.

Keywords: switchgrass, biometric parameters of plants, generative part of plants, seed quality, productivity, correlation.

Ефективність підживлення насіннєвих посівів проса прутоподібного

А. В. Ритченко | М. І. Кулик

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Насьогодні, нагальним питанням для економічного розвитку та зниження енергозалежності України є всебічне вивчення та стрімке впровадження альтернативних джерел енергії. З-поміж існуючих поновлюваних енергоресурсів найбільш доступним та щорічно відтворюваним – є рослинний. Його отримують з фітомаси різноманітних енергетичних культур. Однією з таких рослин є просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.), її вивчають найбільше. Що пов'язано з пластичністю, адаптивними властивостями та спрощеною агротехнологією вирощування й високою врожайністю біомаси. Поряд з цим, не в повній мірі вивчені питання щодо особливостей формування насіннєвої продуктивності цієї культури. У зв'язку з чим, ми провели багаторічні дослідження в умовах центр частини Лісостепу України. Метою яких було визначити вплив підживлення насіннєвих посівів хелатним препаратом 'Kristalon Special' на формування біометричних показників рослин та насіннєву продуктивність проса прутоподібного. Матеріалом для дослідження був сорт проса прутоподібного 'Зоряне'. Дослід двофакторний, що містить: фактор А – рік вегетації культури (2021–2023 рр.) та фактор Б – варіанти весняного підживлення посівів проса прутоподібного хелатним препаратом 'Kristalon Special' різної концентрації (від 10-ти % до 100 % відповідно рекомендованої норми внесення). В результаті проведених досліджень, порівняно з контролем встановлено суттєве збільшення біометричних показників генеративної частини рослин проса прутоподібного. Що відмічали на варіантах застосування 60 % робочого розчину 'Kristalon Special'. На них зафіксовано суттєве зростання: довжини прапорцевого листка (до 45,3 см), довжини волоті (до 35,0 см), кількості волотей (4,7 шт./рослину). Як результат, на цих варіантах суттєво зростала насіннєва продуктивність за вагою насіння (до 0,077 г/рослину) та збільшився вихід схожого насіння (до 62,3 %). За результати кореляційно-регресійного аналізу визначено, що насіннєва продуктивність проса прутоподібного знаходиться у тісній прямолінійній кореляційній залежності із біометричними показниками генеративної частини рослин за коефіцієнта кореляції $r > 0,71$. Таким чином, з-поміж варіантів досліду найбільш дієвим, що має істотний вплив як на біометричні показники генеративної частини рослин, так і на збільшення насіннєвої продуктивності й виходу схожого насіння проса прутоподібного сорту 'Зоряне' є застосування позакореневого підживлення посівів 60 % робочого розчину 'Kristalon Special' у фазу весняного кушіння.

Ключові слова: просо прутоподібне, біометричні показники рослин, генеративна частина рослин, якість насіння, продуктивність, кореляція.

Бібліографічний опис для цитування: Ритченко А. В., Кулик М. І. Ефективність підживлення насіннєвих посівів проса прутоподібного. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 27–35.

Вступ

Враховуючи реалії сьогодення, основною проблемою для України є недостатні обсяги генерування енергії власного виробництва. Вирішення окресленого питання можливо при залученні до паливо-енергетичного сектору нашої країни альтернативних джерел. Особливо це актуально в секторі біоенергетики, де з рослинного ресурсу енергетичних культур можливо щорічно отримувати різні види біопалив і дешеvu енергію [1, 2]. Водночас визначено, що Україна, порівняно з іншими європейськими країнами має ряд переваг за вирощування енергетичних культур. По-перше – це сприятливі агрокліматичні умови, що дозволяють вирощувати цілий спектр енергокультур [3–5]. По-друге – наявність значних площ деградаційних та малопродуктивних ґрунтів на яких можливо закладати енергопосіви без конкуренції з продовольчими культурами [6, 7]. По-третє – екологічна складова: поліпшення агрохімічних властивостей ґрунтів, можливість використання енергокультур для їх очищення від різних забруднень. Окрім цього, за вирощування рослин енергетичного напрямку використання проявляється їх властивість накопичувати ґрунтовий вуглець. При цьому спостерігається й збагачення ґрунтів на органічну речовину. Все це відмічається за їх багаторічного вирощування на одній площі [8, 9]. Не менш важливим є й той факт, що в нашій країні вже зареєстровано сорти трав'янистих і деревних видів культур, що використовують в біоенергетиці [10]. З-поміж яких, високоадаптованою й пластичною до умов вирощування, культурою з високою продуктивністю є просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) [11–13].

Насьогодні, детально вивчено морфологію рослин за будовою пагонів проса прутоподібного за їх вирощування в різних умовах [14], встановлено вплив біометричних показників рослин інших енергокультур на формування їх продуктивності [15].

Розроблено систему управління ростовими процесами на початкових етапах органогенезу проса прутоподібного. Доведено, що як польова схожість насіння, так і поява сходів – зростали нелінійно у міру збільшення розміру насіння й не залежали від глибини його заробки. Водночас структура ґрунту мала значний вплив на процес проростання насіння проса прутоподібного [16].

Попередніми дослідженнями встановлено мінливість біометричних показників рослин та їх насінневої продуктивності. Доведено вплив умов вирощування на формування урожайних властивостей та посівних якостей насіння проса прутоподібного. Визначено, що біометричні показники рослин з генеративної їх частини мають суттєвий вплив на врожайність насіння. Обґрунтовано, що крупність насіння й термін його зберігання впливають на якість насіння. Що показано у взаємозв'язку з особливостями формування насіння на материнських рослинах проса прутоподібного за різних умов його вирощування [17].

Інші автори встановили, що підбір сорту до вирощування має суттєвий вплив на насінневу

продуктивність проса прутоподібного. Цей показник варіював у значних межах за досліджуваними сортозразками, в більшій мірі залежав від тривалості їх вегетаційного періоду. Виокремлено за насінневою врожайністю сортозразок проса прутоподібного 'Кейв-ін-рок' (0,137 т/га), для 'Форестбур' цей показник становив – 0,128 т/га, а для 'Небраска' – 0,124 т/га, інші – суттєво менше [18].

Відповідно результатів досліджень В. В. Дриги разом із співавторами обґрунтовано особливості формування якості насіння проса прутоподібного залежно від погодних умов. Що здійснено у взаємозв'язку з міжфазними періодами росту й розвитку рослин. Доведено, що наявність для рослин вологи у період «сходи-викидання волоті», оптимального або близького до нього значення у фазу «цвітіння», та наявність посушливих умов періоду «формування та дозрівання насіння» має суттєвий вплив на якість насіння проса прутоподібного [19].

Зарубіжні автори, поряд з впливом погодних умов на специфіку формування насіння на материнських рослинах проса прутоподібного пов'язують із його біологічним спокоєм, активністю зародку під час проростання та властивостями насінної оболонки [20].

Тому, для підвищення показників якості насіння даної культури застосовують ряд заходів. Це, передусім відбір насіння за крупністю [21]. В ряді зарубіжних публікацій доведено вплив сівби крупного насіння на його посівні якості й ростові процеси рослин родини тонконогові на початкових етапах вегетації. Що, згідно твердження авторів, мало вплив на укорінення посівів та формування продуктивності досліджуваних культур [22–24].

Зважаючи на значну увагу вчених до вивчення насінневої продуктивності та якості насіння енергетичних культур, в Україні дане питання залишається не до кінця дослідженим. Що відображається на недостатніх обсягах виробництва власного насінневого матеріалу й закладки ним нових енергопосівів трав'янистих енергокультур, в т.ч. і проса прутоподібного. Таким чином, пошук шляхів збільшення обсягів виробництва високоякісного насіння проса прутоподібного в Україні є актуальним питанням, що потребує подальшого вивчення.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у визначенні впливу підживлення насінневих посівів хелатним препаратом 'Kristalon Special' на формування біометричних показників рослин та насінневу продуктивність проса прутоподібного.

Завдання досліджень передбачали: виявити вплив підживлення посівів різними концентраціями препарату 'Kristalon Special' на біометричні показники рослин й насінневу продуктивність проса прутоподібного та встановити взаємозв'язок між ними.

Матеріали і методи

Протягом 2021–2023 років експеримент проведено у польовому досліді в умовах с. Веселий Поділ Кременчуцького району Полтавської області.

Що територіально відноситься до Лівобережної частини центральної частини Лісостепу України. Клімат місця проведення досліджень – помірно-континентальний з нестійким (в деякі роки – недостатнім) зволоженням, холодною зимою і жарким, а, в деяких роках – посушливим літом.

Матеріалом для дослідження був сорт проса прутіноподібного 'Зоряне'. Дослід двофакторний, що містив: фактор А – рік вегетації культури: перший – третій, та фактор В – варіанти весняного підживлення посівів проса прутіноподібного хелатним препаратом 'Kristalon Special' різної концентрації: вар. 1 – без позакореневої обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Хелатний препарат 'Kristalon Special' за вмістом (NPK)₁₈ містить збалансований уміст макро-, мезо- та мікроелементів. Рекомендовано вносити у фазі 4–6 листків по культурам родини тонконогові шляхом позакореневого підживлення посівів. Даний препарат застосовували у фазу весняного куціння рослин проса прутіноподібного. Для цього, в день внесення готували робочий розчин, додаючи від 0,3 до 1,5 кг/га

препарату на 100 літрів води залежно від варіанта досліду (від 10-ти % до 100 % концентрації).

Закладання і проведення польових дослідів здійснювали відповідно до методики дослідної справи в агрономії [25, 26] та наукових рекомендацій [27].

Спостереження та обліки біометричних показників рослин із снопових зразків рослин проводили за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [28], та з урахуванням методики [29].

Врожайність насіння проса прутіноподібного визначали шляхом суцільного збору рослин з ділянок кожного з чотирьох повторень за варіантами досліду, з послідовним обмолотом й зважуванням насіння та перерахунку на гектарну площу.

Для підтвердження достовірності отриманих даних застосовували методи математичної статистики (дисперсійний аналіз) з розрахунком F_{05} при 5-ти % рівні значущості та коефіцієнтів кореляції (регресійний аналіз) [30].

Результати та їх обговорення

Періоди вегетації проса прутіноподібного за роки проведення досліджень у вказаних умовах під час вирощування культури характеризувався нестійкими кліматичними параметрами (рис. 1–2).

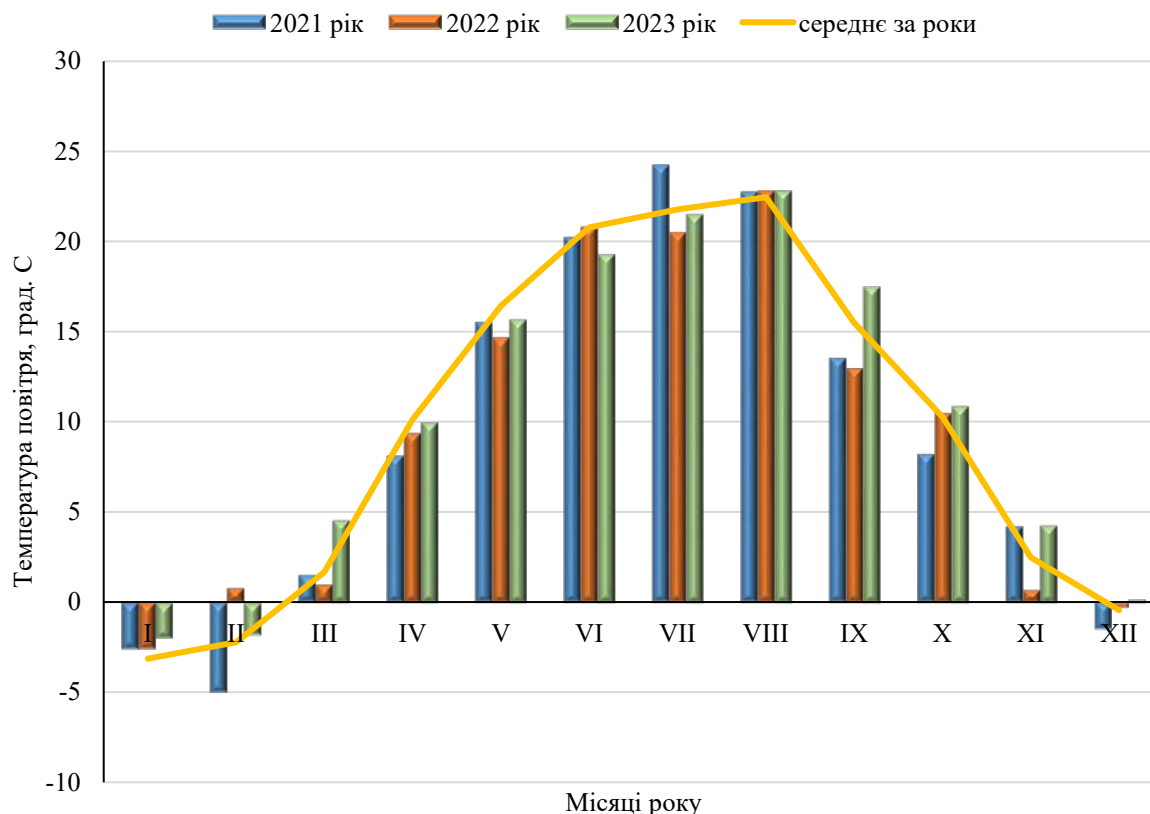


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря за 2021–2023 рр.

В умовах проведення дослідження упродовж років спостереження в окремі періоди вегетації досліджуваної культури відмічали відхилення середньодобової температури повітря від середньо-

багаторічних показників. Ці відхилення у бік збільшення, порівняно із середніми багаторічними показниками фіксували у наступні періоди: у липні 2021 року та серпні-вересні 2023 р.

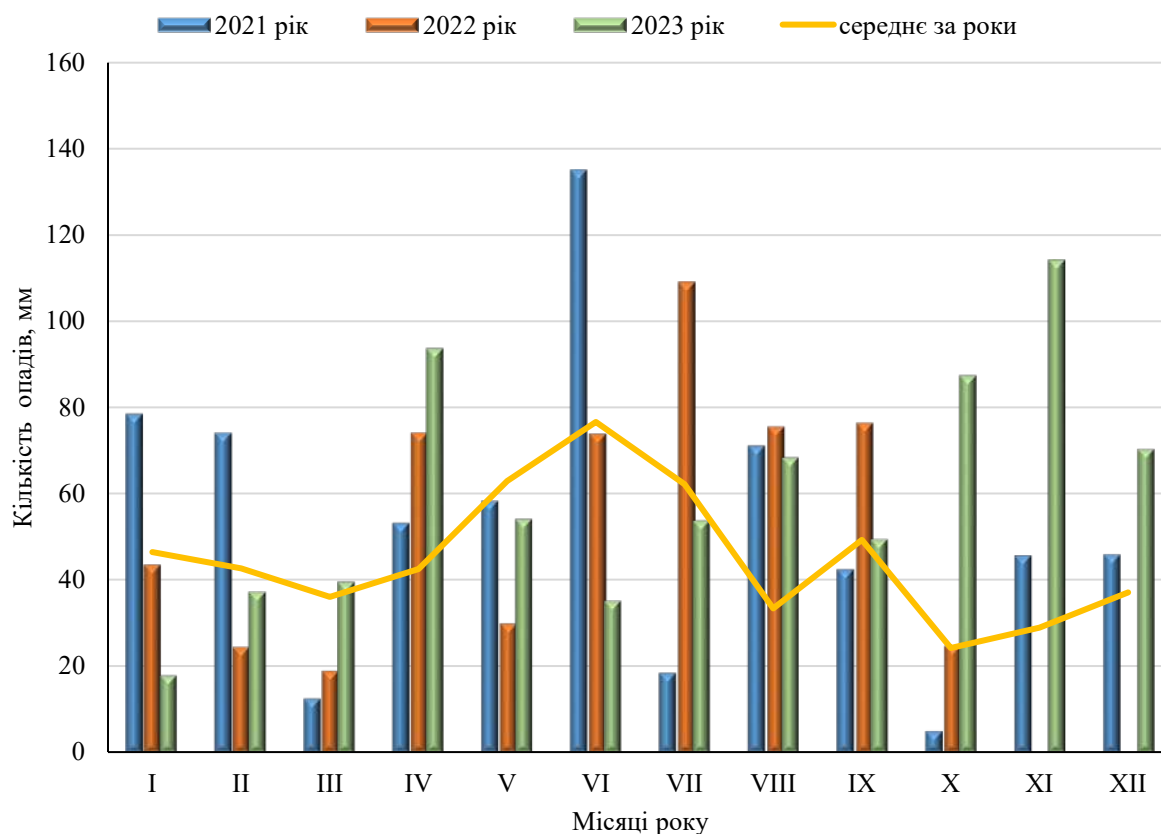


Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів 2021–2023 рр.

Протягом 2021–2023 років відмічали відхилення середньомісячної кількості опадів від середньо-багаторічних показників. Надмірна кількість опадів була у квітні, червні й серпні 2021 року, а також у квітні, серпні–вересні 2022 року. Збільшення кількості опадів порівняно із середніми даними відмічали також у квітні, серпні, жовтні-листопаді 2023 року.

Протягом періоду вегетації проса прутноподібного, що вирощували в умовах Лісостепу спостерігали й окремі посухи, що припадали на окремі періоди літніх місяців 2022–2023 рр.

За результатами досліджень встановлено (в розрізі варіантів досліду й за роками дослідження) мінливість біометричних показників генеративної частини рослин проса прутноподібного (табл. 1–3).

Таблиця 1

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутноподібного, 2021 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	35,2	23,1	3,0	179,5	0,048	0,023
вар. 2	36,4	25,3	3,2	188,0	0,050	0,025
вар. 3	37,9	27,4	3,2	197,1	0,053	0,027
вар. 4	40,2	28,0	3,3	202,0	0,059	0,032
вар. 5	42,5	30,2	3,2	206,0	0,059	0,034
вар. 6	43,4	30,4	3,3	203,1	0,061	0,033
вар. 7	43,5	30,3	3,2	204,0	0,062	0,034
Середнє	40,7	28,6	3,3	200,5	0,057	0,031
НІР ₀₅	1,43	0,52	0,13	4,02	0,011	0,002

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

В умовах першого вегетаційного року біометричні показники генеративної частини рослин варіювали: довжина прапорцевого листка – від 35,2 до 43,5 см, довжина волоті – від 23,1 до 30,4 см, кількість насіння з волоті – від 179,5 до 206 шт./рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантами досліду суттєво

не змінювалася, була сталою у середньому становила 3,2 шт./рослину.

З урахуванням ваги насіння до та після очистки ми визначили відсоток схожого насіння проса прутноподібного за варіантами досліду (рис. 3).

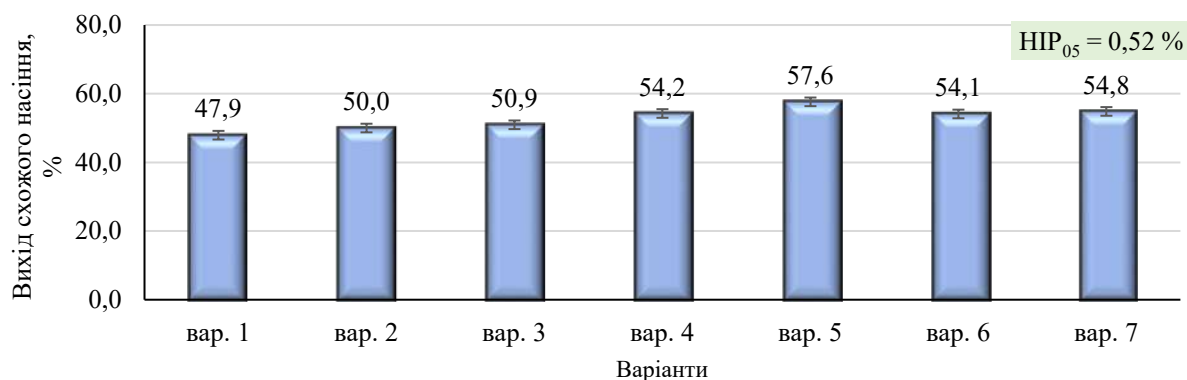


Рис. 3. Відсоток виходу схожого насіння проса прутіноподібного першого року вегетації, 2021 р.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Порівняно із контрольними варіантами (47,9 %) найбільший вихід насіння (57,6 %) відмічали на варіантах обробки рослин проса прутіноподібного 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Застосування більших концентрацій препарату (80–100 %) не призводило до істотного зростання даного показника.

Для умов другого вегетаційного року, порівняно із першим, зафіксовано зростання біометричних показників рослин. Відмічено також мінливість виходу насіння з волоті та ваги схожого насіння проса прутіноподібного за варіантами дослідів (табл. 2).

Таблиця 2

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутіноподібного, 2022 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	39,3	30,2	3,3	201,4	0,054	0,028
вар. 2	40,5	32,4	3,4	203,8	0,059	0,031
вар. 3	42,9	33,2	3,9	205,7	0,063	0,034
вар. 4	44,1	36,8	4,4	209,5	0,078	0,046
вар. 5	46,0	37,0	4,5	210,8	0,081	0,047
вар. 6	44,4	33,5	3,8	206,6	0,069	0,037
вар. 7	44,3	34,1	3,7	207,8	0,070	0,038
Середнє	43,1	33,9	3,9	206,5	0,068	0,037
HIP ₀₅	0,46	0,26	0,12	0,50	0,002	0,002

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

В умовах другого вегетаційного року біометричні показники генеративної частини рослин проса прутіноподібного варіювали: довжина прапорцевого листка – від 39,3 до 46,0 см, довжина волоті – від 30,2 до 37,0 см, кількість насіння з волоті – від 201,4 до 210,8 шт./ рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантам була в межах – від 3,3 до 4,5

шт./рослину. При цьому визначено, що найбільше значення за даними показниками зафіксовано на варіантах де проводили обробку рослин 40 і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Пізні концентрації застосування цього препарату мали вплив і на вихід схожого насіння проса прутіноподібного (рис. 4).

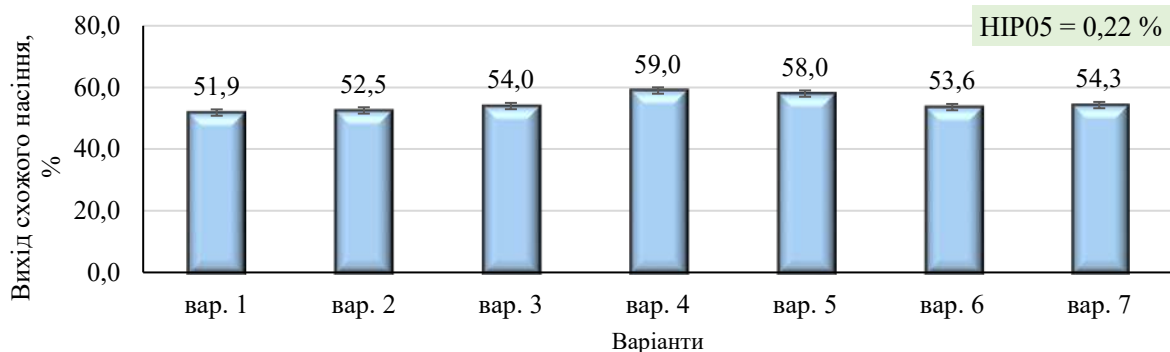


Рис. 4. Відсоток виходу схожого насіння проса прутіноподібного другого року вегетації, 2022 р.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Відсоток виходу схожого насіння у рослин проса прутноподібного другого року вегетації змінювався в межах – від 51,9 до 59,0 %. Найбільше значення за цим показником зафіксовано на варіантах де проводили обробку рослин 40 і 60 % розчином 'Kristalon Special'. Як зменшені концентрації

внесення препарату, так і збільшені не призводять до суттєвого підвищення даного показника.

В умовах третього року вегетації проса прутноподібного відмічаємо збільшення кількісних показників рослин, порівняно з першим та другим роками вегетації культури (табл. 3).

Таблиця 3

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутноподібного, 2023 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	40,2	31,8	4,1	210,2	0,063	0,033
вар. 2	41,1	33,1	4,3	214,3	0,069	0,041
вар. 3	43,6	34,0	5,1	215,7	0,074	0,047
вар. 4	46,8	37,2	6,2	222,9	0,090	0,061
вар. 5	47,5	37,4	6,3	223,1	0,092	0,062
вар. 6	45,4	34,2	5,9	219,7	0,079	0,050
вар. 7	45,5	34,5	5,7	220,1	0,080	0,049
Середнє	44,3	34,6	5,4	218,0	0,078	0,049
НІР ₀₅	0,21	0,18	0,12	0,71	0,002	0,001

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

На третій вегетаційний рік біометричні показники генеративної частини рослин проса прутноподібного змінювалися в межах: довжина прапорцевого листка – від 40,2 до 47,5 см, довжина волоті – від 31,8 до 37,4 см, кількість насіння з волоті – від 210,2 до 223,1 шт./ рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантам була в межах – від 4,1 до 6,3

шт./рослину. Застосування позакореневого підживлення рослин 60 % розчину препарату 'Kristalon Special' дозволило суттєво збільшити ці показники.

Мінливість показника вихід схожого насіння проса прутноподібного третього року вегетації наведено на рис. 5.

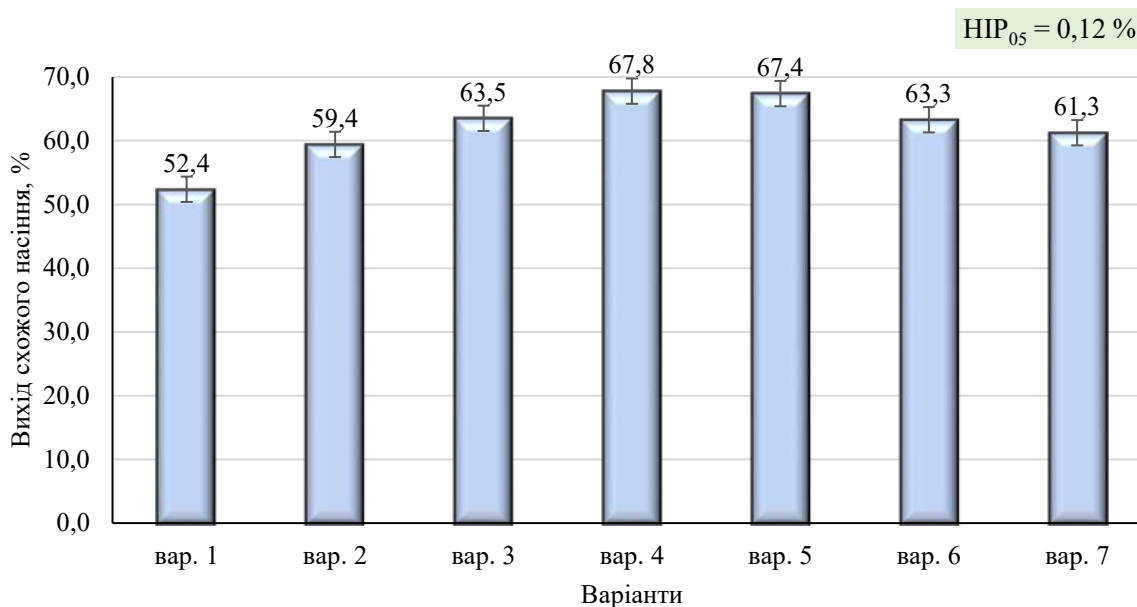


Рис. 5. Відсоток виходу схожого насіння проса прутноподібного третього року вегетації, 2023 р.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Вихід схожого насіння був найбільшим на варіантах обробки рослин проса прутноподібного 40 і 60 % робочим розчином хелатного препарату, на інших – відмічали суттєве зниження даного показника.

У середньому за три роки, порівняно з контролем виокремлено варіанти на яких істотно зростають кількісні показники рослин проса прутноподібного залежно від застосування у підживленні насінневих посівів препаратом 'Kristalon Special' (табл. 4, рис. 6).

Таблиця 4

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутюподібного, середнє за 2021–2023 рр.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	38,2	28,4	3,5	197,0	0,055	0,028
вар. 2	39,3	30,3	3,6	202,0	0,059	0,032
вар. 3	41,5	31,5	4,1	206,2	0,063	0,036
вар. 4	43,7	34,0	4,6	211,5	0,076	0,046
вар. 5	45,3	35,0	4,7	213,3	0,077	0,048
вар. 6	44,4	32,7	4,3	209,8	0,070	0,040
вар. 7	44,3	33,0	4,2	210,6	0,071	0,040
Середнє	42,4	32,1	4,1	207,2	0,067	0,039
НІР ₀₅	1,47	1,23	0,29	3,43	0,0048	0,0039

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

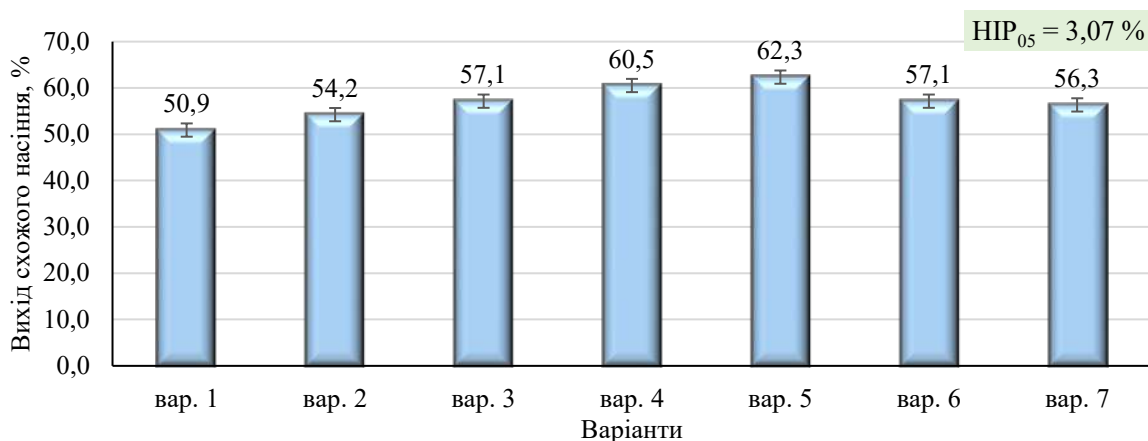


Рис. 6. Відсоток виходу схожого насіння проса прутюподібного третього року вегетації, середнє за 2021–2023 рр.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Визначено суттєве зростання виходу схожого насіння проса прутюподібного, порівняно з контролем (50,9 %) на варіантах позакореневої обробки рослин 40-ка і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special', відповідно – до 60,5 і 62,3 %.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлені зв'язки між кількісними показниками генеративної частини рослин та насінневою продуктивністю проса прутюподібного за вагою схожого насіння (рис. 7–9).

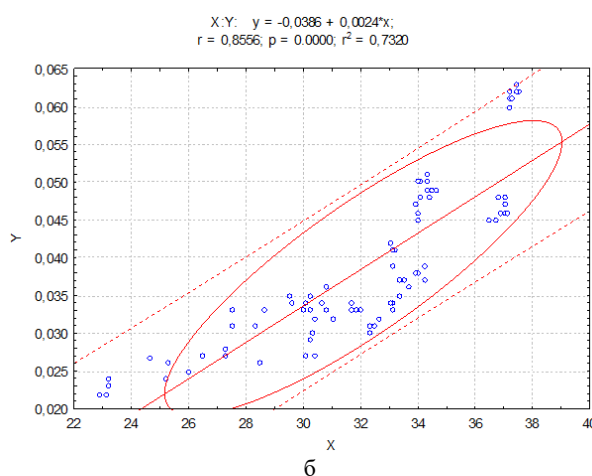
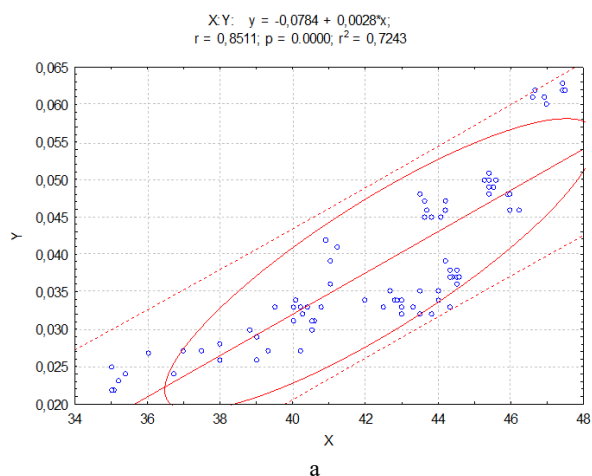


Рис. 7. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин

(а – довжина прапорцевого листка, б – довжина волоті) та насінневою продуктивністю проса прутюподібного, 2021–2023 рр.

Визначено, що продуктивність насіння проса прутюподібного має тісний кореляційний зв'язок

з довжиною прапорцевого листка (r 0,85) та довжиною волоті (r 0,86).

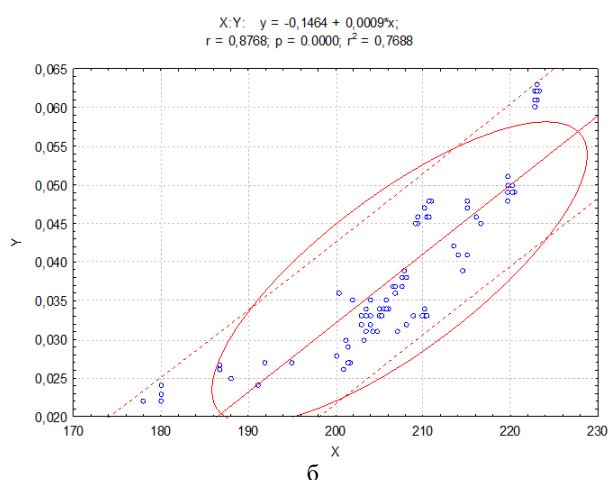
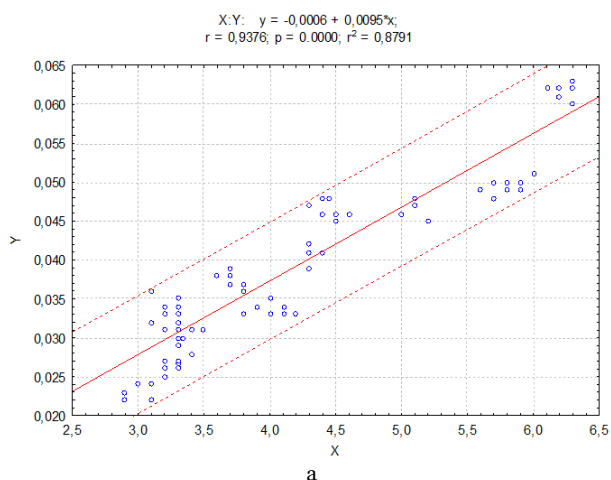


Рис. 8. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин

(а – кількість волотей на рослині, б – кількість насіння з волоті) та насінневою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Насіннева продуктивність проса прутоподібного має тісний кореляційний зв'язок з

кількістю волотей на рослині ($r=0,94$) та кількістю насіння з волоті ($r=0,88$).

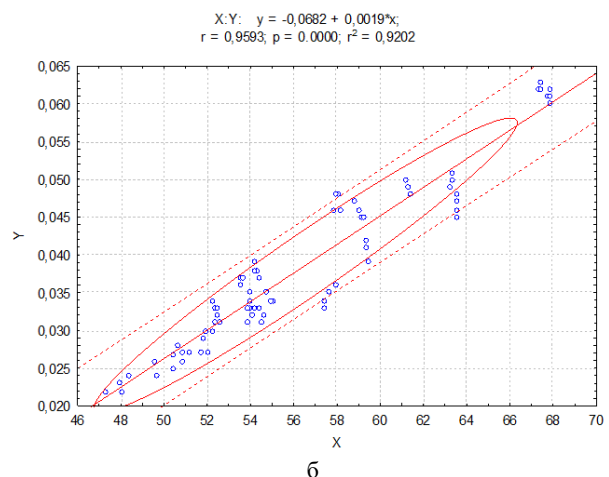
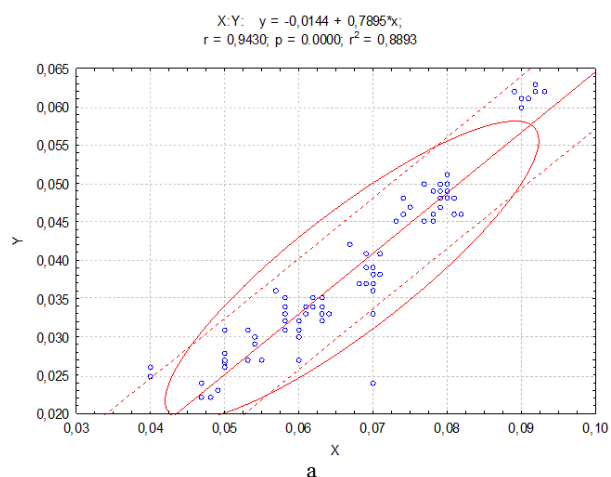


Рис. 9. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин

(а – вага насіння з волоті, б – відсоток виходу схожого насіння) та насінневою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Вага насіння з волоті має щільний кореляційний зв'язок з насінневою продуктивністю проса прутоподібного ($r=0,94$) та виходом схожого насіння ($r=0,96$).

Таким чином, формування високої насінневої продуктивності проса прутоподібного залежить як від біометричних показників рослин, так і від застосування весняного підживлення посівів хелатним препаратом.

Висновки

За результатами трьохрічних досліджень встановлено суттєве збільшення біометричних показників генеративної частини рослин проса прутоподібного на варіантах застосування 60 % робочого розчину 'Kristalon Special'. Порівняно з контролем та іншими варіантами досліджу, відмічено суттєве зростання: довжини прапорцевого листка (до 45,3 см), довжини волоті (до 35,0 см), кількості волотей (4,7 шт./рослину). Як результат, на цих варіантах суттєво зростала насіннева продуктивність проса прутоподібного за вагою насіння 0,077 (г/рослину), а вихід схожого насіння був максимальним (62,3 %).

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні регуляційних механізмів впливу погодних умов у взаємозв'язку з агротехнологічними заходами та їхнього комплексного впливу на врожайність схожого насіння проса прутоподібного. Що буде основою для розробки рекомендацій щодо ефективного управління насінневими посівами для забезпечення гарантованого отримання якісного насіннєвого матеріалу для закладки нових посівів енергетичних культур для біопаливного напряму використання.

Визначено, що насіннева продуктивність проса прутоподібного знаходиться у тісній прямолинійній кореляційній залежності із біометричними показниками генеративної частини рослин за коефіцієнтів кореляції $r > 0,71$.



Конфлікт інтересів

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

References

1. Kurylo, V. L., Roik, M. V., & Hanzhenko, O. M. (2013). Bioenergy in Ukraine: state and prospects for development. *Bioenergy*, 1, 5–10.
2. Pryshliak, N. (2021). Potential possibilities of growing bioenergy crops for the production of solid biofuels, *Agrosvit*, 1-2, 33–45. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.1-2.33>
3. Biliavskiy Yu. V., & Biliavska L. H. (2019). Analiz ahroklimatychnykh ta hruntovykh umov Lisostepu Ukrainy dlia vyroshchuvannia silskohospodarskykh ta enerhetychnykh kultur. In: *Optymalni enerhe-tychni systemy z urakhuvanniam naiavnogo potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii u Lisostepu Ukrainy: kolektyvna monohrafiia*. (pp. 6–12). Poltava: PP “Astraia” [in Ukrainian]
4. Kurylo, V. L., Rakhmetov, D. B., & Kulyk, M. I. (2018). Biological features and potential of yield of energy cultures of the family of thin-skinned in the conditions of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 11–17. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.01>
5. Chaika, T. O., & Yasnolob, I. O. (2017). Enerho-ekonomichni perspektivy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini. In: *Rozrobka ta vdoskonalennia enerhetychnykh system z urakhuvanniam naiavnogo potentsialu alternatyvnykh dzherel enerhii: kolektyvna monohrafiia*. (pp. 86–92). Poltava: Ukrpromtorhservis [in Ukrainian]
6. Kulyk, M. I. (2023). *Enerhetychni kultury : sortyment, biolohiia, ekolohiia, ahrotekhnolohiia: kolektyvna monohrafiia*. Poltava: “Astraia” [in Ukrainian]
7. Kalinichenko, A., Kalinichenko, O., & Kulyk, M. (2017). Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine. In: *Odnavialne zrodlia energii - teoria i praktyka. Tom II. Monograph*. (pp. 163–179). Opole, Kijov: Uniwersytet Opolski
8. Kulyk, M., Galytska, M., Samoylik, M., & Zhornyk, I. (2019). Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*, 2 (1), 65–73 <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14020>
9. Ferchaud, F., Vitte, G., & Mary, B. (2015). Changes in soil carbon stocks under perennial and annual bioenergy crops. *GCB Bioenergy*, 8 (2), 290–306. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12249>
10. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini u 2023 rotsi. *Ministerstvo ahronoi polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/revestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian]
11. Gumentyk, M. Ya., Chernysky, V. V., Gumentyk, V. M., & Kharytonov, M. M. (2020). Technology for two switchgrass morphotypes growing in the conditions of Ukraine’s Forest Steppe zone. *Inmateh Agricultural Engineering*, 61 (2), 71–76. <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-08>
12. Rakhmetov, D., Verhuno, O., & Rakhmetova, S. (2014). *Panicum virgatum* L. – promising introduced crop in M. M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Plant Introduction*, 63, 3–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1554736>
13. Kassel, P. C., Mullen, R. E., & Bailey, T. B. (1985). Seed yield response of three switchgrass cultivars for different management practices. *Agronomy Journal*, 77 (2), 214–218. <https://doi.org/10.2134/agronj1985.00021962007700020010x>
14. Shcherbakova, T. O., & Rakhmetov, D. B. (2017). Structural peculiarities of shoots of switch grass (*Panicum virgatum* L in the context of introduction in the Right-Bank Forest-Steppe and Polissia zones of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13 (1), 85–88. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.1.2017.97334>
15. Rozhko, I., D’omin, D., & Kulyk, M. (2021). Influence of plant biometrics on biomass yield of introduced rare energy crops. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 114–123. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.14>
16. Brejda, J. J., Brown, J. R., Wyman, G. W., & Schumacher, W. K. (1994). Management of Switchgrass for Forage and Seed Production. *Journal of Range Management*, 47 (1), 22. <https://doi.org/10.2307/4002835>
17. Kulyk, M. I., & Rozhko, I. I. (2018). Yield properties and sowing characteristics of switchgrass seed depending upon cultivation conditions. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 78–84. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.12>
18. Dryha, V. V., Doronin, V. A., Kravchenko, Yu. A., & Doronin, V. V. (2022). Preparation of panicle millet (*Panicum virgatum* L.) seeds for sowing. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 71 (2), 112–125. [https://doi.org/10.32636/01308521.2022-\(71\)-2-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-2-8)
19. Dryha, V. V., Doronin, V. A., Honcharuk, H. S., & Balahura, O. V. (2022). Peculiarities of the seed quality formation in switchgrass varieties of different maturity groups under the effect of weather conditions. *Advanced Agritechnologies*, 10 (1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264341>
20. Adkins, S. W., Bellairs, S. M., & Loch, D. S. (2002). Seed dormancy mechanisms in warm season grass species. *Euphytica*, 126 (1), 13–20. <https://doi.org/10.1023/a:1019623706427>
21. Aiken, G. E., & Springer, T. L. (1995). Seed size distribution, germination, and emergence of 6 switchgrass cultivars. *Journal of Range Management*, 48 (5), 455. <https://doi.org/10.2307/4002252>
22. Kneebone, W. R., & Cremer, C. L. (1955). The relationship of seed size to seedling vigor in some native grass species. *Agronomy Journal*, 47 (10), 472–477. <https://doi.org/10.2134/agronj1955.00021962004700100007x>
23. Mian, M. A. R., & Nafziger, E. D. (1994). Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter Wheat. *Crop Science*, 34 (1), 169–171. <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183x003400010030x>
24. Springer, T. L. (1991) Caryopsis size and germination of *Andropogon gerardii* pedicellate and sessile spikelets. *Seed Science and Technology*, 19, 461–468.
25. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., & Kalenska, S. M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Navchalnyi posibnyk: u 2 knyzhakh*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
26. Moiseichenko, V. F., & V. O. Yeshchenko (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian]
27. 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]
28. Vovkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vypusk 2: Zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury*. Kyiv [in Ukrainian]
29. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). Methodology of conducting field and laboratory researches with switchgrass (*Panicum virgatum* L.). Poltava: RVV PDAA.
30. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6: Metodychni vkazivky*. Kyiv [in Ukrainian]

ORCID

A. Rytchenko  <https://orcid.org/0000-0002-2190-6384>
M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>



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

Grain storage in polymer sleeves as an answer to the challenge of the wartime in Ukraine

O. Barabolia 

Article info

Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

olga.barabolia@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str.,

Poltava, 36003,

Ukraine

Citation: Barabolia, O. (2024). Grain storage in polymer sleeves as an answer to the challenge of the wartime in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 36–41. doi: 10.31210/spi2024.27.02.06

The impact of military operations on agricultural production is catastrophic and is manifested in decreasing the areas of farmlands because of occupation or mining, the lack of labor force, rising prices of resources (seeds, fertilizers, fuel) at simultaneous decreasing the cost of manufactured products as a result of the complicated marketing logistics, destroying and damaging granaries and machinery. The purpose of the article is to study the peculiarities of using polymer sleeves for grain storage under hostilities on the territory of Ukraine. In similar conditions, the question arises of using non-traditional technologies of grain storage, the so called Argentine technology of grain storage in polymer sleeves can be referred to them. At present, it is the best of all known technologies of moist grain storage not only for fodder, but also for food purposes, and the cost of storage is approximately by 2–3 times lower, than on an elevator. Owing to high sleeve hermetic properties, grain mass self-compaction takes place because of decreasing its biological activity, and grain storage under zero temperatures assists in the natural cooling the sleeve content. The expediency of using grain sleeves is also stipulated by logistic peculiarities that are connected with the seasonal fluctuations of grain production. It has been proven by the investigations that the storage in polymer sleeves without losing grain amount and quality is possible for more than half a year depending on its moisture content. At present, the method of the controlled atmosphere is used to improve the process of storage; this method presupposes the creation of atmospheric gases mixture rich in CO₂ and a low content of O₂, or their combination. The use of special wireless sensors of Internet-of-Crops® platform produced by Centaur company, is also introduced for the remote monitoring the temperature, grain humidity, O₂ and/or CO₂ concentration, which enables to control grain quality when it is stored in any granary.

Keywords: grain, granary, polymer grain sleeves, moisture content, quality, storage.

Зберігання зерна в полімерних рукавах як відповідь на виклик воєнного часу в Україні

О. В. Бараболя

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Вплив воєнних дій на сільськогосподарське виробництво є катастрофічним і проявляється у зменшенні площ сільськогосподарських угідь через окупацію або замінування, неолік робочої сили, подорожчання ресурсів (насінина, добрива, паливо) за одночасного зниження вартості виробленої продукції через ускладнену логістику реалізації, знищення та пошкодження зернохосвищ і техніки. Мета статті – дослідження особливостей використання полімерних рукавів для збереження зерна в умовах воєнних дій на території України. В подібних умовах постає питання використання нетрадиційних технологій збереження зерна, до яких можна віднести так звану аргентинську технологію зберігання зерна в полімерних рукавах. На сьогоднішній день це найкраща з усіх відомих технологій зберігання вологого зерна не тільки на корм, але й для харчових цілей, а вартість зберігання приблизно в 2–3 рази нижча, ніж на елеваторі. Завдяки високій герметичності рукава відбувається самоущільнення зернової маси за рахунок зниження її біологічної активності, а зберігання його при нульових температурах сприяє природному охолодженню вмісту рукава. Доцільність використання зернових рукавів також обумовлена логістичними особливостями, які пов'язані з сезонністю виробництва зерна. Дослідженнями доведено, що зберігання в полімерних рукавах без втрати кількості й якості зерна можливе більше півроку залежно від його вологості. Наразі для покращення процесу зберігання використовується метод контрольованої атмосфери, що передбачає створення у полімерному зерновому рукаві суміші атмосферних газів, багатих CO₂ і низьким вмістом O₂, або їх комбінації. Активно також впроваджується використання спеціальних бездротових датчиків і платформи Internet-of-Crops® від компанії Centaur для дистанційного моніторингу температури, вологості зерна, концентрації O₂ та/або CO₂, що дозволяє контролювати якість зерна на зберіганні у будь-якому зернохосвищі.

Ключові слова: зерно, зернохосвище, полімерні зернові рукава, вологість, якість, зберігання.

Бібліографічний опис для цитування: Бараболя О. В. Зберігання зерна в полімерних рукавах як відповідь на виклик воєнного часу в Україні. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 36–41.

До повномасштабної війни Україна була одним із провідних торговців сільськогосподарською продукцією у світі, експортуючи продовольство в достатній кількості, щоб прогодувати понад 400 млн людей щороку [1]. Проте внаслідок військової агресії у лютому 2022 року відбулись масове переміщення населення, призов на військову службу чоловіків, окупація величезних ділянок сільськогосподарських угідь ускладнили або унеможливили фермерам вирощувати й обробляти свої посіви на полях. Перешкождали виробництву відсутність і доступ до найважливіших сільськогосподарських ресурсів, таких як насіння, добрива та паливо. Великі площі сільськогосподарських угідь були та залишаються небезпечними через наявність мін, забруднення вибухами тощо [2], що вимагатиме тривалого часу та ресурсів для відновлення їх родючості [3].

Вплив воєнних дій на сільськогосподарське виробництво є катастрофічним. Незважаючи на те, що виробництво пшениці в Україні в 2022/2023 роках перевищило очікування, та досягло [4] 21,5 млн тонн [5], що майже на 35 % менше, ніж за попередній період. Виробництво в 2023/2024 роках очікується на рівні 23,4 млн тонн [5], що складає 108,8 % попереднього періоду та 70,9 % відносно 2021/2022 років.

Проте скорочення виробництва – це чи не єдина проблема, з якою стикаються фермери в Україні [6]. Збої в діяльності після збору врожаю, наприклад, при зберіганні та транспортуванні, ставлять під загрозу можливість фермерів доставити свій урожай на ринок. Руйнування складських споруд спричинило значні втрати після збору врожаю та зниження якості, не кажучи вже про значне обмеження ємностей для зберігання у майбутньому [7]. Необхідно відмітити, що зерносховища – це категорія, яка зазнає пошкоджень навіть відносно далеко від лінії фронту й є пріоритетною ціллю для знищення агресором після військових та енергетичних об'єктів.

За даними дослідження [8] в результаті воєнних дій розрахункова сукупна ємність пошкоджених зерносховищ складає 3,3 млн тонн одночасного зберігання, в той же час 11,3 млн тонн потужностей повністю знищено, що призвело до загальних збитків у 1,8 млрд доларів. В результаті на 19,5 % було скорочено потужності для зберігання аграрної продукції, і це без урахування потужностей для зберігання, які є недоступними через окупацію та залишаються неушкодженими.

Таким чином, перед вітчизняними фермерами постає проблема не тільки у проведенні посівних і жнивних робіт під час воєнних дій, а й збереження як цілісності зерна, так і його якості. По-перше, при зберіганні зерна необхідно враховувати, що посіви є біологічними системами, яким притаманні властивості дихання, післязбирального дозрівання, самозігрівання та проростання. Фізіологічні процеси – це процеси, що відбуваються внаслідок життєдіяльності його живих компонентів (зерна, насіння бур'янів, комах, кліщів, мікробів) [9].

В результаті набуває актуальності використання альтернативних технологій тимчасового зберігання зерна, з яких найбільш перспективним є використання полімерних рукавів [10]. Ідея зберігання зерна в

спеціальних гнучких герметичних полімерних рукавах виникла в Аргентині, де відчувався значний брак потужностей для зберігання зерна [11]. Протягом сезонів збору врожаю 2008 та 2010 років лише в Аргентині в них зберігалось понад 33 млн та 43 млн метричних тонн зерна відповідно. Ці рукава використовувалися для зберігання кукурудзи, сої, пшениці, соняшника, пивоварного ячменю, канолі, насіння бавовни, рису, сочевиці, сорго, бобів і навіть добрив [12].

Взагалі, полімерні рукава для зерна набули широкого використання в усьому світі, у Північній та Південній Америці, Африці, Аргентині, Азії, Австралії та на Близькому Сході. Південна Америка найширше використовує цей підхід через систему Silobag для тимчасового зберігання сухого зерна й олійних культур [12].

Зберігання зерна в полімерних рукавах у порівнянні з традиційними способами має унікальну перевагу щодо вологості. У закритому середовищі, тобто полімерному рукаві, кисень поступово споживається при диханні живих організмів (O_2), тому концентрація вуглекислого газу (CO_2) зростає [13, 14]. Так, для досягнення майже 100 % смертності комах концентрація O_2 має знизитися до 1–3 % або CO_2 має підвищитися до 35 % [15, 16]. В результаті мікроклімат всередині полімерного рукава змінюється і стає несприятливим для розвитку патогенів і шкідливих організмів, тому зерно може зберігатися довше без втрати якості [17]. Герметичне середовище забезпечує зниження біологічної активності всередині зернової маси, що є основною причиною самозігрівання зерна. Розміщення зерна в рукавах відбувається безпосередньо на полі, а збереження вологого зерна під час низьких температур, тобто в пізній осінній і зимовий час, природним чином сприяє його охолодженню завдяки великій площі поверхні 4–5 тис. m^2 для зерна вагою 150–200 тонн [18, 19].

Полімерні зернові рукава, довжиною 60–75 м, виготовляються з семи, п'яти та трьох (відповідно до розміру 3,6 м, 2,7 м і 2,4 м відповідно) [20] непрозорих і нероздільних шарів поліетилену, кожен з яких має свої властивості, виготовлений з відмінних полімерів з різними добавками та стабілізаторами (рис. 1). Ультрафіолетові добавки в матеріалі рукава запобігають шкідливому впливу ультрафіолетового спектру на продукти, що зберігаються [21, 22].



Рис. 1. Зберігання зерна в полімерних зернових рукавах
Джерело: дані [21].

Завдяки цим властивостям плівки зерно не порушує рукав власною вагою, а сприяє його рівномірному розтягуванню. Внутрішній шар рукава виготовляється з поліетилену чорного кольору, тоді як зовнішній – білого кольору, щоб зерно не перегрівалося на сонці [11].

В середньому за діаметром рукава (2,7 м) після наповнення спеціальною зернопакувальною машиною (пакетувальником, AG BAG, *рис. 2*) вміщується 200 тонн зерна. Тоді, з урахуванням мінімально допустимої відстані між рукавами на 1 га поля можна зберігати 5 тис. тонн зерна [11]. У полімерних рукавах, довжиною 3,6 м, обсяг зерна на зберігання складає 300 тонн [20]. Однак практики рекомендують, повністю його не наповнювати, а лише на 75 %, щоб під час виймання зерна набитий рукав не лопнув [18].



Рис. 2. Закладання зерна на зберігання в полімерні рукава

Джерело: дані [18].

Перед завантаженням зерна у полімерні рукава необхідно ретельно підготувати поле для їх укладання, відібравши ідеально рівні ділянки з належним дренажем і звільнивши його від каміння, пнів, металевих предметів тощо, які можуть призвести до розриву рукава. На обраному полі рекомендується внести безводний аміак для знищення гризунів, що дозволить багаторазово використовувати поле без зайвих витрат [11].

Отже, технологічний процес зберігання зерна в полімерних рукавах відрізняється простотою, але не є легким. Необхідно приділяти достатньо уваги та дотримуватись визначених норм, які регулюються Інструкцією щодо технології зберігання зерна у зерносховищах із застосуванням полімерних зернових рукавів [23].

Зберігання зерна в полімерних рукавах без втрати його якості зазвичай залежить від його вологості (*таблиця 1*) [24]. У дослідженні [25] було порівняно різні способи зберігання зерна – майданчик току, одноповерховий склад, металевий силос, елеватор і полімерний рукав. В результаті визначено, що протягом 8 місяців зберігання зерна найменші втрати маси в межах 0,35–0,42 %, збільшення вологості на 0,1 %, незмінна засміченість і відсутність зараженості зерна були в умовах металевого силосу та полімерного рукава. Порівняння технологічних показників якості зерна за різних способів зберігання засвідчило їх зміни, але найбільшими вони були за зберігання на майданчику току. За зберігання в

полімерному рукаві протягом 8 місяців відбувалося незначне зниження натурі (на 0,52 %) і скловидності зерна (на 2,0 %), масова частка клейковини майже залишалася на колишньому рівні (збільшення на 0,1 %), а якість клейковинного комплексу поліпшувалася (індекс деформації клейковини зменшився на 7,3 %) [25, 26].

Таблиця 1

Тривалість зберігання зерна в полімерних рукавах в залежності від рівня вологості

Вологість, %	Якість зерна за термінів зберігання, міс.		
	задовільна	нормальна	відмінна
Більше 16	3	2	1
14–16	12	6	2
До 14	18	12	6

Джерело: дані [24].

Доцільність використання полімерних рукавів також обумовлена логістичними особливостями, які пов'язані з сезонністю виробництва зерна, оскільки пікові навантаження на перевізників підвищують тарифи на транспортування, а надлишок пропозиції нового врожаю сприяє зниженню закупівельних цін на зерно [11]. Як вже було зазначено, у полімерних рукавах можливе зберігання вологого зерно, яке не завжди вдається досушити до необхідного рівня через погодні умови, адже збирання багатьох видів зерна припадає на осінній період і природне сушіння зерна значно ускладнене, а використання сушильного обладнання пов'язане з дорогими витратами на теплоносії. Фактично, зберігаючи зерно в полімерних рукавах на полі, відпадає необхідність традиційного моніторингу зерна на елеваторі, його перемішування з метою уникнення самонагрівання, а також витрат енергії на активну вентиляцію тощо [18, 24].

Проведені дослідження показали, що під час зберігання в полімерних рукавах вологість посівного зерна майже не змінюється [18, 25], однак його доцільно висушити до стандартних норм, що гарантуватиме довший термін зберігання. Оптимальна вологість зерна становить 14–15 %, тоді як на практиці в разі потреби можна закладати в полімерні рукава зерно кукурудзи з високою вологістю до 20 %, а фуражне – до 40 %. Виходячи з цих даних, цілком безпечна вологість кукурудзи на зерно становить 13,6 % (відповідає відносній вологості повітря 67 %), що корелює з межею необхідної умови для розвитку грибних організмів при температурі +25 °C [18].

Переваги зберігання зерна в полімерних рукавах полягають у наступному [11]:

- 1) відносно низькі інвестиційні витрати на впровадження технології з можливістю кооперованого використання машин і обладнання;
- 2) зниження логістичних витрат на зберігання та транспортування зерна;
- 3) можливість зберігання як сухого зерно, так і зерно підвищеної вологості, що забезпечує економію витрат у разі штучне сушіння;
- 4) незалежність від транспортних компаній, що економить час і кошти;

5) відсутність недооцінки елеваторами якості зерна (втрата ціни);

6) уникнення змішування партій зерна, що зменшує загальну вартість пропозиції;

7) покращення якісних і цінових характеристик зерна після зберігання за рахунок післязбирального дозрівання в рукавах;

8) уникнення зупинки збору врожаю через відсутність транспортних засобів та вільних приміщень для зберігання зерна;

9) краща візуалізація продуктів у разі іпотечних операцій з банком або надання агенту страхової компанії застави для отримання кредиту;

10) дешевше приблизно в 2–3 рази від зберігання зерна на сертифікованих елеваторах.

В той же час, зберігання зерна в полімерних рукавах має певні недоліки [17, 27]:

1) ймовірність пошкодження під час зберігання посівного матеріалу продуктами анаеробної діяльності;

2) порушення пломбування (людьми, птахами, дикими тваринами), що обумовлює необхідність ретельного постійного моніторингу та підвищує вартість зберігання;

3) короткий термін служби (2–4 роки) через низьку механічну міцність рукавів;

4) потреба в спеціальній техніці для завантаження та розвантаження;

5) необхідність регулярного контролю за станом зерна, ручна термометрія.

Для безпечного зберігання зерна в полімерних рукавах існує досвід запровадження методу контрольованої атмосфери (Controlled Atmosphere, CA) – це підхід до модифікації складу газу в рукаві, який зазвичай виробляється штучно та підтримується незмінним шляхом додавання необхідних газів (CO_2 або N_2) з балонів під тиском або іншим способом. Метою обробки CA є створення суміші атмосферних газів, багатих CO_2 і низьким вмістом O_2 , або комбінації цих двох газів у полімерних зернових рукавах. Концентрація газу підтримується протягом усього періоду зберігання для боротьби зі шкідниками [12, 28, 29].

Методи CA використовуються серед широкого асортименту зернохосовищ. Наприклад, його успішне застосування в герметичних сталевих бункерах в Австралії, де вуглекислий газ із сухого льоду рециркулював через зерно, та в бетонних зернових елеваторах. Оскільки цей метод не використовує токсичні гази чи інші пестициди, він вважається екологічно чистим. В результаті створена у зернохосовищі штучна атмосфера запобігає розвитку грибків і підтримує найвищу якість продукту [12].

Найкращою практикою безпечного зберігання є точний моніторинг стану зерна, включаючи концентрацію газу в герметичних структурах. Так само, як і при використанні фумігаційних газів, слід контролювати обробку CA концентраціями O_2 та/або CO_2 для забезпечення успішного застосування. Як традиційна практика, були встановлені лінії відбору проб газу, щоб забезпечити моніторинг за допомогою приладів для вимірювання газу. Такий моніторинг виконується технічним персоналом на місці у

заздалегідь визначений регулярний час, зокрема під час очищення від газу та під час обробки СА. Для цього необхідний регулярний візит технічного персоналу для моніторингу змін концентрації газу. Цей метод потребує додаткового часу та виїзду на місце, що здорожчує моніторинг, а отже і вартість зберігання зерна [12].

Необхідно відзначити використання спеціальних бездротових датчиків (рис. 3) і платформи Internet-of-Crops® від компанії Centaur (рис. 4) для дистанційного моніторингу температури, вологості зерна, концентрації O_2 та/або CO_2 , що дозволяє контролювати якість зерна на зберіганні у будь-якому зернохосовищі.

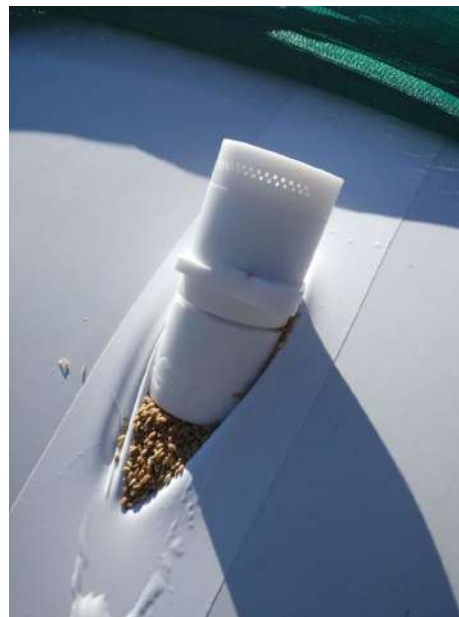


Рис. 3. Розміщення бездротового датчика в полімерному рукаві
Джерело: [12].



Рис. 4. Принцип роботи платформи Internet-of-Crops® у зернохосовищі
Джерело: [30].

Доцільність використання цих технологій обумовлена тим, що для отримання ефекту від використання СА необхідно багато днів, а оброблене зерно може бути розташоване на значній відстані від

місця розташування оператора. Алгоритми прогнозування псування зерна, вбудовані в платформу Internet-of-Crops, допомагають оператору приймати рішення та спрямовують до будь-якого необхідного втручання під час СА або зберігання зерна [30].

Висновки

Метою наведеного огляду наукових і дослідницьких літературних джерел було обґрунтувати доцільність використання полімерних рукавів для збереження зерна в умовах воєнних дій на території України. З літературних джерел встановлено, що вплив воєнних дій на сільськогосподарське виробництво є катастрофічним. В подібних умовах постає питання використання нетрадиційних технологій збереження зерна, до яких можна віднести технологію зберігання зерна в полімерних рукавах, яка є ефективною альтернативою щодо металевих силосів, елеваторів, складів. Наразі ця технологія є найкращою з усіх відомих для зберігання вологого зерна не тільки на корм, але й для харчових цілей протягом понад півроку залежно від його вологості. На сьогодні для покращення процесу зберігання застосовується метод контрольованої атмосфери – створення суміші атмосферних газів, багатих CO₂ і низьким вмістом O₂, або їх комбінації. Активно впроваджується використання спеціальних бездротових датчиків і платформи Internet-of-Crops® від компанії Centaur для дистанційного моніторингу температури, вологості зерна, концентрації O₂ та/або CO₂, що дозволяє контролювати якість зерна на зберіганні у будь-якому зерносховищі.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Khoury, E. (2022). Ukraine: Six months of war and humanitarian response amid a global food crisis. *World Food Programme*. Retrieved from: <https://www.wfp.org/stories/ukraine-six-months-war-and-humanitarian-response-amid-global-food-crisis>
2. Chaika, T., & Korotkova, I. (2023). Directions and reproduction soil fertility technologies in the post-war period in Ukraine. *Agrobiologija*, 1 (179), 142–156. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-142-156>
3. Chaika, T. O., & Korotkova, I. V. (2023). Vidnovlennia rodiuchosti gruntu v Ukraini pislia voiennykh dii. In T. Chaika (Ed.), *Zakhyst i vidnovlennia ekolohichnoi rinvovahy ta zabezpechennia samovidnovlennia ekosystem : kolektyvna monohrafiia*. (pp. 232–281). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
4. Larger Wheat Harvest in Ukraine Than Expected. *Earthobservatory*. Retrieved from: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150590/larger-wheat-harvest-in-ukraine-than-expected>
5. Ukraine wheat area, yield and production. *USDA*. Retrieved from: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/default.aspx?id=UP&crop=Wheat>
6. Barabolia, O., & Latysh, A. (2024). The prospects of hard spring wheat cultivation to ensure internal consumption. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (1), 64–68. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.11>
7. Conflict and postharvest losses – the case of Ukraine (2023). *APHLIS*. Retrieved from: <https://www.aphlis.net/en/news/54>
8. Neiter, R., Zoria, S., & Muliari, O. (2024). *Zbytky, vtraty ta potreby silskoho hospodarstva cherez povnomashtabne vtronnennia*. Retrieved from: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/02/RDNA3_ukr.pdf [in Ukrainian]
9. Khan, A., Singh, A. V., Gautam, S. S., Agarwal, A., Punetha, A., Upadhyay, V. K., Kukreti, B., Bundela, V., Jugran, A. K., & Goel, R. (2023). Microbial bioformulation: a microbial assisted biostimulating fertilization technique for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1270039>
10. Barabolia, O., & Kyrychenko, D. (2022). Promising technologies of grain storage during emergency situations. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 25–31. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.03>
11. Kolodiihuk, V., & Dubnevych, Y. (2019). Technical and technological support for grain stocks management of agricultural producers in the conditions of elevator capacity deficiency in Ukraine. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 19 (3), 319–328.
12. Keeping Grain Safe in Sealed Storage: Latest techniques. *Centaur*. Retrieved from: <https://centaur.ag/how-to-keep-grain-safe-in-sealed-storage/>
13. Ibpoto, Kh., & Magan, N. (2008). Comparison of the respiration and dry matter loss in stored wheat and rice crop at different temperatures and water activities. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 4 (3), 301–306.
14. Raudienė, E., Rušinskas, D., Balčiūnas, G., Juodeikienė, G., & Gailius, D. (2017). Carbon dioxide respiration rates in wheat at various temperatures and moisture contents. *MAPAN*, 32 (1), 51–58. <https://doi.org/10.1007/s12647-016-0202-4>
15. Navarro, S. (2006). Modified atmospheres for the control of stored-product insects and mites. *Insect Management for Food Storage and Processing*, 105–145. <https://doi.org/10.1016/b978-1-891127-46-5.50016-7>
16. Xihong, R., Zhanggui, Q., Yongjian, F., Shuzhong, F., Quan, L., Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X., & Guan, L. (1998). Effects of oxygen concentration on the mortality of four adult stored-product insects in low dosage phosphine fumigation. *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection* (p. 364–366). China: Beijing.
17. Manandhar, A., Paschal Milindi, P., & Shah, A. (2018). An overview of the post-harvest grain storage practices of smallholder farmers in developing countries. *Agriculture*, 8 (4), 57. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040057>
18. Fedorchuk, A. (2014). Kladiť volohe zerno v mishky. *AgroTimes*. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/article/kladit-vologe-zerno-v-mishki/> [in Ukrainian]
19. Barabolia, O. V., Tatarko, Y. V., & Antonovskiy, O. V. (2020). The influence of variety features of winter wheat grain on the quality of bakery properties. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 21–27. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.02>
20. Polymer Sleeves for Grain Storage 1.95 m 60 m 200 mkm-250 mkm. *Made-in-China*. Retrieved from: <https://longxing.en.made-in-china.com/product/qwITphAKrdrs/China-Polymer-Sleeves-for-Grain-Storage-1-95m-60m-200mkm-250mkm.html>
21. Turatbekova, A., Kuramboev, T., Ergasheva, O., Kayumova, N., Babayev, A., Jumanazarov, S., & Tasheva, U. (2024). Study on physiobiological features of grain and contemporary storage methods. *E3S Web of Conferences*, 497, 03022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449703022>
22. Perevahy ta nedoliky polietylenovykh rukaviv. UA-REGION. Retrieved from: <https://www.ua-region.com.ua/article/packaging/perevagi-ta-nedoliki-polietylenovykh-rukaviv> [in Ukrainian]
23. Instruktsiia shchodo tekhnolohii zberihannia zerna u zernoskhovnyshchakh iz zastosuvanniam polimernykh zernovykh rukaviv : zatverdzheno Nakazom Ministerstva ahramoi polityky ta prodovolstva Ukrainy vid 04.02.2011 N 10 (z0175-11). (2011). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0176-11#Text> [in Ukrainian]
24. Podpriatov, H. I., Rozhko, V. I., & Skaletska, L. F. (2014). *Tekhnolohiia zberihannia ta pererobky produktii roslynnytstva*. Kyiv: Ahrama osvita. [in Ukrainian]
25. Kovalenko, M. V. (2018). Ekonomichne obgruntuvannia innovatsiinykh tekhnolohii zberihannia zerna. *Ekonomika i Suspilstvo*, 16, 348–356. [in Ukrainian]

26. Barabolia, O. V. (2012). Formation of grain quality of hard spring wheat, terms and methods of its harvesting. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 60–64. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.01.14>
27. Lysenko, V. M., Himpel, V. V., & Nikonorova, V. M. (2014). Shliakhy pidvyshchennia enerhoefektyvnosti pry zberihanni zernovykh ta oliinykh kultur. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriiia Mekhanizatsiia ta Avtomatyzatsiia Vyrobnnychkykh Protsesiv*, 11 (26), 42–46. [in Ukrainian]
28. Chaika, T., & Barabolia, O. (2022). Impact of damage of winter grain wheat by the corn bug (*Eurygaster integriceps* Put.) on the crop and grain quality. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 135–141. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.16>
29. Zhemela, H. P., & Barabolia, O. V. (2012). The baking quality of soft winter wheat depending on the damage of grain by a bedbug-tortoise. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 11–13. <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.01.02>
30. Manage your Grain with Award-Winning Technology. *Centaur*. Retrieved from: <https://centaur.ag/grain/>

ORCID

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



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

Peculiarities of the pathogenesis of septoriosis of spring wheat in the conditions of the Eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine

V. Turenko | Ye. Oleynikov | A. Kovalenko

Article info

Correspondence Author

V. Turenko

E-mail:

turenko.065@gmail.com

State Biotechnological
University,
44 Alchevskikh str.,
Kharkiv, 61002, Ukraine

Citation: Turenko, V., Oleynikov, Ye., & Kovalenko, A. (2024). Peculiarities of the pathogenesis of septoriosis of spring wheat in the conditions of the Eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 42–46. doi: 10.31210/spi2024.27.02.07

In recent years, spring wheat crops have been seriously harmed by foliar diseases, as evidenced by studies conducted by well-known scientists of Ukraine. In the phytopathogenic complex of spring wheat, pathogens of fungal etiology prevailed. The most common pathogen is *Septoria tritici* Desm. (telomorph *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel/J. Schrot). The article presents the results of a study on the study of bioecological features of septoriosis development of spring wheat *Septoria tritici* Desm. When the plants were affected by the causative agent of septoriosis, spots of an elongated rectangular shape, straw-colored, oily in appearance were formed due to the numerous formation of pycnidia. In septoriosis, the primary inoculum was sumcospores, which were formed in perithecia on plant remains. With high air humidity, ascospores were released and spread by wind and rain, affecting young plants. The secondary source of infection was infected plants on which conidial sporulation was formed. Pycnosporos were formed inside the pycnidia, and under favorable conditions, the pathogen produced 6 to 12 generations per growing season. The optimal air temperature for septoriosis is 20–23 °C and the average daily air humidity is 66–80 %. We established that the pycnosporos of the pathogen germinated on the leaves in 10–15 hours. The incubation period was 6–10 days. The causative agent *S. tritici* contained 15–18 thousand pycnosporos in one pycnid. We have proven that the prevalence of the disease in the spring wheat variety Kharkivska 30 in the tillering phase was 14.8–15.2 %, during development it was 6.2–6.7 %. In the phase of emergence into the tube, the prevalence of the disease was 33.7–34.9 % with a degree of development of 10.2–13.3 %. In the phase of milk-wax maturity, the prevalence of septoriosis was 55.6–57.4 %, and the development of the disease was 22.7–24.1 %. Knowledge of the bioecological features of the development of the disease provides an opportunity for planning and effective implementation of protective measures to limit the spread and development of septoriosis of wheat. Carrying out systematic monitoring and diagnosis of diseases is of crucial importance in the development and improvement of spring wheat protection technology and control of phytopathogens. To protect spring wheat from septoriosis, a comprehensive approach is required with the use of breeding and genetic, agrotechnical, biological and chemical measures, taking into account the forecast of the development of the disease in a specific region of crop cultivation.

Keywords: spring wheat, variety, pathogen, distribution, development, septoriosis of leaves and ears.

Особливості патогенезу септоріозу пшениці ярої в умовах Східної частини Лісостепу України

В. П. Туренко | Є. С. Олейніков | А. С. Коваленко

Державний
біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна

В останні роки суттєвої шкодливості посівам пшениці ярої завдають листкові хвороби, про що свідчать дослідження, проведені відомими вченими України. У фітопатогенному комплексі пшениці ярої переважали збудники грибної етіології. Найбільш поширеним збудником захворювання є *Septoria tritici* Desm. (теліоморфа *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel/J. Schrot). У статті наведено результати дослідження по вивченню біоекологічних особливостей розвитку септоріозу пшениці ярої *Septoria tritici* Desm. При ураженні рослин збудником септоріозу утворювалися плями видовженої прямокутної форми, солом'яного кольору маслянисті на вигляд за рахунок численного формування пікнід. У септоріозу первинним інкулюмом були сумкоспори, які формувалися в перитеціях на рослинних рештках. При підвищеній вологості повітря сумкоспори вивільнювалися і розносилися вітром та дощем, уражуючі молоді рослини. Вторинним джерелом інфекції були інфіковані рослини, на яких формувалося конідиальне спороншення. Пікноспори утворювалися всередині пікнід і за сприятливих умов патоген давав від 6 до 12 генерацій за вегетаційний період. Оптимальною температурою повітря для септоріозу є 20–23 °C та середньодобова вологість повітря 66–80 %. Нами встановлено, що пікноспори збудника проростали на листі за 10–15 годин. Інкубаційний період складав 6–10 діб. У збудника *S. tritici* в одній пікніді містилося 15–18 тис. пікноспор. Нами доведено, що на сорті пшениці ярої Харківська 30 у фазі кушіння поширеність хвороби складала 14,8–15,2 %, при розвитку 6,2–6,7 %. У фазі виходу в трубку поширеність хвороби становила 33,7–34,9 % за ступеня розвитку 10,2–13,3 %. У фазі молочно-воскової стиглості поширеність септоріозу була 55,6–57,4 %, а розвиток хвороби 22,7–24,1 %. Знання біоекологічних особливостей розвитку хвороби дає можливість для планування та ефективного проведення заходів захисту по обмеженню поширеності та розвитку септоріозу пшениці. Здійснення систематичного моніторингу і діагностики захворювань має вирішальне важливе значення в розробці та удосконаленні технології захисту пшениці ярої і контролю фітопатогенів. Для захисту пшениці ярої від септоріозу необхідний комплексний підхід із застосуванням селекційно-генетичних, агротехнічних, біологічних та хімічних заходів з урахуванням прогнозу розвитку хвороби у конкретному регіоні вирощування культури.

Ключові слова: пшениця яра, сорт, збудник, поширеність, розвиток, септоріоз листя та колосу.

Бібліографічний опис для цитування: Туренко В. П., Олейніков Є. С., Коваленко А. С. Особливості патогенезу септоріозу пшениці ярої в умовах Східної частини Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 42–46.

Вступ

Захист пшениці від хвороб є суттєвим резервом збільшення валового збору зерна та підвищення його якості. В останні роки фітосанітарний стан посівів зернових культур в Україні, особливо пшениці, погіршився. Середня її урожайність в 2018–2023 рр. складала 2,92 т/га, тоді як потенційна продуктивність сучасних сортів 7,5–12,0 т/га. Зерно пшениці один з найважливіших продуктів харчування населення і додаткова стаття прибутку від експорту. Один із факторів, що суттєво знижує її урожайність є хвороби. У світовому масштабі вони становлять понад 30 млрд. доларів. Середньорічний недобір світового врожаю зернових культур становить близько 26 млн. тон. Суттєву шкідливість посівам пшениці причиняють плямистості і ураженість її навіть у мінімальному ступені призводить до великих втрат врожаю. Це обумовлено кризовими явищами в екології, зниженням рівня агротехніки, дефіцитом засобів захисту та мінеральних добрив, порушенням технологій вирощування культури. Захист пшениці від хвороб є суттєвим резервом збільшення валового збору зерна і підвищення його якості [2, 3, 9–14, 17, 23].

В останні роки суттєвої шкідливості посівам пшениці ярої завдають листові хвороби, про що свідчать дослідження, проведені відомими вченими України [1, 4–6, 8, 15, 16, 18–22], які досліджували питання поширеності, шкідливості хвороб, стійкості сортів та розробляли заходи захисту від них. Подальші дослідження в регіоні за цим напрямом мають важливе значення в одержанні високих і стабільних урожаїв та обґрунтуванням заходів захисту пшениці ярої в умовах Східного Лісостепу України.

Мета дослідження

Метою роботи було встановити біоекологічні особливості розвитку септоріозу пшениці ярої в умовах Східної частини Лісостепу України

Матеріали і методи

Польові та лабораторні дослідження були проведені впродовж 2018–2023 рр. Стационарні польові досліди були закладені у ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» Харківського району Харківської області східної частини Лісостепу України.

Використовували сорти пшениці ярої Спадщина, Нашадок, Харківська 30, Харківська 41 (установа оригінації Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН). Дослід польовий, дрібно-ділянковий (розмір ділянок – 10 м²).

Енергію проростання та лабораторну схожість насіння пшениці ярої визначали згідно з вимогами ДСТУ 4138-2002 (2003).

Облік хвороб листя пшениці ярої проводили за загальноприйнятими методиками, септоріозу з використанням методики В. Ф. Пересипкіна та ін. (1977).

Морфолого-біологічні особливості збудника *Septoria tritici* Desm. досліджували відповідно до методичних вказівок В. Й. Білай (1982). Штучну інокуляцію рослин *Septoria tritici* Desm. здійснювали за загальноприйнятими методиками Г. В. Пижикової (1984). Мікроскопування органів спороношення проводили за допомогою біологічного мікроскопа Біолам 70-С при збільшенні об'єктів досліджень у 300–600 разів, виміри інфекційних структур збудників хвороб – окулярним мікрометром МОВ-1-15, мікрофотографування структур грибів виконували за допомогою фотонасадки МФН.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за методикою Б. А. Доспехова (1985) за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel-2010.

Результати та їх обговорення

Проведений нами моніторинг фітосанітарного стану посівів пшениці ярої показав, в Східному Лісостепу України впродовж 2018–2023 рр. в патогенному комплексі культури домінували септоріоз листя та колосу, борошніста роса, бура листовка іржа.

Аналіз шкідливості хвороб засвідчив, що в останній час відбуваються зміни у структурі видового складу патогенних мікоміцетів. Крім того постійно відбуваються еволюційні процеси в популяціях збудників хвороб, що збільшують їх генетичну різноманітність.

В умовах даного регіону велику частку серед основних хвороб, збудники яких уражують пшеницю, займають хвороби листя і колосу.

Разом з тим, до питання недобору урожаю цієї культури необхідно підходити з аналізом комплексу факторів, серед яких найбільш важливим по відношенню до зменшення маси зерна і його поживних властивостей являються хвороби грибної етіології, недобір зерна від комплексу хвороб складав в середньому 10–12 %.

Септоріоз пшениці (збудником хвороби є *Septoria tritici* Desm.) серед хвороб зернових культур є однією із найбільш поширених та шкідливих хвороб. В Східному Лісостепу України ця хвороба зустрічається щорічно і повсюдно. На зернових культурах відмічено від 8 до 15 видів родів *Septoria* та *Staganospora*. В Україні септоріоз поширений в усіх ґрунтово-кліматичних зонах, де вирощується озима та яра пшениця.

Встановлено, що ураження збудником даної хвороби приводило до зменшення асиміляційної поверхні листя, порушення процесу фотосинтезу в рослинах, що завдавало значних втрат врожаю. Вони становили 6–8 %, а в епіфітотійні роки досягали 30%, що негативно впливало на якість зерна. Широкому поширенню хвороби сприяли висока вологість та помірна температура повітря. Це динамічна хвороба, яка розвивалася з року в рік при широкому діапазоні температур, опадів та вологості повітря, що підтверджують експериментальні дані

проведених нами досліджень. Особливо після фази колосіння в роки проведених досліджень розвиток хвороби становив 10,2–13,5 % у зв'язку з тим, що септоріоз найбільшу шкідливість проявляв у фазі трубкування-колосіння пшениці, а стійкі сорти відсутні, хвороба набувала значного поширення в період вегетації. Вона проявлялася на листках, листових піхвах, стеблах і колосках. Симптоми хвороби різнилися залежно від збудника. У польовій популяції патогенів питома вага *S. tritici* становила 85–90 %, *St. nodorum* 6–8 %. Домінуюче положення в комплексі збудників септоріозу належить *S. tritici*. Ці збудники мають чіткі морфологічні відмінності. Для даного збудника характерним є утворення численних золотаво-коричневих пікнід з отвором. Вони мають бути приплюснутими або еліптичними розміром 100–150 мкм. Розміри пікноспор *St. nodorum* значно менші, ніж *S. tritici*.



Рис. 3. Симптоми прояву септоріозу на листках пшениці ярої в ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське», червень 2021 рік
(фото автора)

У септоріозу первинним інкулюмом були сумкоспори, які формувалися в перитеціях на рослинних рештках. При підвищеній вологості повітря сумкоспори вивільнювалися і розносилися вітром та дощем, уражуючі молоді рослини. Вторинним джерелом інфекції були інфіковані рослини, на яких формувалося конідіальне спороношення. Пікноспори утворювалися всередині пікнід. За сприятливих умов патоген давав від 6 до 12 генерацій за вегетаційний період. Слід зазначити, що статеві стадії патогена були імовірним джерелом виникнення резистентності до різних хімічних класів застосованих фунгіцидів. Додатковим джерелом інфекції були дикорослі злакові та дводольні рослини. Оптимальною температурою для септоріозу є 20–23 °С та середньодобова вологість повітря 66–80 %. Нами встановлено, що пікноспори

Перші симптоми септоріозу ми виявили на нижніх листках у вигляді еліпсоподібних жовтих плям, які поступово буріли, потім темніли. Центр плям ставав попелисто-сірим з добре помітними темно-бурими крапками-пікнідами патогена. За сприятливих умов кількість плям і їх розміри швидко зростали. На поверхні плям формувалися темно-коричневі або чорні плодові тіла – пікніди. За прохолодної вологої погоди *St. nodorum* уражував колосові лусочки й насіння. Зерно мало зморшкувату поверхню, меншу масу або не відрізнялося від здорового. При ураженні рослин збудником *S. tritici* утворювалися плями видовженої прямокутної форми, солом'яного кольору маслянисті на вигляд за рахунок численного формування пікнід (рисунки 1).

збудника проростали на листі за 10–15 годин. Інкубаційний період складав 6–10 діб. У збудника *S. tritici* в одній пікніді містилося 15–18 тис. пікноспор. Нами доведено, що на сорті пшениці Харківська 30 у фазі кушення поширеність хвороби складала 14,8–15,2 % при розвитку 6,2–6,7 %. У фазі виходу в трубку поширеність хвороби становила 33,7–34,9 % при ступені розвитку 10,2–13,3%. У фазі молочно-воскової стиглості поширеність септоріозу становила 55,6–57,4 %, а розвиток хвороби 22,7–24,1 %.

Сорти пшениці, що мали добре розвинуті соковиті листки, уражувалися в більшому ступені, а сорти з довгою соломиною у меншому. Інтенсивність розвитку хвороби по краях поля була більшою, а також на зріджених посівах. Сорти пшениці з довгим вегетаційним періодом уражувалися в більшому ступені порівняно зі скоростиглими (табл. 1).

Таблиця 1

Скринінг стійкості сортів пшениці ярої до ураження септоріозом в ННВЦ «Дослідне поле Доучаєвське», середнє за 2018-2021 рр.

Сорти	Кущіння		Вихід в трубку		Молочно – воскова стиглість	
	поширеність,%	розвиток,%	поширеність,%	розвиток,%	поширеність,%	розвиток,%
Харківська 30	14,8	6,2	33,7	10,2	55,6	22,7
Харківська 41	15,7	7,3	35,2	11,5	57,8	25,4
Спадщина	14,3	5,9	32,4	9,5	54,2	22,4
Нащадок	15,2	6,7	34,9	13,3	57,4	24,1
НІР ₀₅	0,32	0,28	0,22	0,35	0,30	0,26

Дані **табл. 1** свідчать, що стійких в захисті від септоріозу сортів пшениці ярої у господарстві не виявлено, але на загальному фоні можна стверджувати, що це сорт Спадщина. Разом з тим, під час аналізу ураженості сортів слід враховувати фактори господарської діяльності сільсько-господарського підприємства.

Захист пшениці озимої в сучасних умовах ускладнюється внаслідок того, що спеціалізація та інтенсифікація сільськогосподарського виробництва обмежують можливості застосування профілактичних заходів, які стримують чисельність і шкодочинність фітопатогенів.

Таким чином для захисту пшениці озимої від септоріозу необхідний комплексний підхід з урахуванням прогнозу розвитку хвороби у конкретному регіоні вирощування культури.

Висновки

Проведений моніторинг фітосанітарного стану посівів пшениці ярої показав, в Східному Лісостепу України впродовж 2018–2023 рр. в патогенному комплексі культури домінували септоріоз листя та колосу, борошніста роса, бура листкова іржа. Септоріоз пшениці (збудником хвороби є *Septoria tritici* Desm.) серед хвороб зернових культур є однією із найбільш поширених та шкідливих хвороб. В Східному Лісостепу України. На зернових культурах відмічено від 8 до 15 видів родів *Septoria* та *Staganospora*. Оптимальною температурою повітря для розвитку септоріозу є 20–23 °С та середньодобова вологість повітря 66–80 %. Встановлено, що пікноспори збудника проростали на листі за 10–15 годин. Інкубаційний період складав 6–10 діб. У збудника *S. tritici* в одній пікніді містилося 15–18 тис. пікноспор. Доведено, що на сорти пшениці ярої Харківська 30 у фазі кущіння поширеність хвороби складала 14,8–15,2 %, при розвитку 6,2–6,7 %. У фазі виходу в трубку поширеність хвороби становила 33,7–34,9 % за ступеня розвитку 10,2–13,3 %. У фазі молочно-воскової стиглості поширеність септоріозу була 55,6–57,4 %, а розвиток хвороби 22,7–24,1 %.

Нами доведено, що визначення інкубаційного періоду на різних за стійкістю сортах дає можливість проводити моніторинг за розвитком і поширенням хвороби та планувати ефективний комплекс заходів захисту від неї.

Конфлікт інтересів

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

References

- Babayants, O. V. Immunological characteristics of wheat growing resources and the establishment of genetic protection against infectious diseases of fungal etiology in Stepu Ukraine. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv
- Goryainova, V. V. (2013). The main diseases of leaves of spring wheat. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 10, 81–85.
- Goryainova, V. V. (2014). Monitoring of spring wheat diseases. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 1-2, 54–58.
- Zaima, O. A., & Kyryk, M. M. (2015). Vplyv funhitydyv na rozvytok lystkovykh khvorob pshenytsi ozymoi. *Zakhyst i Karantyn Roslyn*, 61, 80–85. [in Ukrainian]
- Kovalishina, G. M. (2012). Immunological aspects of the development of output forms of winter wheat with increased resistance to fungal diseases and treatment of dry inputs in the forest-steppe of Ukraine. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv
- Kuleshov, A. V. (2002). Forecast of the development of septoria in winter wheat based on agrometeorological officials of the Kharkiv region. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 4, 50–53.
- Lykhochvor, V. V. (2005). Urozhainist ta yakist zerna ozymoi ta yaroї pshenytsi zalezchno vid udobrennia i norm vysivu. *Visnyk Lvivskoho DAU*, 9, 103–109. [in Ukrainian]
- Mariutyn, F. M. (2011). Septorioz pshenytsi. Poshyrenist, vydovyi sklad zbudnykiv, patohenez ta biolohichni osoblyvosti v umovakh Skhidnoho Lisostepu. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 10, 5–7. [in Ukrainian]
- Oleinikov, E. S. (2013). The prevalence and vulnerability of septoria blight in winter wheat. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 10, 141–145.
- Oleinikov, Ye. S. (2013). Poshyrenist ta rozvytok osnovnykh khvorob pshenytsi ozymoi. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti*, 14, 106–112. [in Ukrainian]
- Oleinikov, E. S. (2014). The influx of meteorological factors on the development of winter wheat. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 1-2, 122–125.
- Oleinikov, E. S. (2016). Infusing organic and mineral nutrients into the development of winter wheat leaves. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 1-2, 79–82.
- Oleinikov, Ye. S. (2016). Zalezchnist proiavu osnovnykh pliamystostei lystia pshenytsi ozymoi vid umov vehetatsii roslyn. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV Kharkivskoi Oblasti*, 21, 73–78. [in Ukrainian]
- Oleinikov, E. S. (2017). Forecast of disease development of winter wheat leaves. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 1-2, 130–133.

15. Petrenkova, V., Luchna, I., Olejnikov, Je., & Mischenko, L. (2016). Pre-dominant virus diseases of earstem grasses in conditions of East Forest-steppe. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 94 (6), 11–15. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201606-02>
16. Retman, S. V. (2009). Plyamosti wheat in the forest-steppe of Ukraine and the conceptual basis of protection. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv
17. Retman, S. V. (2011). Khvoroby lystia i kolosa zernovykh kolosovykh kultur. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 4, 25–27.
18. Turenko, V. P., & Horiainova, V. V. (2016). Efektyvnist suchasnykh protruinykiv v obmezheni razvytku boroshnystoi rosy i septoriozu pshenytsi yaro. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 2., 76–80. [in Ukrainian]
19. Turenko, V. P. (2018). Suchasni protruinyky u zakhysti yarykh zernovykh kultur. *Propozytsiia*, 122–127. [in Ukrainian]
20. Turenko, V. P. (2018). Efektyvnist vykorystannia funhitsydiv. *Maisternia Ahraria*, 1, 82–84. [in Ukrainian]
21. Turenko, V. P. (2018). Septoria of winter wheat and effective entry between its developments. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 1-2, 155–158.
22. Turenko, V. P., Zhukova, L. V., Horiainova, V. V., & Panchenko, V. S. (2020). Pliamystosti pshenytsi ozymoi ta udoskonalennia systemy zakhystu vid nykh. *Suchasni problemy pryrodnykh nauk: Materialy V Vseukrainskoi konferentsii molodykh naukovtsiv*. (pp. 8–9). Nizhyn. [in Ukrainian]
23. Kuzmenko, N. V., Litvinov, A. Ye., & Oleynikov, Ye. S. (2017). Chemical protection of winter bread wheat against root rots and Septoria infection. *Annual Wheat News Letter*, 63, 65–68.

ORCID

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

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

A. Kovalenko  <https://orcid.org/0009-0002-2132-8542>



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

Taxonomic analysis and economic significance of the Shchaul tract flora within the Marmaros massif (Ukrainian Carpathians)

B. Moskaliuk¹ | L. Felbaba-Klushyna² | Ye. Melesh¹

Article info

Correspondence Author

B. Moskaliuk

E-mail:

bogdanamel2@gmail.com¹ Carpathian Biosphere Reserve,
Krasne Pleso Str., 77,
Rakhiv, 90600, Ukraine² Uzhhorod National University,
Voloshyna Str., 32,
Uzhhorod, 88000, Ukraine

Citation: Moskaliuk, B., Felbaba-Klushyna, L., & Melesh, Ye. (2024). Taxonomic analysis and economic significance of the Shchaul tract flora within the Marmaros massif (Ukrainian Carpathians). *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 47–53. doi: 10.31210/spi2024.27.02.08

In the modern conditions of increased anthropogenic impact on natural ecosystems, the study of regional flora, which initiates the monitoring of phytodiversity, is of great importance. Even now, little studied remains the flora of the territories of state forestry research enterprises, which can serve not only as economic sites, but also as scientific training grounds for observing changes occurring as a result of management and climate changes. The purpose of our work was to find out the taxonomic diversity of the flora of vascular plants of the Shchaul tract of the Marmarosh massif of the Ukrainian Carpathians (Bohdan village, Rakhiv district, Transcarpathian region) and to assess its economic importance. Based on the results of the research, it was established that the flora of the Schaul tract includes 220 species, 167 genera, and 60 families of vascular plants. The vast majority of species are represented by the division Magnoliophyta, which accounts for 95.0 % of the total number of species, while the division Lycopodiophyta has only one species (0.4 %). Divisions Equisetophyta and Pinophyta - three species each (1.4 %). The division Polypodiophyta counts four species, which is 1.8%. Among the first eleven families, which are the richest in species, the leading place belongs to the families: Asteraceae – 27 species (12.2 %), Ranunculaceae – 16 species (7.2 %), Poaceae and Lamiaceae – 15 species each (6.8 %), Rosaceae – 13 species (5.8 %), Brassicaceae – 9 species (4.0 %), Caryophyllaceae and Fabaceae 8 species each (3.6 %), Apiaceae, Polygonaceae and Scrophulariaceae 6 species each (2.7 %). Their share accounts for 58.1 % of the species diversity of the studied flora. The rest of the families are less numerous in terms of species, they account for 41.9 %. It was established that in general the taxonomic structure of the flora of the Shchaul tract is similar to the regional flora, but it has certain signs of synanthropization, manifested, in particular, in the position of the families Lamiaceae and Polygonaceae. Data on the economic assessment of the flora are provided, 19 economically important groups of species are highlighted, which is a high indicator of the considerable practical value of the studied flora. 177 species of decorative plants, 134 medicinal plant species, 102 fodder species, 82 honey species, 47 edible species, 36 poisonous species, as well as 59 species of weeds, etc., were identified. Other groups are represented by a small number of species. The growth of 7 plant species included in the Red Book of Ukraine was noted: *Galanthus nivalis* L., *Crocus heuffelianus* Herb., *Scopolia carniolica* Jacq., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Pinus cembra* L., *Orchis fuchsii* Druce, *Listera ovata* (L.) R.Br. The presence of such species is an indicator of the nature conservation and scientific value of the studied area. The obtained data can be used to improve the forestry management methods of the Shchaul Forestry.

Keywords: forestry research enterprise, plant cover, family spectrum, generic spectrum, medicinal plants, fodder plants, honey plants, vitamin plants, synanthropization, climate changes.

Таксономічний аналіз та господарське значення флори урочища Щаул Мармароського масиву (Українські Карпати)

Б. І. Москалюк¹ | Л. М. Фельбаба-Клушина² | Є. А. Мелеш¹¹ Карпатський біосферний заповідник,
м. Рахів, Україна² Ужгородський національний університет,
м. Ужгород, Україна

У сучасних умовах посиленого антропогенного впливу на природні екосистеми важливе значення має дослідження регіональних флор, які започатковують моніторинг фіторізноманіття. Досі мало вивченою залишається флора території державних лісових дослідних господарств, які можуть слугувати не лише господарськими об'єктами, але й науковими полігонами для спостереження за змінами, що відбуваються внаслідок господарювання та змін клімату. Метою нашої роботи було з'ясувати таксономічну різноманітність флори судинних рослин урочища Щаул Мармароського масиву Українських Карпат (с. Богдан, Рахівський район Закарпатська область) та оцінити її господарське значення. За результатами проведених досліджень встановлено, що флора урочища Щаул включає 220 видів, 167 родів, 60 родин судинних рослин. Переважна більшість видів представлена відділом Magnoliophyta, на який припадає 95,0 % від загальної кількості видів, тоді як відділ Lycopodiophyta налічує один вид (0,4 %). Відділи Equisetophyta та Pinophyta – по три види (1,4 %). Відділ Polypodiophyta налічує чотири види, що становить 1,8 %. Серед перших одинадцятьох родин, які є найбагатшими на види, провідне місце належить родинам: Asteraceae – 27 видів (12,2 %), Ranunculaceae – 16 видів (7,2 %), Poaceae та Lamiaceae по 15 видів (6,8 %), Rosaceae – 13 видів (5,8 %), Brassicaceae – 9 видів (4,0 %), Caryophyllaceae та Fabaceae по 8 видів (3,6 %), Apiaceae, Polygonaceae та Scrophulariaceae по 6 видів (2,7 %). На їх частку припадає 58,1 % видового різноманіття досліджуваної флори. Решта родин є менш чисельними у видовому відношенні, на них припадає 41,9 %. Встановлено, що у загальних рисах таксономічна структура флори урочища Щаул є подібною з регіональною флорою, однак має певні ознаки синантропізації, що проявляються, зокрема, у позиції родин Lamiaceae та Polygonaceae. Наведено дані господарської оцінки флори, виділено 19 господарсько важливих груп видів, що є високим показником чималого практичної цінності досліджуваної флори. Виявлено 177 видів декоративних рослин, 134 види лікарських, 102 – кормових, 82 – медоносних, 47 – харчових, 36 – отруйних, а також 59 видів бур'янів тощо. Інші групи представлені невеликою кількістю видів. Відмічено зростання 7 видів рослин включених до Червоної книги України: *Galanthus nivalis* L., *Crocus heuffelianus* Herb., *Scopolia carniolica* Jacq., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Pinus cembra* L., *Orchis fuchsii* Druce, *Listera ovata* (L.) R.Br. Наявність таких видів є показником природоохоронної та наукової цінності досліджуваної території. Отримані дані можуть бути використані при вдосконаленні методів ведення лісового господарства Щаульського лісництва.

Ключові слова: лісове дослідне господарство, рослинний покрив, родинний спектр, родовий спектр, лікарські рослини, кормові рослини, медоносні рослини, вітамінні рослини, синантропізація, зміни клімату.

Бібліографічний опис для цитування: Москалюк Б. І., Фельбаба-Клушина Л. М., Мелеш Є. А. Таксономічний аналіз та господарське значення флори урочища Щаул Мармароського масиву (Українські Карпати). *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 47–53.

Вступ

У сучасних умовах всебічного посилення антропогенного впливу на природні екосистеми в умовах змін клімату особливого значення набувають локальні дослідження флори, які започатковують моніторинг розвитку фіторізноманіття та слугують фактологічною базою для розв'язання питань його збереження. Видове різноманіття флори Українських Карпат становить 2532 види вищих судинних рослин [3]. Однак, незбалансоване природокористування призводить до антропогенної трансформації навколишнього середовища й до зменшення біорізноманіття. З початку минулого століття на південному мегасхилі Українських Карпат лише серед гідрофітів зникло щонайменше 10 видів судинних рослин [7].

За останні десятиліття об'єктами для проведення флористичних досліджень слугують переважно заповідні території. Проте, близько 69 % вкритих лісом земель підприємств Держкомлісгоспу України (нині Державного агентства лісових ресурсів) у Карпатах зараховані до 2-ї групи, отже, мають переважно сировинне значення, решта 31 % – ліси 1-ї групи, тобто ті,

які відіграють природо-охоронну роль [19].

Недостатньо дослідженими у флористичному відношенні залишаються території державних лісових дослідних господарств, які можуть слугувати не лише господарськими об'єктами, але й науковими полігонами для спостереження за змінами, які відбуваються внаслідок господарювання та змін клімату. Такі локальні дослідження дозволять вчасно реагувати на негативні процеси у розвитку рослинного покриву та вдосконалювати методи господарювання. Урочище Щаул знаходиться в межах Щаульського лісництва Рахівського лісового дослідного господарства, яке займає площу 6542 га. Лісові масиви лісництва відносяться до лісорослинної зони Українських Карпат, по лісгосподарському районуванню – до Гірсько-карпатського округу, району буково-ялицево-ялинових лісів [26]. Панівним типом рослинності урочища є ялинові ліси.

За фізико-географічним районуванням України урочище Щаул розташоване у Мрамароській області Рахівського-Чивчинського району Українських Карпат [20]. За флористичним районуванням В. І. Чопика [2] – це район Мрамароських Альп (рис. 1).

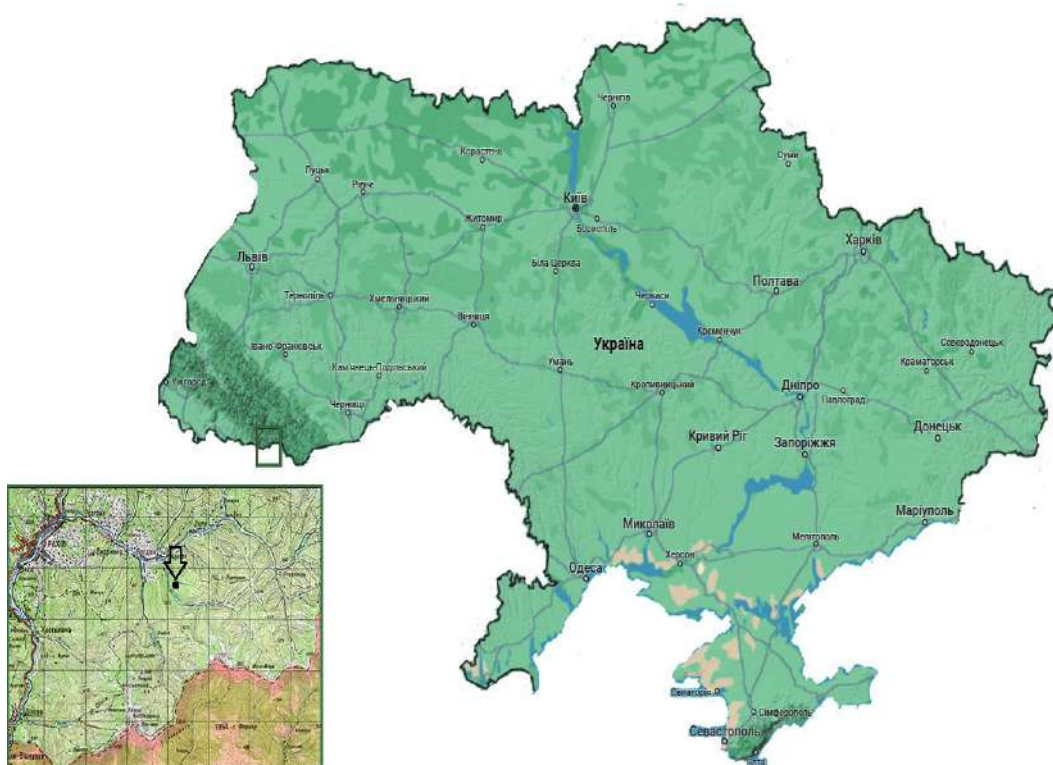


Рис. 1. Урочище Щаул Мрамароського масиву Українських Карпат на карті України

За висотним розташуванням урочище знаходиться у смугі буково-ялинових гірських лісів у межах висот 750–1000 м над р.м. Загалом у нижньому гірському лісовому поясі Карпат найбільші площі займають букові ліси – бучини. Однак у досліджуваному районі великі площі займають саме монокультури ялини європейської, на місці корінних букових змішаних лісів. Ці господарські ліси є вторинними ялинниками (рис. 2).

Як правило, ялинові монокультури Українських Карпат нестійкі до інвазії шкідників, захворювань,

вітровалів, негативних змін ґрунту, глобального потепління клімату тощо. Тому в Карпатському регіоні були розроблені засади наближеного до природи ведення лісового господарства [24]. Ця система організації і ведення лісового господарства спрямована на досягнення безперервного відновлення і формування лісостанів, які максимально подібні за структурою і генезисом до природних лісів. Важливо, що при веденні лісового господарства враховують сучасний стан лісів, потребу розв'язання комплексу

екологічних, економічних і соціальних проблем, завдання збереження, охорони і відтворення лісів. Розроблена класифікація послуг лісових екосистем, тобто тих функцій, які мають значення для

людини, для забезпечення її добробуту. Отже, забезпечення і використання функцій лісу сьогодні є однією з найбільш актуальних проблем лісового господарювання.



Рис. 2. Ялиновий ліс в урочищі Щаул

Дослідження флори Мармароського масиву розпочалися з XIX сторіччя. Серед дослідників Карпат особливе місце займає Г. Запалович [27–28], у якого в с. Богдан (неподалік урочища Щаул) була база, звідки він екскурсав у різні частини Мармароських гір. Він надрукував серію цінних повідомлень про свої флористичні дослідження, доповнивши відомості з систематики окремих видів. Наприкінці 30-х років у Мармароських горах працював видатний чеський ботанік М. Дейл [4]. У своїй ґрунтовній праці «Plants, soil and climate of Pop Ivan. Synecological study from Carpathian Ukraine» він зробив детальний аналіз вегетаційних типів та екологічних груп рослин г. Піп Іван Мармароський [4]. У сучасний період дослідження присвячені переважно рідкісним видам високогір'я Мармароських гір [16, 29]. Однак дослідження флори урочища Щаул згадується у публікаціях лише у зв'язку з вивченням окремих видів [23], його флора не була предметом конкретного вивчення, аналіз таксономічної структури та господарського значення не проводили. У наших попередніх публікаціях частково вже були висвітлені відомості про структуру флори Щаульського лісництва [8, 21].

Мета дослідження

Метою нашої роботи було з'ясувати таксономічну різноманітність флори судинних рослин урочища Щаул Мармароського масиву Українських Карпат (с. Богдан, Рахівський район Закарпатська область) та оцінити її господарське значення.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні *завдання*: провести інвентаризацію флори судинних рослин у районі дослідження, скласти конспект флори, провести таксономічний аналіз флори, проаналізувати флору за господарським значенням.

Матеріали і методи

Матеріалами для аналізу систематичної структури флори є конспект флори, складений в результаті 25 польових екскурсій, критичного перегляду гербарних матеріалів кафедри ботаніки УжНУ, опитування землевласників, місцевого населення, а також доповнений літературними даними. Польові дослідження проводилися упродовж вегетаційних періодів 2021–2023 рр. за загальноприйнятими методами (рекогносцирувальні маршрутні, напівстаціонарні). Нами охоплена флора господарських лісів, узлісь, галявин, лук, порубів, береги річки Щауль та узбіччя ґрунтової дороги, загальною площею близько 500 га.

У районі дослідження протікає гірська річка Щауль, яка є правою притокою р. Біла Тиса. Середньорічна температура повітря району дослідження $+6,9^{\circ}\text{C}$, мінімальна $-19,4^{\circ}\text{C}$. Середньорічна кількість опадів 1176 міліметрів. Відносна вологість повітря становить 79%. Тривалість вегетативного періоду 180 днів. Найбільш розповсюдженими типами ґрунтів є бурі гірсько-лісові, суглинисті різної потужності із значним вмістом щебеню [10].

Визначення видів рослин здійснювали за низкою визначників та «Флор» [3, 6, 9, 14, 18]. Назви таксонів подано згідно «Флори Українських Карпат» [3].

Господарську оцінку флори урочища Щаул було проведено за 19 категоріями: бур'яни, вітамінні, волокнисті, декоративні, деревинні, дубильні, жиросні, ефіроолійні, кормові, лікарські, медоносні, для озеленення, отруйні, паразити, смолоносні, танідоносні, фарбувальні, фітомеліоративні, харчові. Причому переважна більшість рослин ми відносили до декількох із названих категорій. Для господарської оцінки була використана Екофлора України [5] та інші джерела [11–13, 15, 17, 22, 25].

Результати та їх обговорення

Важливим показником флори є її таксономічна структура. У результаті наших досліджень встановлено, що флора урочища Щаул включає 220 видів вищих судинних рослин. Виявлені рослини відносяться до 167 родів, 60 родин, 35 порядків, 6 класів та 5 відділів. Переважна більшість видів представлена відділом Magnoliophyta, на який припадає 95,0 %

від загальної кількості видів, тоді як відділ Lycoperidophyta налічує один вид (0,4 %), відділи Equisetophyta та Pinophyta – по три види (1,4 %), Polypodiophyta налічує чотири види, що становить 1,8 %.

Спектр провідних родин демонструє значне переважання за кількістю видів 11 родин (**рис. 3**).

Серед перших одинадцятьох родин, найбагатших на види, провідне місце належить родинам: Asteraceae – 27 видів (12,2 %), Ranunculaceae – 16 видів (7,2 %), Poaceae та Lamiaceae по 15 видів (6,8 %), Rosaceae – 13 видів (5,8 %), Brassicaceae – 9 видів (4,0 %), Caryophyllaceae та Fabaceae по 8 видів (3,6 %), Apiaceae, Polygonaceae та Scrophulariaceae по 6 видів (2,7 %). На їх частку припадає 58,1 % видового різноманіття досліджуваної флори. Решта родин є менш чисельними у видовому відношенні, на них припадає 41,9 %. Цей показник подібний до того, що наведений для флори Закарпаття. Згідно С. С. Фодора [9] найбагатші 10 родин флори Закарпаття включають 56,2 % видового багатства регіону. При порівнянні цього родинного спектру з наведеним для Закарпаття С. С. Фодором [9], можна з'ясувати деякі сучасні тенденції розвитку флори урочища Щаул.

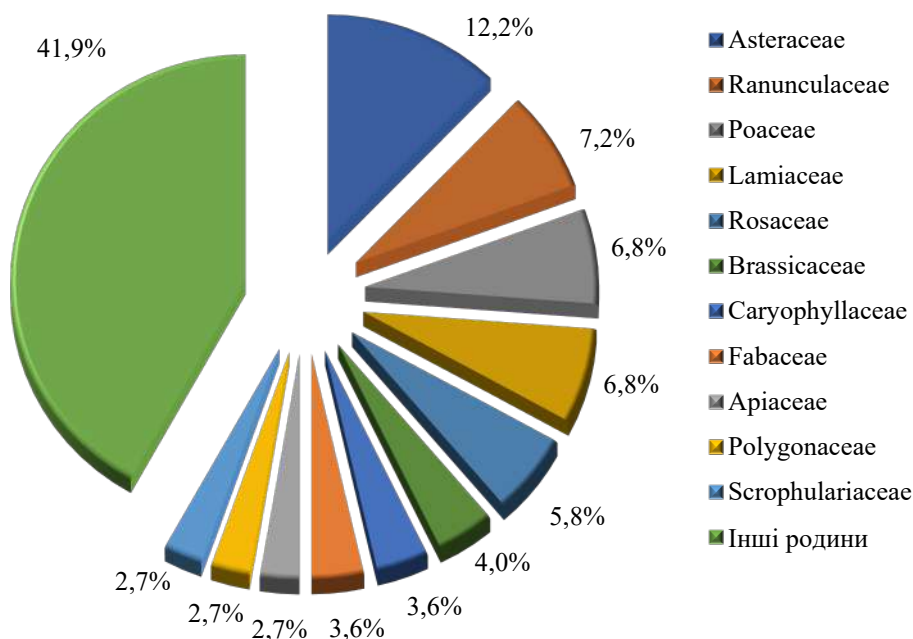


Рис. 3. Спектр провідних родин флори урочища Щаул за кількістю видів

Родина Asteraceae та Poaceae належать до найбагатших родин світової флори, так само в Українських Карпатах й у Закарпатті, зокрема ці дві родини займають перші два місця у десятці найбагатших родин [9]. Водночас друге місце родини Ranunculaceae відображає загальні особливості флори Українських Карпат, оскільки її представники є типовими ацидофілами і у флорі Закарпаття зокрема, ця родина включає понад 50 видів, що дозволяє їй входити в десятку найбагатших родин флори регіону. Родина Poaceae у флорі Українських Карпат і Закарпаття входить у п'ятірку найбагатших тому її

третя позиція тут цілком закономірна. Однак позиціонування родини Lamiaceae на третьому місці свідчить про антропогенну трансформацію флори досліджуваної території, оскільки у складі цієї родини є значна кількість синантропних видів. Родини Rosaceae та Brassicaceae у флорі Українських Карпат й Закарпаття входить у п'ятірку найбагатших, тому їх четверта та п'ята позиції відповідно тут теж цілком закономірна.

Родина Polygonaceae не належить до цієї десятки, а її позиція пов'язана з тим, що декілька представників цієї родини мають відносно широкі екологічні амплітуди, зокрема є низка видів

космополітів, а тому на невеликих територіях при дослідженні флор така родина потрапляє у десятку найбагатших. Цьому сприяє також наявність у її складі порівняно значної кількості синантропних видів. Родина Fabaceae так само, як і Rosaceae входить до п'ятірки найбагатших родин і певною мірою відображає вплив флори Середземномор'я на розвиток флори Закарпаття й Українських Карпат в цілому. Родини Scrophulariaceae, Caryophyllaceae та Apiaceae також входять до десятки найбагатших родин у флорі Закарпаття.

Отже, у досліджуваній флорі найбільшою чисельністю видів відзначаються родини Asteraceae – 27 видами, Ranunculaceae – 16 видами, Poaceae та Lamiaceae по 15 видів, Rosaceae – 13 видами, Brassicaceae – 9 видами, Caryophyllaceae та Fabaceae по 8 видів. Інші родини є менш чисельними: три родини по 6 видів, одна родина по 5 видів, п'ять родин по 4 види, дев'ять родин по 3 види, п'ять родин по 2 види, по 1 виду наявні у 29 родин.

Особливості флори точніше зображує родовий спектр (рис. 4).

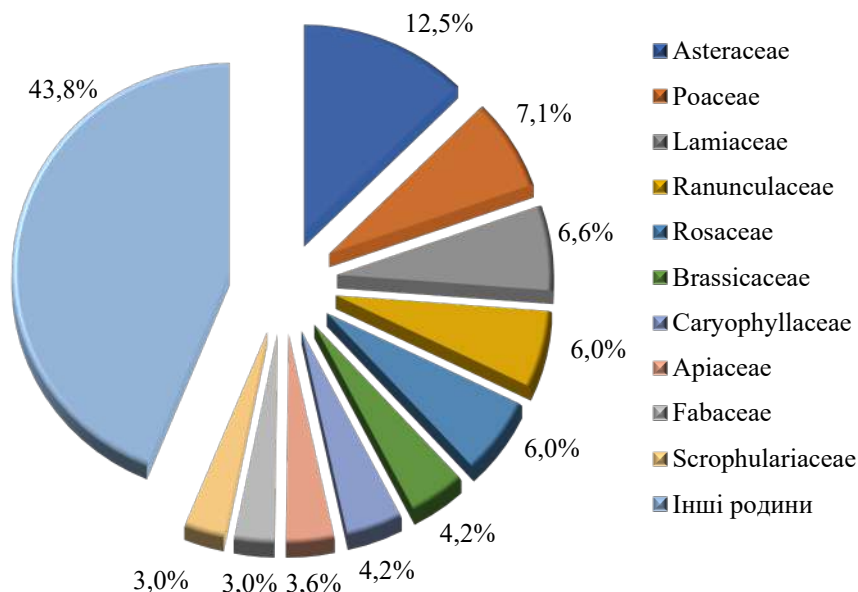


Рис. 4. Спектр провідних родин флори урочища Щаул за кількістю родів

У межах дослідженої території провідні родини Asteraceae налічує 21 рід (12,5 %), Poaceae – 12 родів (7,1 %), Lamiaceae – 11 (6,6 %), Ranunculaceae та Rosaceae по 10 родів (6,0 %), Brassicaceae та Caryophyllaceae по 7 родів (4,2 %), родина Apiaceae – 6 родів (3,6 %), Fabaceae та Scrophulariaceae – по 5 родів (3,0 %). На їх частку припадає 56,2 % родового різноманіття досліджуваної флори. Наявні інші 49 родин, що мають від одного до чотирьох родів. Найбільші роди Ranunculus – п'ять видів, Campanula, Polygonum – включає чотири види, Plantago, Vicia, Crepis, Senecio, Luzula, Agrostis, Carex, Equisetum – по три види.

Аналіз флори за господарським значенням

У досліджуваній флорі нами було виявлено переважання декоративних видів 177 (80,5 %). До таких рослин належать: *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Corydalis cava* (L.) Schweigg. et Koerte, *Crocus heuffelianus* Herb., *Gnaphalium sylvaticum* L., *Euphrasia picta* Wimm., *Euphrasia tenuis* (Brenn.) Wettst., *Hesperis matronalis* L., *Phyteuma vagneri* Kern., *Trollius europaeus* L., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. та ін. Проте для озеленення придатні 13 (5,9 %) видів: *Acer pseudoplatanus* L., *Atragene alpina* L., *Carpinus betulus* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Sorbus aucuparia* L. та ін.

Дещо менше – 134 (60,9 %) видів лікарських рослин. Серед них найбільш поширені: *Equisetum arvense* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim, *Fragaria vesca* L., *Hypericum perforatum* L., *Lotus corniculatus* L., *Plantago lanceolata* L., *Rubus caesius* L., *Rubus idaeus* L., *Sambucus nigra* L., *Tussilago farfara* L. та ін. Натомість вітамінних 14 (6,4 %) видів, зокрема *Berberis vulgaris* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Primula veris* L., *Pulmonaria obscura* Dum., *Rosa pendulina* L. та ін.

Відмічено 102 (46,4 %) види кормових рослин. Це переважно *Agrostis stolonifera* L., *A. capillaries* L., *Campanula patula* L., *Centaurea jacea* L., *Dactylis glomerata* L., *Echinochloa crusgalii* (L.) Beauv., *Ononis arvensis* L., *Trifolium pratense* L., *T. repens* L., *Vicia sepium* L. та ін. А також медоносні рослини – 82 (37,3%) види. Найбільш поширені медоноси – це *Acer pseudoplatanus* L., *Ajuga genevensis* L., *Alnus incana* (L.) Moench, *Aruncus vulgaris* Raf., *Corylus avellana* L., *Dentaria bulbifera* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim, *Lamium maculatum* (L.) L., *Mentha longifolia* (L.) Huds. та ін.

Досить значний відсоток 26,8 % у флорі – бур'янів. Це 59 видів, серед яких найбільш поширені *Bidens tripartita* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Galium aparine* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Impatiens*

parviflora DC., *Melandrium dioicum* (L.) Coss. et Germ., *Mentha arvensis* L., *Salvia verticillata* L., *Telekia speciosa* (Schreb.) Baumg., *Tussilago farfara* та ін. Як харчові рослини можуть використовуватися 47 (21,4 %) видів рослин. До таких належать: *Aegopodium podagraria* L., *Berberis vulgaris*, *Cardamine amara* L., *Cirsium oleraceum* (L.) Scop., *Equisetum pratense* L., *Fragaria vesca*, *Grossularia uva-crispa* (L.) Mill., *Rubus caesius*, *Rumex acetosa*, *Sambucus racemosa* L. та ін.

Виявлено також отруйні рослини 36 (16,4 %) видів. До таких відносяться *Aconitum variegatum* L., *Actae spicata* L., *Asarum europaeum* L., *Euphorbia amygdaloides* L., *Galanthus nivalis* L., *Helleborus purpurascens* Walds. et Kit., *Heracleum sphondylium* L., *Matteuccia struthiopteris*, *Polygonatum verticillatum* (L.) All., *Stellaria nemorum* L. та ін. Майже така ж кількість фарбувальних рослин 32 (14,5 %), до яких відносяться: *Alnus incana*, *Chelidonium majus* L. Moench, *Daphne mezereum* L., *Equisetum sylvaticum* L., *Eupatorium cannabinum*, *Lycopodium clavatum* L., *Lythrum salicaria* L., *Ononis arvensis*, *Rhamnus cathartica* L., *Sambucus nigra* L. та ін. Рослини, що мають дубильні властивості – 26 (11,8 %) видів (*Athyrium filix-femina*, *Alnus incana*, *Filipendula ulmaria*, *Fraxinus excelsior* L., *Polygonum tomentosum* Schrank та ін). До ефіроолійних належить 18 (8,2 %) видів, зокрема *Abies alba* Mill., *Achillea millefolium* L., *Corylus avellana* L., *Glechoma hederaceae* L., *Origanum vulgare* L., та ін. Натомість жиросоліних тільки три (1,4 %) види: *Bunias orientalis* L., *Dryopteris filix-mas* та *Fagus sylvatica*. До них належать культури в насінні, або в плодах яких міститься не менше 15 % олії.

Як джерело деревини використовують 14 (6,4 %) видів, серед яких найбільш поширені: *Abies alba* Mill., *Acer pseudoplatanus* L., *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L., *Picea abies* (L.) Karst. та ін.

З інших груп корисних рослин в урочищі Щаул відмічені незначні запаси фітомеліоративних – 6 (2,7 %) видів (*Fraxinus excelsior* L., *Salix alba* L., *S. aurita* L., *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *Ulmus laevis* Pall. та ін.), по 2 (0,9 %) види: паразитів (*Cuscuta europaea* L., *Lathraea squamaria* L.), смолоносних (*Picea abies*, *Pinus cembra* L.), танідносних (*Filipendula ulmaria*, *Polygonum bistorta* L.), один вид волокнистих – 0,5 % (*Ulmus laevis*).

Загалом нами виділено 19 господарсько важливих груп видів, що є високим показником чималої практичної цінності досліджуваної флори.

У досліджуваній флорі відмічено 7 видів рослин, що включені до Червоної книги України [1]. До категорії «неоцінений» відносяться 6 видів: підсніжник звичайний (*Galanthus nivalis* L.), шафран Гейфелів (*Crocus heuffelianus* Herb.), скополія карніолійська (*Scopolia carnolica* Jacq.), коручка чемерникоподібна (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz), зозульки Фукса (*Orchis fuchsii* Druce), зозулині сльози яйцеподібні (*Listera ovata* (L.) R. Br.) та до категорії «вразливий» – один вид: сосна кедрова (*Pinus cembra* L.). Усі ці види приурочені до лісових масивів, тому збереження лісів є запорукою збереження цих та інших видів рослин. Отже, флора урочища Щаул має важливе господарське та природоохоронне значення.

Висновки

1. У результаті вивчення флори урочища Щаул Мармароського масиву Українських Карпат виявлено 220 видів вищих судинних рослин, які відносяться до 167 родів, 60 родин, 35 порядків, 6 класів та 5 відділів. Переважна більшість видів представлена відділом *Magnoliophyta*, на який припадає 95,0 % від загальної кількості видів флори.

2. З'ясовано, що провідне місце за кількістю видів займають 11 родин. Першу позицію займає родина Asteraceae, другу – Ranunculaceae, третю – Poaceae та Lamiaceae, четверту – Rosaceae, п'яту – Brassicaceae, шосту – Caryophyllaceae та Fabaceae, сьому – Apiaceae, Polygonaceae та Scrophulariaceae. Решта родин є менш чисельними у видовому відношенні.

3. Встановлено, що провідні родини Asteraceae налічує 21 рід, Poaceae – 12 родів, Lamiaceae – 11 родів, Ranunculaceae та Rosaceae по 10 родів, Brassicaceae та Caryophyllaceae по 7 родів, родина Apiaceae – 6 родів, Fabaceae та Scrophulariaceae – по 5 родів. На їх частку припадає 56,2 % родового різноманіття досліджуваної флори. Решта родин є менш чисельними у родовому відношенні.

4. Відносно висока чисельність видів родин Lamiaceae, Polygonaceae, які включають низку синантропних видів, свідчить про антропогенну трансформацію флори урочища Щаул.

5. Виділено 19 господарсько-важливих груп видів, що є високим показником високої практичної цінності досліджуваної флори. Виявлено переважання (177 видів) декоративних рослин, дещо менше (134) – лікарських, (102) – кормових, (82) – медоносних, (59) – бур'янів, (47) – харчових, (36) – отруйних. Інші групи представлені невеликою кількістю видів. Отримані дані можуть бути використані при розробці характеристики території та опису рослинних умов Щаульського лісництва Рахівського лісового дослідного господарства (м. Рахів Закарпатської області) для раціонального ведення лісового господарства.

6. Відмічено зростання 7 видів рослин включених до Червоної книги України: *Galanthus nivalis* L., *Crocus heuffelianus* Herb., *Scopolia carnolica* Jacq., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Pinus cembra* L., *Orchis fuchsii* Druce, *Listera ovata* (L.) R.Br. Наявність таких видів є показником природоохоронної та наукової цінності досліджуваної території.

Перспективи подальших досліджень. Нами започатковано вивчення флори лісництва. Продовжуємо дослідження інших урочищ, щоб отримати загальне уявлення про флору Щаульського лісництва.



Конфлікт інтересів

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

References

1. Didukh, Ya. P. (Red.). (2009). *Chervona knyha Ukrainy. Roslynni svit*. (2009). Kyiv: Hlobalkonsaltnykh [in Ukrainian]
2. Chopyk, V. I. (1976). *Vysokohirna flora Ukrainy Karpatskoho Karpat*. Kyiv: Naukova Dumka [in Ukrainian]
3. Chopyk, V. I., & Fedoronchuk, M. M. (2015). *Flora Ukrainy Karpatskoho Karpat*. Ternopil: TzOV «Terno-hrab» [in Ukrainian]
4. Deyl, M. (1940). Plants, soil and climate of Pop Ivan. Synecological study from Carpathian Ukraine. *Opera Botanica Cechica*, 2, 1–290.
5. Didukh, Ya. P. (Red.). (2000). *Ekoflora Ukrainy. Tom 1*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian]
6. Jäger, E., Schubert, R., & Werner, K. (1998). *Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD. Atlas der Gefäßpflanzen Band 3*. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag
7. Felbaba-Klushyna, L. M. (2010). *Roslynni pokryv bolit i vodoim verkhivna baseinu r. Tysa (Ukrainski Karpaty) ta fluvialna kontsepsiia yoho okhorony*. Uzhhorod: Polihraftsentr «Lira» [in Ukrainian]
8. Felbaba-Klushyna, L. M., Melesh, Ye. A., & Moskaliuk, B. I. (2022). Flora Shchaulskoho lisnystva (Marmaroskiy masyv Ukrainy Karpat): struktura ta sozolahichna tsinnist. *Pryroda Karpat: Naukovi Shchorichnyk Karpatskoho Biosferneho Zapovidnyka ta Instytutu Ekologii Karpat NAN Ukrainy*, 1(7), 4–12. [in Ukrainian]
9. Fodor, S. S. (1974). *Flora Zakarpatskoi oblasti*. Lviv: Vyshcha shkola [in Ukrainian]
10. Herenchuk, K. (1981). *Pryroda Zakarpatskoi oblasti*. Lviv: Vyshcha shkola [in Ukrainian]
11. Hladun, Ya. D. (1986). Poshyrennia i zapasy naivazhlyvishykh likarskykh roslyn u Zakarpatskii oblasti. *Ukrainskyi Botanichnyi Zhurnal*, 4, 94–97. [in Ukrainian]
12. Hrodzinskiy, A. M., Lebeda, A. P., Dzhurenko, N. I., & Isaikina, O. P. (1992). *Likarski roslyny: entsyklopedychnyi dovidnyk* (544). Kyiv: Ukrainska entsyklopediia im. M. P. Bazhana, Ukr. vydavnycho-komertsiiniy tsentr «Olimp» [in Ukrainian]
13. Ivashyn, D., Katina, E., & Rybachuk, O. (1971). *Likarski roslyny Ukrainy*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]
14. Jávorka, S., & Csapody, V. (1975). *Iconographia florae Hungaricae. Amagyar flora képekben*. Budapest: Academy
15. Karkhut, V. V. (1992). *Zhyva apteka*. Kyiv: Zdorovia [in Ukrainian]
16. Kobiv, Y., Prokopiv, A., Nachychko, V., Borsukevych, L., & Helesh, M. (2017). Distribution and population status of rare plant species in the Marmarosh Mountains (Ukrainian Carpathians). *Ukrainian Botanical Journal*, 74 (2), 163–176. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj74.02.163>
17. Komendar, V. I. (2007). *Likarski roslyny Karpat. Dykorosli ta kulturni: 3-e vydannia, dopovnene, pereroblene*. Uzhhorod: Mystetska Liniia [in Ukrainian]
18. Krasnov, V. P., Orlov, O. O., & Vedmid, M. M. (2009). *Atlas roslyn-indykatoriv i typiv lisoroslynykh umov Ukrainskoho Polissia*. Novohrad-Volynskyi [in Ukrainian]
19. Krynytskyy, H., & Tretyak, P. (2003). Stan lisiv Ukrayinskykh Karpat, ekolohichni problemy ta perspektyvy. *Ekolohichnyy Zbirnyk. Ekolohichni Problemy Karpatskoho Rehionu*, XII, 54–65. [in Ukrainian]
20. Marynych, O. M., Parkhomenko, H. O., Petrenko, O. M., & Shyshchenko, P. H. (2003). Udoskonalena skhema fizyko-heohrafichnoho raionuvannia Ukrainy *Ukrainskyi Heohrafichnyi Zhurnal*, 1, 16–20. [in Ukrainian]
21. Melesh, Ye. A. (2023). Ekolohichna struktura flory baseinu r. Shchaul (Rakhivskiy r-n, Zakarpatska obl.). *Pryroda Karpat: Naukovi Shchorichnyk Karpatskoho Biosferneho Zapovidnyka ta Instytutu Ekologii Karpat NAN Ukrainy*, 1(8), 19–25. [in Ukrainian]
22. Minarchenko, V. M. (2005). *Likarski sudynni roslyny Ukrainy: medychne ta resursne znachennia*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian]
23. Moskaliuk, B. I., & Didenko, S. Ia. (2014). Novi misteznakhodzhennia *Galanthus nivalis* (Amaryllidaceae) v Ukrainy Karpatakh (Zakarpatska oblast). *Ukrainskyi Botanichnyi Zhurnal*, 3 (71), 339–343. [in Ukrainian]
24. Parpana, V. I., Krynytskoho, H. T., & Cherniavskoho, M. V. (2015). *Nablyzhene do pryrody ta bahatofunktsionalne vedennia lisovoho hospodarstva v Karpatskomu rehioni Ukrainy ta Slovachchyny* [in Ukrainian]
25. Popovych, S. Iu., Vlasenko, A. S., & Vakarenko, O. V. (2018). *Konspekt dekoratyvnykh fitoavtokhtoniv Ukrainy*. Kyiv: TsP «Komprynt» [in Ukrainian]
26. Shchaulske lisnystvo – Filiya "Rakhivske LDH". Retrieved from: <https://www.rakhiv-ldg.org/> [in Ukrainian]
27. Zapałowicz, H. (1889). *Roślinna szata Gór Pokucko-Marmaroskich. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej*, 24, 1–390.
28. Zapałowicz H. (1906). *Niektóre nowe, krytyczne i rzadkie gatunki (odmiany) flory pokucko-marmaroskiej. Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej*, 29, 32–38.
29. Ziman, S. N., Bulakh, E. V., & Hamor, A. F. (2009). "Hot spots" within the high-mountain floras as the sectors of the integrity of the rare species (on the model of the Ukrainian Carpathians). *Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation. Proceedings of IV Balkan Botanical Congress*. (pp. 555–561). Sofia: Institute of Botany, Bulgarian Academy of Sciences

ORCID

- B. Moskaliuk  <https://orcid.org/0009-0009-5344-7440>
L. Felbaba-Klushyna  <https://orcid.org/0000-0002-4891-4229>
Ye. Melesh  <https://orcid.org/0009-0004-3594-739X>



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

Innovative direction of complex use of waste of yeast production and bio-preparation "Radorod" in the leaf fall composting process

A. Pasenko  | I. Soloshych | S. Dihtyar | Yu. Ivashenko

Article info

Correspondence Author

A. Pasenko

E-mail:

pasenko2000@ukr.net

Kremenchuk Mykhailo
Ostrohradskyi National
University,
Pershotravneva Str., 20,
Kremenchuk, 39600, Ukraine

Citation: Pasenko, A., Soloshych, I., Dihtyar, S., & Ivashenko, Yu. (2024). Innovative direction of complex use of waste of yeast production and bio-preparation "Radorod" in the leaf fall composting process. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 54–60. doi: 10.31210/spi2024.27.02.09

Modern approaches to the processing of waste of plant origin and organic waste of yeast production, which are valuable secondary raw materials for various branches of the economy, are analyzed. The paper proposes the complex use of waste from yeast production and biological preparation "Radorod" in the technology of composting vegetable waste. Biopreparation "Radorod" is a biodynamic fertilizer, which is produced by the method of aerobic mesophilic fermentation of organic raw materials, livestock waste with the addition of biological mass of plant origin. A positive effect of using a biological preparation containing actinomycetes in a complex with yeast cells of liquid waste in a ratio of 1 : 1 by mass was established. The synergistic effect of the complex bioagent contributes to the acceleration compared to the control of the process of aerobic oxidation of the organic component during composting of plant waste. There is an increase in the processes of mineralization of the plant substrate, an increase in the ash content of the product by 22.02–24.87 %. The simultaneous use of the biological preparation "Radorod" and yeast suspension as an analogue of liquid waste from yeast production in the technology of composting plant residues accelerates the process of aerobic oxidation of their organic component compared to the control, which is due to the biochemical activity of microorganisms-biodescriptors of the compost material, whose participation in mineralization processes is enhanced under the influence biologically active substances of *Saccharomyces cerevisiae* and is replaced by introduction of *Actinomyces* species with biological preparation "Radorod". The resulting compost-fertilizer is sufficiently mineralized, enriched with nutrient compounds, and can be used in agriculture. The proposed eco-technological solution allows for the comprehensive disposal of waste from various branches of production, shortens the ripening time of compost, provides a natural stimulating effect on the bioagent of compost formation and obtains a quality product for further use in the agro-industrial complex.

Keywords: ecology, waste, innovative biotechnology, composting, resource conservation, biological preparation, microorganisms, fertilizer.

Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листяного опаду

A. В. Пасенко | I. О. Солошич | С. В. Дігтяр | Ю. Д. Івашенко

Кременчуцький
національний університет
імені Михайла
Остроградського,
м. Кременчук, Україна

Проаналізовано сучасні підходи щодо переробки відходів рослинного походження та органічних відходів дріжджового виробництва, які є цінною вторинною сировиною для різних галузей господарства. У роботі запропоновано комплексне використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в технології компостування рослинних відходів. Біопрепарат «Радород» – це біодинамічне добриво, яке виготовляють методом аеробної мезофільної ферментації органічної сировини, відходів тваринництва з додаванням біологічної маси рослинного походження. Встановлено позитивний ефект використання біопрепарату з вмістом актиноміцетів у комплексі з дріжджовими клітинами рідких відходів у співвідношенні 1 : 1 за масою. Синергійний вплив комплексного біоагенту сприяє прискоренню у порівнянні з контролем процесу аеробного окиснення органічної складової під час компостування рослинних відходів. Спостерігається посилення процесів мінералізації рослинного субстрату, підвищення зольності продукту на 22,02–24,87 %. Одночасне застосування біопрепарату «Радород» і дріжджової суспензії як аналога рідких відходів дріжджового виробництва в технології компостування рослинних залишків прискорює у порівнянні з контролем процес аеробного окиснення їх органічної складової, що обумовлено біохімічною активністю мікроорганізмів-біодеструкторів компостного матеріалу, участь яких у процесах мінералізації посилюється під впливом біологічно активних речовин *Saccharomyces cerevisiae* та змінюється внесенням видів роду *Actinomyces* біопрепаратом «Радород». Отриманий компост-добриво достатньо мінералізований, збагачений поживними сполуками, і може застосовуватися у сільському господарстві. Запропоноване еколого-технологічне рішення дозволяє комплексно утилізувати відходи різних галузей виробництва, скоротити час дозрівання компосту, забезпечує природну стимулюючу дію на біоагент компостування та отримати якісний продукт для подальшого застосування в агропромисловому комплексі.

Ключові слова: екологія, відходи, інноваційна біотехнологія, компостування, ресурсозбереження, біопрепарат, мікроорганізми, добриво

Бібліографічний опис для цитування: Пасенко А. В., Солошич І. О., Дігтяр С. В., Івашенко Ю. Д. Інноваційний напрямок комплексного використання відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород» в процесі компостування листяного опаду. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 54–60.

Вступ

Відходи рослинного походження утворюються в аграрному та комунальному секторах економіки, на підприємствах харчової галузі, а також на території приватних господарств. З відходів рослинного походження отримують понад 100 найменувань різних продуктів харчування, кормів, добрив та іншої продукції. Причому з одного й того ж виду відходів можна одержувати різні за призначенням продукти. Важливим екологічним питанням є скорочення викидів, зменшення залишкових відходів під час переробки вторинної рослинної сировини [1]. Це стає можливим за рахунок впровадження нових технологічних рішень та екологічно безпечного поводження з рослинними відходами. Для переробки органічних відходів, у тому числі рослинного походження, широко застосовують біотехнологічні процеси із застосуванням біохімічного потенціалу мікроорганізмів [2–3]. Багато розробок запроваджено у напрямках удосконалення технологічних ліній процесів компостування, метаногенезу, отримання органо-мінеральних добрив, кормових добавок з відходів агропромислового комплексу та комунальних господарств [4, 5]. Рослинні відходи можуть ефективно використовуватися як субстрат для вирощування розсади та кімнатних квітів, в якості мульчі, як матеріал для укриття взимку багаторічних культур, матеріал для теплих грядок для раннього висаджування розсади, ґрунтова суміш для високих грядок городніх культур, добриво для газону, що поліпшує структуру ґрунту. Проте, не дивлячись на значну кількість технологічних розробок з переробки та утилізації відходів рослинного походження, на сьогодні залишається відкритим питання пошуку технічного рішення щодо комплексної екологічно безпечної біотрансформації відходів за умов енерго-ї ресурсозбереження.

Пошук нових інноваційних рішень пов'язаний із скороченням термінів реалізації процесів біоконверсії органічних відходів. Тому новітні дослідження екологічної біотехнології стосуються визначення біохімічно активних біоагентів, що інтенсифікують та оптимізують природні процеси біодеструкції відходів з отриманням ресурсоцінної продукції [6]. Наведене прикладне технологічне питання є актуальним для переважної більшості сільськогосподарських та комунальних господарств у розрізі поводження з листовим опадом, який у великих кількостях протягом сезону накопичується і потребує збору, транспортування та переробки. Заборонений метод термічного знешкодження рослинних відходів є небезпечним з точки зору утворення значної кількості парникових та інших газів. Першочерговим завданням є запобігання утворенню в процесі переробки листового опадку токсичних газів, зниження викидів парникових газів в атмосферне повітря [7]. Такі гази як бензопірен, діоксини, оксиди нітрогену й сірки та вуглекислий газ мають значний негативний вплив не тільки на навколишнє середовище, а й на життєдіяльність людей, рослин та тварин в цілому. Внаслідок підвищення вмісту парникових газів в атмосферному повітрі змінюється клімат та порушується темпе-

ратурний режим на планеті Земля. Вуглекислий газ і вода поглинають інфрачервоне випромінювання Сонця і, таким чином, зберігають значну кількість тепла на Землі. Тенденція до зростання вмісту вуглекислого газу в атмосфері може призвести до збільшення середньої температури на поверхні Землі, що може мати негативний вплив на довкілля, життєдіяльність людей, тварин та ріст рослин.

Тому більш доцільним та екологічно безпечним шляхом поводження з вказаними відходами є переробка опалого листя за умов мінімізації негативного впливу на довкілля. З позицій енерго- та ресурсозбереження оптимальним способом біоконверсії листового опадку є технологія компостування з використанням природного потенціалу біоагентів деструкції рослинного субстрату [8]. Життєдіяльність різноманітних мікроорганізмів у скупченнях рослинних відходів призводить до глибокої мінералізації органічних сполук до певної кількості складових компостного продукту, в цілому, до понад 100 компонентів. Екологічним завданням є прискорення процесів біодеструкції відходів з високим виходом продукту та попередження потрапляння вуглекислого газу а атмосферне повітря. У роботі перше завдання пропонується вирішувати додаванням біологічно активних компонентів до компостного субстрату, а друге – розробкою технологічно прийнятної схеми асиміляції вуглекислого газу у продукційних процесах технологій рослинництва агропромислових виробництв.

Одним із шляхів реалізації запропонованих технологічних рішень є процес компостування листового опадку з комплексним використанням дріжджових клітин рідких відходів дріжджового виробництва та біопрепарату «Радород», який містить культуру актиноміцетів-редуцентів з потужним ферментним комплексом. Компостування – це природний аеробний процес розкладання органічних відходів в аеробних умовах за участю біологічних організмів. Компост утворюється як результат часткового розкладання окремих складових, що містять органічну речовину й неорганічні баластові речовини. У відходах зазвичай існує своя ендогенна змішана культура мікроорганізмів-редуцентів. Мікробна активність зростає, коли вміст вологи і концентрація кисню досягають необхідного рівня. Крім кисню і води мікроорганізмам для росту й розмноження необхідна наявність джерел карбону, нітрогену, фосфору, калію та інших елементів. Ці потреби в мінеральних сполуках часто задовольняються речовинами, що містяться у відходах [9]. Споживаючи органічні відходи як харчовий субстрат, мікроорганізми розмножуються і продукують воду, вуглекислий газ, деякі органічні сполуки та енергію. Частина енергії, що виходить при біологічному окисленні сполук карбону, витрачається на метаболічні процеси, решта – виділяється у вигляді тепла. Компост як кінцевий продукт компостування містить найбільш стабільні органічні сполуки, продукти розпаду, біомасу мертвих мікроорганізмів, деяку кількість живих мікроорганізмів і продукти

хімічної взаємодії цих компонентів, тому вважається цінним мінерально збагаченим для рослин добривом.

Для інтенсифікації процесу компостування доцільно використовувати відходи дріжджового виробництва. Підприємства з виробництва хлібопекарських дріжджів працюють майже у кожній області України. Технологічний цикл цих підприємств призводить до накопичення значної кількості стічних вод, що характеризуються наявністю органічних забруднень, високої концентрації сполук нітрогену, сульфатів, хлоридів. Також стічні води дріжджових підприємств містять певну кількість мікроорганізмів, зокрема дріжджів, які мають здатність до розмноження й продовження життєдіяльності при надходженні у навколишнє середовище. Збільшення кількості мікроорганізмів у природних водоймах внаслідок скидання вказаних стічних вод після очищення призводить до зменшення кількості розчиненого кисню у воді, що в подальшому спричинює загибель водних організмів [10–11].

Тому досить перспективним питанням є утилізація стічних вод дріжджових виробництв шляхом застосування як джерела дріжджової культури при компостуванні рослинних відходів. Для інтенсифікації процесу деструкції органічних відходів та збагачення добрива цінними речовинами доцільно також поєднувати використання стоків

дріжджового виробництва з біопрепаратом «Радород», який є джерелом низки поживних сполук та мікроорганізмів, серед яких мікроорганізми-деструктори роду *Actinomyces* [12–14].

Ці процеси здатні забезпечити інтенсифікацію процесу біорозкладу органічної сировини, зменшити тривалість процесу та підвищити якість, цінність добрива, збагативши його корисними мінеральними елементами та органічними сполуками.

Мета дослідження

Метою роботи є дослідження можливості комплексного використання біопрепарату «Радород» та рідких відходів дріжджового виробництва для переробки рослинних відходів з отриманням добрива.

Матеріали і методи

У роботі для моделювання процесу переробки відходів рослинного походження шляхом компостування були відібрані зразки опалого листя Тополі чорної *Populus nigra*. В процесі приготування компостної суміші було використано культуру дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород», багатий мікроорганізмами роду *Actinomyces* (рис. 1).



Рис. 1. Біопрепарат «Радород»

Використання дріжджів при компостуванні ґрунтується на здатності збагачувати складові компосту різноманітними мікро- та макро-елементами, які в подальшому застосуванні у якості добрив позитивно впливають на темпи зростання сільськогосподарських культур. Завдяки своєму збагаченому корисними речовинами хімічному та біохімічному складу, вони мають здатність навіть прискорювати ріст рослин, що має велике значення в сільськогосподарській сфері [15].

Біодинамічне добриво «Радород» – концентрат води та колоїдного гумусу, який виготовлений методом біологічної ферментації органічної сировини. В даному препараті визначено присутність

біохімічно активної групи мікроорганізмів – актино-міцетів, які поводять себе як біодеструктори. Як *Saccharomyces cerevisiae*, так і *Actinomyces* належать до целюлозоруйнуючих мікроорганізмів, які здатні розщеплювати целюлозу за допомогою целюлаз. Використання актиноміцетів та дріжджів забезпечить продовження розкладу рослинних залишків після того, як целюлоза в органічному матеріалі буде вичерпана, що, в свою чергу, призведе до пришвидшення та інтенсифікації біодеструкції рослинних залишків [12, 16–20].

В експерименті досліджували 6 зразків компосту різного складу:

1) опале листя (контроль без додавання препаратів);

- 2) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*;
- 3) опале листя, біопрепарат «Радород»;
- 4) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород» у співвідношенні 1 : 1;
- 5) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород» у співвідношенні 1 : 2;
- 6) опале листя, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* та біопрепарат «Радород» у співвідношенні 2 : 1.

При співвідношенні 1 : 1 препарати вносили в однакових об'ємах; при співвідношенні 1 : 2 – 60 мл дріжджової суспензії та 140 мл розчину Радороду; при співвідношенні 2 : 1 – 140 мл дріжджової суспензії та 60 мл розчину «Радород» відповідно. Дослідження проводили в лабораторних умовах в емностях за умов аерації протягом місяця.

При проведенні експерименту були використані наступні методи: висушування до постійної маси, визначення рН, вологості та зольності субстрату, гравіметричний метод.

Розрахунок вологості у зразках за формулою, %:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \% \quad (1),$$

де m_1 та m_2 – відповідно маса наважки зразка до висушування та після висушування, г.

Показник зольності визначали за формулою, %:

$$A^a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \%, \quad (2)$$

де m_1 , m_2 , m_3 – маса тигля відповідно прожареного, з наважкою вихідної проби, із зольним залишком після прожарювання, г.

Результати та їх обговорення

Протягом дослідження процесу компостування визначали динаміку змін показників маси компостного матеріалу у різних пробах. Результати показали, що найбільші втрати маси спостерігались у пробах з додаванням комплексної суміші *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces* (рис. 2).

У всіх пробах із додаванням біоагентів в ролі яких є дріжджові клітини стічних вод дріжджового виробництва та мікроорганізми, які містяться в біопрепараті «Радород», відчутне посилення процесів мінералізації органічної складової рослинних відходів. Це свідчить про позитивний ефект від використання такого комплексу додаткових для компосту сполук. Таким чином, на основі отриманих даних підтверджено наявність ефекту інтенсифікації компостування при застосуванні суміші дріжджових відходів і біопрепарату «Радород».

Показник вологості визначався ваговим методом з висушування матеріалу проб до постійної маси в лабораторних умовах за температури 100–105 °С (рис. 3).

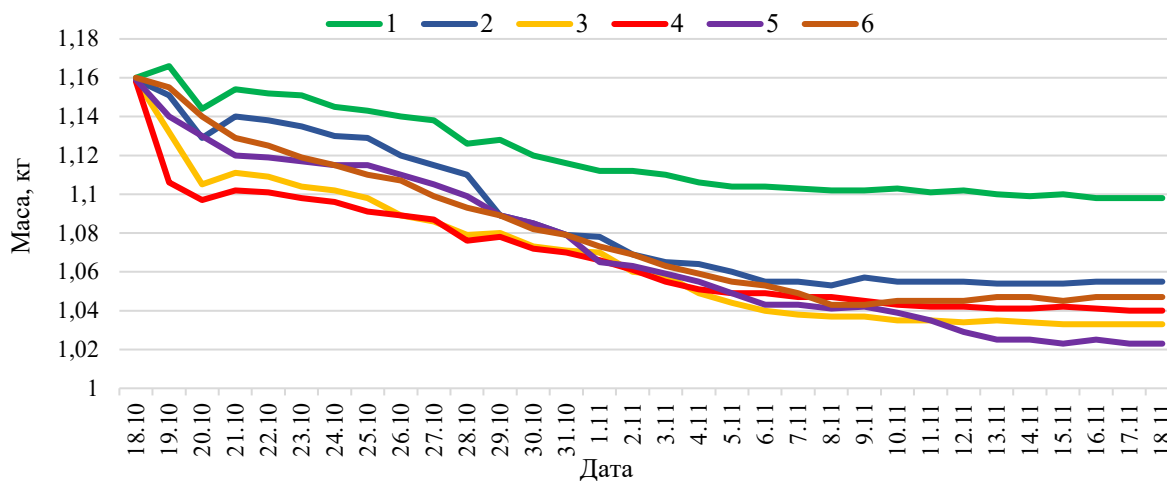


Рис. 2. Динаміка зміни маси компостних зразків (1, 2, 3, 4, 5, 6 – номер проби компосту)



Рис. 3. Визначення вологості компостних зразків

Визначення динаміки вологості у компостному матеріалі показало, що показник вологості протягом місяця у різних пробах змінювався по-різному. У контрольній пробі показник вологості найнижчий, що свідчить про повільний процес деструкції листового опаду. В пробах з комплексом суміші *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces* показник вологості найбільший, тобто процес деструкції органічної речовини з розпадом на CO₂ і H₂O проходить інтенсивно. Результати занесені до **таблиці 1**.

Таблиця 1

Показники вологості досліджуваних зразків компосту

№ проби	Проба	Вологість, %
1	Контроль	30,70
2	Дріжджі	35,02
3	«Радород»	40,16
4	Дріжджі+«Радород» (1 : 1)	43,31
5	Дріжджі+«Радород» (1 : 2)	45,56
6	Дріжджі+«Радород» (2 : 1)	42,77

Також було проведено визначення кислотності субстрату компостування для оптимізації відповідності утвореного добрива нормам. Оптимальна кислотність компосту повинна бути близька до нейтральної і становити від 6,5 до 8,5 рН. Процес визначення рН відбувався за допомогою рН-метра та універсальних індикаторних смужок (**рис. 4**). Для визначення рН смужку папірця необхідно змочити досліджуваним розчином та порівняти її колір зі шкалою. За збігом забарвлення знаходять приблизне значення рН розчину.



Рис. 4. Лабораторний рН-метр для визначення кислотності досліджуваного субстрату

В процесі визначення кислотності встановлено, що внесення в компост комплексу із дріжджової суспензії та біопрепарату «Радород» сприяє зниженню рН, що пояснюється прискоренням аеробного розкладання органічної речовини компосту з утворенням органічних кислот. Контрольний зразок має найбільше значення кислотності. Це може свідчити про менш швидкий перебіг процесу деструкції рослинної сировини з виділенням побічних продуктів у вигляді органічних кислот.

Результати рН досліджуваних проб занесені до **таблиці 2**.

Таблиця 2

Показники рН досліджуваних проб компосту

№ проби	Проба	рН
1	Контроль	8
2	Дріжджі	7,5
3	«Радород»	7,5
4	Дріжджі+«Радород» (1 : 1)	7
5	Дріжджі+«Радород» (1 : 2)	6,5
6	Дріжджі+«Радород» (2 : 1)	7

Також важливим аспектом дослідження було визначення показників зольності компостних зразків. Визначення зольності проводилося за стандартною методикою із застосуванням термічної обробки експериментальних зразків та вагового методу (**рис. 5**).



а



б



в

Рис. 5. Визначення зольності проби із біологічними агентами *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces*
а – муфельна піч; б – термічна обробка проби;
в – зольний залишок проби

У процесі компостування субстрат втрачає у вигляді кінцевих продуктів розкладу, таких як CO₂ і H₂O, близько 40 % маси органічної речовини, при цьому відповідно збільшується зольність компосту, тобто мінералізована неорганічна компосту. Таким

чином, чим більше значення зольності, тим ефективнішим був процес біодеструкції рослинних відходів.

В експерименті встановлено, що показник зольності зростає при застосуванні комплексу з вмістом клітин *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces*, що свідчить про позитивний ефект компостування та його інтенсифікацію при внесенні біоагентів. Результати досліджень із визначення показника зольності наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Показник зольності досліджуваних проб компосту

№ проби	Проба	Зольність, %
1	Контроль	22,02
2	Дріжджі	25,17
3	«Радород»	26,60
4	Дріжджі+«Радород» (1 : 1)	27,24
5	Дріжджі+«Радород» (1 : 2)	27,50
6	Дріжджі+«Радород» (2 : 1)	26,87

Отже, отримані дані свідчать про те, що комплекс біологічних агентів з *Saccharomyces cerevisiae* та *Actinomyces* інтенсифікує процес компостування органічної речовини з утворенням ресурсоцінного добрива за умов мінімізації тривалості та обсягів використання сировини. Це біотехнологічне рішення є перспективним, екологічним, економічно доцільним, відповідає принципам маловідходного виробництва та ресурсозбереження. Використання даного комплексу біологічних агентів в процесі компостування допоможе отримати цінне мінералізоване добриво для сільського господарства та утилізувати відходи агросектору, комунальних господарств, а саме, опале листя та рослинні рештки, а також рідкі відходи виробництва дріжджів.

Висновки

Проаналізовано сучасні підходи щодо переробки відходів рослинного походження та органічних відходів дріжджового виробництва, які є цінною вторинною сировиною для різних галузей господарства.

Встановлено позитивний синергійний вплив суспензії дріжджових клітин та актиноміцетів на процес компостування органічної сировини. Одночасне застосування біопрепарату «Радород» і дріжджової суспензії як аналога рідких відходів дріжджового виробництва в технології компостування рослинних залишків прискорює у порівнянні з контролем процес аеробного окиснення їх органічної складової, що обумовлено біохімічною активністю мікроорганізмів-біодеструкторів компостного матеріалу, участь яких у процесах мінералізації посилюється під впливом біологічно активних речовин *Saccharomyces cerevisiae* та змінюється внесенням видів роду *Actinomyces* біопрепаратом «Радород». Найбільші втрати маси компосту внаслідок мінералізації відходів спостерігається у пробах з додаванням суміші «дріжджі+Радород», знижується рН компосту, підвищується у порівнянні з контролем вологість на 39–48 % і зольність – на 22,02–24,87 %.

У всіх пробах з додаванням суміші «дріжджі + Радород» спостерігається посилення процесів мінералізації рослинних відходів, що доводить еколого-економічну доцільність використання відходів виробництва дріжджів для інтенсифікації процесу компостування.

Запропонована технологічне рішення дозволяє комплексно утилізувати відходи різних галузей виробництва, скоротити час дозрівання компосту, забезпечує природну стимулюючу дію біоагенту на процес мінералізації рослинних відходів та отримати якісний компост-добриво для подальшого застосування в агропромисловому комплексі.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Prudnikov, S. V., Trembovetska, G. M., & Sakharova, S. M. (2002). Secondary raw materials: which way will we choose? *Food and Processing Industry*, 3, 12–13.
2. Digtar, S., Pasenko, A., Novokhatko, O., Maznytska, O., & Nykyforova, O. (2021). The use of multisubstrate mixtures for methane biosynthesis by an adapted complex of microorganisms for obtaining organic fertilizer. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Chemistry, Chemical Technology and Ecology*, 2 (6), 52–59. <https://doi.org/10.20998/2079-0821.2021.02.07>
3. Tokarchuk, D., Prishlyak, N., & Palamarenko, Y. (2020). Prospects for use of crop waste for biogas production in Ukraine. *Agrosvit*, 22, 51. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.22.51>
4. Horobets, O. (2020). Classification of agricultural waste and the choice of the technology for their recycling. *Ecological Sciences*, 31 (4). <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.35>
5. Zhuk, P. V. (2022). Agricultural waste in Ukraine: generation volumes and recycling issues. *Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine*, 3 (155), 21–28. <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-4>
6. Kornienko, I. M., Yastremska, L. S., Kuznietsova, O. O., Baranovskiy, M. M., & Vizer, A. K. (2022). Biokonversiaia orhanichnykh vidkhdov – yevropeyskiy dosvid ta Ukrainski praktyky. *Technologies and Engineering*, 3, 37–51. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.3.4>
7. Popyk, O. V. (2014). Ecological and economic aspects of handling fallen leaves in urbanized areas. *Economic Innovations*, 58, 266–271.
8. Diakonov, V. I., Diakonov, O. V., & Skrypnyk, O. S. (2015). Utylizatsiia roslynnykh i derevnykh vidkhdov parkovoi zony mista. *Komunalne Hospodarstvo Mist. Seriya: Tekhnichni Nauky ta Arkhitektura*, 124, 49–52.
9. Gatsenko, M. V. (2014). Composting of organic matter. Microbiological aspects. *Agricultural Microbiology*, 19 (1), 11–20.
10. Poshtarenko, A. V. (2015). The impact of the food industry on environmental safety of natural waters. *Problems of Ecological Biotechnology*, 2, 118–127.
11. Karanov, Yu., Koshel, M., Dobrilovskiy, B., & Bashmakova, S. (2000). Cleaning wastewater of yeast factories. *Food and Processing Industry*, 7, 22–23.
12. Pasenko, A. V., Dihtyar, S. V., Sakun, O. A., Nykyforova, O. O., & Tsymbal, I. I. (2021). Microbiological aspect of ecological biotechnology of applying "Radorod" biological preparation in the agrarian sphere. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 110–117. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.13>
13. Sokolova, V. I., & Krusir, G. V. (2019). Research of the composting process using the drug "Baikal EM". *Problems of forming a healthy lifestyle among young people, coll. materials of the XII All-Ukrainian science and practice conf. young scientists and students from international participation*. (Odessa, October 03–05 2019). (pp. 374–376). Odessa [in Ukrainian]
14. Sokolova, V. I., & Krusir, G. V. (2019). Research on the effectiveness of the drug «Baikal EM» in the composting process. *Vseukrainska naukovo-praktychna Internet-konferentsiia zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh*. (26 lystop. 2019 r.) (p. 134). Kharkiv: Kharkivskiy derzhavnyi universytet kharchuvannia ta torhivli [in Ukrainian].

15. Shatskyi, V. V., & Povolotskyi, A. A. (2015). Basic requirements for the process and biotechnical system of composting organic raw materials. *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture Named After Petro Vasylenko*, 157, 140–146.
16. Kovalov, M. M., Mostipan, M. I., & Kulyk, H. A. (2020). Obtaining bio-compost by pre-treating base materials with EM preparations. *Agricultural Innovations*, 3, 39–44. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.7>
17. Horobets O. V., Galitskyi V. A. (2016). Prospective directions for the utilization of organic waste. *Nauka. Molod. Ekolohiia, zbirnyk materialiv KhII Vseukrainsko. naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh*. (pp.97–102.). Zhytomyr: ZhNAEU [in Ukrainian]
18. Sendetska, O. V. (2013). Ways of increasing the efficiency of production and application of organic fertilizers produced by the method of vermiculture and biological fermentation of organic agro-industrial waste. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 4 (55), 71–75.
19. Kukharets, V. V. (2016). Consideration of innovative aspects of bio-raw material conversion in an agricultural organic enterprise. *Organic production and food safety, materials IV International science and practice conference*. (May 12–13. 2016). (pp. 439–442). Zhytomyr.
20. Vasylenko, O. V., & Dubin, O. M. (2014). Utilization of organic residues as a way to solve ecological problems of agriculture. *Proceedings of the Uman National University of Horticulture*, 76, 111–116.

ORCID

- A. Pasenko  <https://orcid.org/0000-0003-1108-0408>
- I. Soloshych  <https://orcid.org/0000-0002-8842-5120>
- S. Dihtyar  <https://orcid.org/0000-0002-6872-2865>
- Yu. Ivasenko  <https://orcid.org/0009-0000-6582-2572>



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

Characteristics of the course of canine cystisporosis as part of mixtinvasions

R. Suvorov ✉

Article info

Correspondence Author

R. Suvorov

E-mail:

romeovinnic88@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovorody St., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine**Citation:** Suvorov, R. (2024). Characteristics of the course of canine cystisporosis as part of mixtinvasions. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 61–65. doi: 10.31210/spi2024.27.02.10

Dog breeding is a branch of animal husbandry that involves the breeding of dogs of cultural breeds for use in various branches of the national economy, sports and the army. At the same time, the efficiency of dog breeding, their health and veterinary welfare are affected by diseases of parasitic etiology, in particular protozooses. Such infestations include cystisporosis, which causes economic damage to dog breeding. However, in dogs, parasitoses often occurs in the form of mixed invasions, where the causative agents of protozooses and helminthiases can be co-members, which is significant when prescribing treatment and increasing the effectiveness of treatment measures. Dogs were examined by coproovoscopic flotation methods for the presence of parasite oocysts/eggs. The conducted studies established that cystisporosis occurs more often in the form of mixed invasions (70.8 %), less often in the form of cystisporous monoinvasion (29.2 %). Cystisporous were helminths of the intestinal tract: cestodes – *Dypilidium caninum* and nematodes – *Trichuris vulpis*, *Toxocara canis* and *Uncinaria stenocephala*. A total of 10 types of mixed invasions were detected in dogs infected with *Cystoisospora* spp., where two-component infections were found in 71.9 % of dogs, three-component – in 25.1 %, and four-component – in only 3.0 %. Cystisporous-toxocarous (28.7 %) and cystisporous-trichurous (24.6 %) were more often diagnosed from two-component associations. Of the three-component associations, simultaneous parasitism in the body of dogs with cystisporous, toxocares, and trichurises (9.6 %), cystisporous, toxocares, and dipylidies (7.8 %) was more often diagnosed. Four-component associations are represented by two varieties, where the co-members were: cystisporous, toxocares, trichurises and dipylidies (1.8 %), cystisporous, trichurises, trichurises, dipylidies and uncinaries (1.2 %). Most often, co-members of *Cystoisospora* spp. were *Toxocara canis* (53.3 %) and *Trichuris vulpis* (39.5 %), less often – *Dypilidium caninum* (24.6 %) and *Uncinaria stenocephala* (13.8 %). The obtained results make it possible to take into account the peculiarities of the course of cystisporosis in dogs for the effective implementation of treatment and prevention measures.

Key words: parasitology, cystisporosis, dogs, features of the course, mixtinvasions.

Особливості перебігу цистоіозспорозу собак в складі мікстінвазій

P. С. Суворов

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Собаківництво – галузь тваринництва, що передбачає розведення собак культурних порід для використання у різних галузях народного господарства, спорті та армії. Разом з тим, на ефективність розведення собак, їх здоров'я та ветеринарне благополуччя впливають хвороби паразитарної етіології, зокрема протозоози. До таких інвазій відноситься цистоіозспороз, який завдає економічної шкоди собаківництву. Однак, у собак паразитози часто перебігають у вигляді мікстінвазій, де співчленами можуть бути збудники протозоозів та гельмінтозів, що є значущим при призначенні лікування та підвищення ефективності лікувальних заходів. Собак досліджували копроовоскопічними методами флотації на наявність ооцист/яєць паразитів. Проведеними дослідженнями встановлено, що цистоіозспороз частіше перебігає у вигляді мікстінвазій (70,8 %), рідше – у вигляді цистоіозспорозної моноінвазії (29,2 %). Співчленами цистоіозспор були гельмінти кишкового тракту: цестоди – *Dypilidium caninum* та нематоди – *Trichuris vulpis*, *Toxocara canis* та *Uncinaria stenocephala*. Всього було виявлено 10 різновидів мікстінвазій у собак, інвазованих *Cystoisospora* spp., де двокомпонентні інвазії встановлено у 71,9 % собак, трикомпонентні – у 25,1 %, чотирьохкомпонентні – лише у 3,0 %. З двокомпонентних асоціацій частіше діагностували цистоіозспорозно-токсокарозну (28,7 %) та цистоіозспорозно-трихуруозну (24,6 %). З трикомпонентних асоціацій частіше діагностували одночасне паразитування в організмі собак цистоіозспор, токсокар та трихурисів (9,6 %), цистоіозспор, токсокар та дипілідій (7,8 %). Чотирьохкомпонентні асоціації представлені двома різновидами, де співчленами були: цистоіозспори, токсокари, трихуриси та дипілідії (1,8 %), цистоіозспори, трихуриси, дипілідії та унцинарії (1,2 %). Найчастіше співчленами *Cystoisospora* spp. були *Toxocara canis* (53,3 %) та *Trichuris vulpis* (39,5 %), рідше – *Dypilidium caninum* (24,6 %) та *Uncinaria stenocephala* (13,8 %). Отримані результати дають можливість враховувати особливості перебігу цистоіозспорозу собак для ефективного проведення лікувально-профілактичних заходів.

Ключові слова: паразитологія, цистоіозспороз, собаки, особливості перебігу, мікстінвазії**Бібліографічний опис для цитування:** Суворов Р. С. Особливості перебігу цистоіозспорозу собак в складі мікстінвазій. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 61–65.

Вступ

Кокцидії роду *Cystoisospora* є поширеними збудниками кишкових паразитозів собак, котів, а також людей у всьому світі. Собаки є дефінітивними хазяями для 4 відомих видів цистоізоспор, де ооцисти *Cystoisospora canis* можна остаточно ідентифікувати на основі їх структури у зразках фекалій через їх великий розмір (0,33 мкм) у порівнянні з ооцистами *C. ohioensis*, *C. neorivolta* і *C. burrowsi*, які є меншими (≤ 30 мкм) [1–5].

У розповсюдженні цистоізоспорозу значну роль відіграють безпритульні домашні собаки, які становлять серйозну загрозу для охорони природи та здоров'я населення в усьому світі. Зокрема, *Cystoisospora* spp. був найбільш часто виявленим найпростішим організмом у безпритульних собак в Єгипті. Середня екстенсивність цистоізоспорозної інвазії становила 21,2 % (за коливань від 14,2 до 56,7 %). Крім того, було виявлено паразитування у собак двох видів ізоспор: *C. canis* (23,3 %, за коливань від 15,6 до 62,2 %) та *C. ohioensis* (12,2%, за коливань від 3,7 до 20,8 %) [6–9]. В Лісабоні при копроовоскопічному дослідженні ооцисти *Cryptosporidium* spp. були виявлені у 11,9 % собак, в США – у 4,8 %, в Канаді – у 14,7 %, на території Франції – у 2,6 % тварин [10–13].

В Португалії було проведено копроскопічне дослідження клінічно здорових собак, де збудник *C. canis* був найпоширенішим найпростішим організмом (8,0 %) серед інших паразитозів. Водночас, автори встановили асоціативний перебіг цистоізоспорозу разом з *Giardia* spp. [14].

Поширеність і фактори ризику, пов'язані з шлунково-кишковими паразитами у собак, вивчали в північно-центральному Алжирі. Дослідження проведено на 131 клінічно здоровій собаці із застосуванням копроскопічних методів. Шістдесят чотири собаки були носіями однієї інвазії, з яких середня екстенсивність інвазії *Cystoisospora* spp. становила 3,05 %. Водночас, 16 собак мали змішані інвазії [15].

У Мексиці було копроовоскопічно досліджено 380 безпритульних собак. Загалом близько 21,5 % обстежених собак виявилися позитивними на кишкові паразитози. Середня екстенсивність інвазії *Cystoisospora* spp. становила 5,0 %. Причому частіше встановлювали моноінвазію (18,7 %), ніж мікстінвазії (2,8 %) [16].

Тому, актуальним є виявлення співчленів *Cystoisospora* spp. за асоційованого перебігу цистоізоспорозу з метою підвищення ефективності проведення лікувальних заходів.

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити особливості перебігу цистоізоспорозу в складі мікстінвазій травного тракту собак.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2022–2023 рр. на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету та умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків).

З метою виявлення собак інвазованих збудником цистоізоспорозу проводили гельмінтоооскопію проб фекалій за флотаційною методикою [17]. Лабораторно досліджували собак різних порід та вікових груп. При виявленні хворих на цистоізоспороз собак, їх повторно копроовоскопічно досліджували на наявність збудників мікстінвазій. Встановлювали їх видовий склад за морфологічною будовою яєць гельмінтів.

Всього обстежено 1647 собак.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що цистоізоспороз частіше перебігає у вигляді мікстінвазій (70,8 %), рідше – у вигляді цистоізоспорозної моноінвазії (29,2 %) (рис. 1).

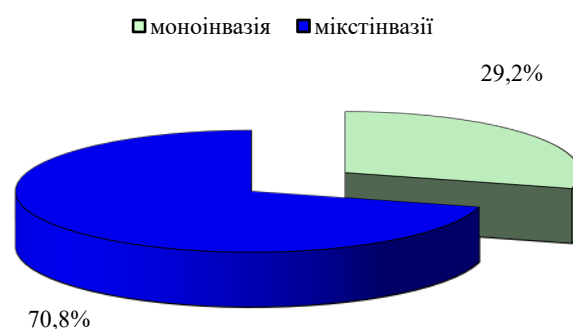


Рис. 1. Відсоткове співвідношення моноінвазії та мікстінвазій у собак за цистоізоспорозу

Всього було виявлено 10 різновидів мікстінвазій у собак інвазованих *Cystoisospora* spp., де двокомпонентні інвазії встановлено у 71,9 % собак, трикомпонентні – у 25,1 %, чотирикомпонентні – лише у 3,0 % тварин (рис. 2).

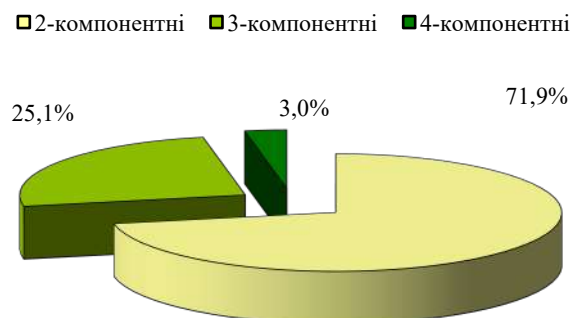
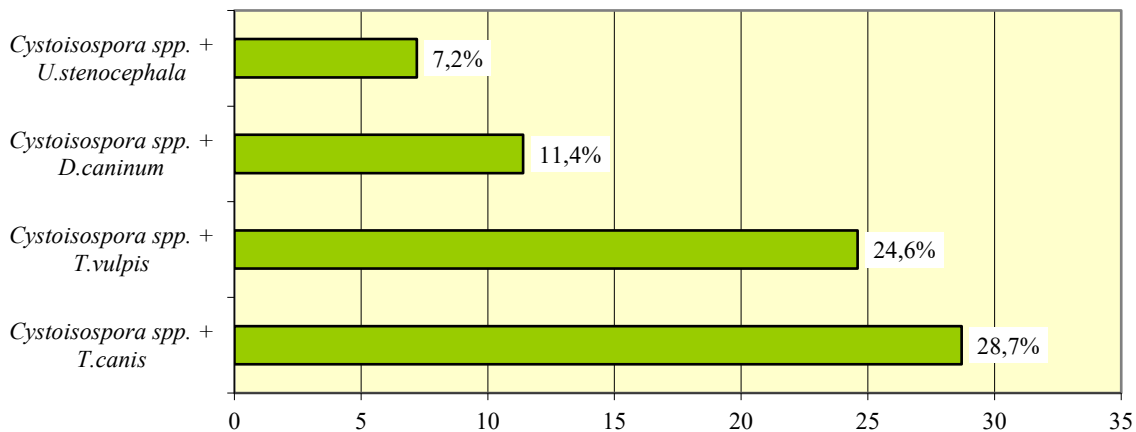


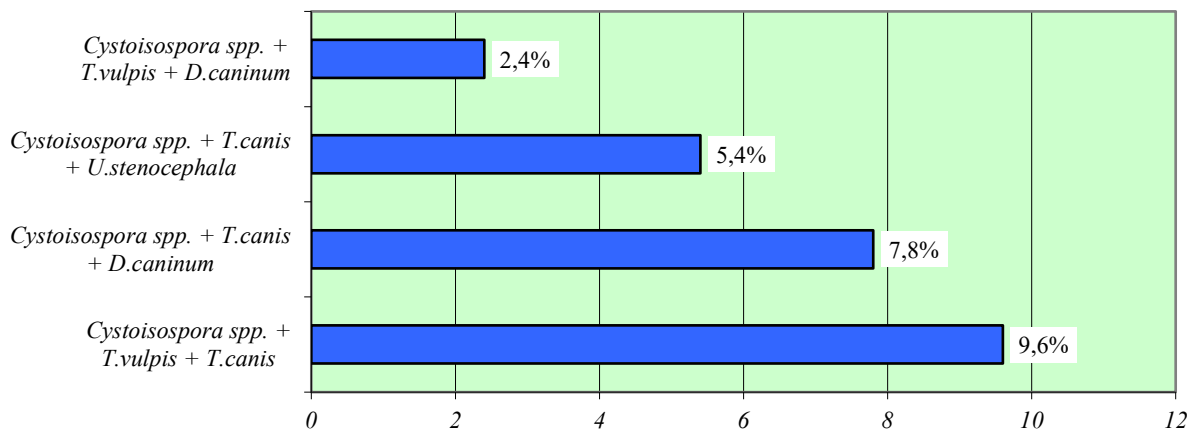
Рис. 2. Відсоткове співвідношення різнокомпонентних мікстінвазій у собак за цистоізоспорозу

З двокомпонентних асоціацій частіше діагностували цистоіозпорозно-токсокарозну (28,7 %) та цистоіозпорозно-трихуриозну (24,6 %). Рідше виявляли цистоіозпорозно-дипілідіозну (11,4 %) та цистоіозпорозно-унцинаріозну (7,2 %) (*рис. 3 а*). З трикомпонентних асоціацій частіше діагностували одночасне паразитування в організмі собак цистоіозпор, токсокар та трихурисів (9,6 %),

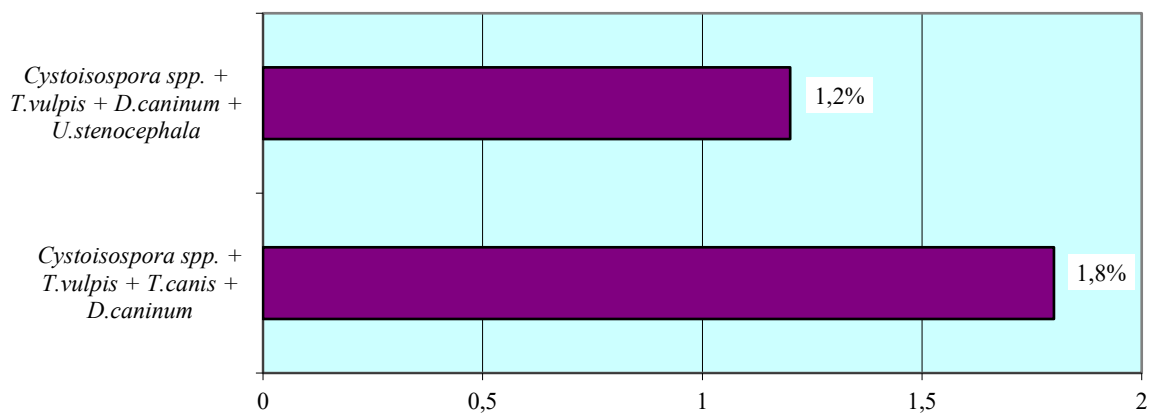
цистоіозпор, токсокар та дипілідій (7,8 %). Рідше виявляли асоціацію цистоіозпор, токсокар та унцинарій (5,4 %), цистоіозпор, трихурисів та дипілідій (2,4 %) (*рис. 3 б*). Чотирьохкомпонентні асоціації представлені двома різновидами, де співчленами були: цистоіозпори, токсокари, трихуриси та дипілідії (1,8 %), цистоіозпори, трихуриси, дипілідії та унцинарії (1,2 %) (*рис. 3 в*).



а



б



в

Рис. 3. Асоціативний перебіг цистоіозпорозу собак з гельмінтзоами травного тракту: а – двокомпонентні, б – трикомпонентні, в – чотирьохкомпонентні

Найчастіше співчленами *Cystoisospora* spp. були *Toxocara canis* (53,3 %) та *Trichuris vulpis* (39,5 %), рідше – *Dypilidium caninum* (24,6 %) та *Uncinaria stenocephala* (13,8 %).

Науковці свідчать про значне поширення цистоіозспорозу серед собак різного віку, порід, за різних способів утримання у багатьох країнах світу [10–13, 18–21]. Водночас, більшість дослідників вказують на значну фауну паразитів травного тракту собак, де збудник цистоіозспорозу описаний фрагментарно [15, 16]. Тому, актуальним є виявлення співчленів *Cystoisospora* spp. за асоційованого перебігу цистоіозспорозу з метою підвищення ефективності проведення лікувальних заходів.

Проведеними дослідженнями було виявлено у більшості випадків (70,8 %) асоціативний перебіг цистоіозспорозу з гельмінтозами травного тракту, а саме: *Toxocara canis*, *Trichuris vulpis*, *Dypilidium caninum*, *Uncinaria stenocephala* (13,8 %). Виявлені мікстинвазії були представлені дво- (71,9 %), три- (25,1 %) та чотирьохкомпонентними (3,0 %) асоціаціями.

Про асоціативний перебіг цистоіозспорозу собак у науковій літературі висвітлено лише фрагментарно. Зокрема, авторами переважно встановлено асоціативний перебіг цистоіозспор та гіардій у собак, що підкреслює важливість досліджуваної проблематики, внаслідок зоонозного потенціалу паразитів [14].

Отримані результати дають можливість враховувати особливості перебігу цистоіозспорозу собак для ефективного проведення лікувально-профілактичних заходів.

Висновки

Встановлено, що на території м. Харків цистоіозспороз у 70,8 % собак перебігає у вигляді мікстинвазій, де співчленами *Cystoisospora* spp. є цестоди та нематоди травного тракту. Всього виявлено 10 різновидів мікстинвазій у собак інвазованих збудником цистоіозспорозу, де діагностовано дво-, три- та чотирьохкомпонентні асоціації паразитів. Найчастіше встановлювали двокомпонентні інвазії (71,9 %) у вигляді цистоіозспорозно-токсокарозної (28,7 %) та цистоіозспорозно-трихурозної (24,6 %) інвазій. Найчастіше співчленами *Cystoisospora* spp. були *Toxocara canis* (53,3 %) та *Trichuris vulpis* (39,5 %). Рідше діагностували як співчленів цистоіозспорозу гельмінтів видів *Dypilidium caninum* (24,6 %) та *Uncinaria stenocephala* (13,8 %).

Конфлікт інтересів

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

References

1. Dubey, J. P., & Frenkel, J. K. (1972). Extra-intestinal stages of *Isospora felis* and *I. rivolta* (Protozoa: Eimeriidae) in cats. *The Journal of Protozoology*, 19 (1), 89–92. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1972.tb03419.x>

2. Frenkel, J. K., & Dubey, J. P. (1972). Rodents as vectors for feline coccidia, *Isospora felis* and *Isospora rivolta*. *Journal of Infectious Diseases*, 125 (1), 69–72. <https://doi.org/10.1093/infdis/125.1.69>
3. Frenkel, J. K. (1977). *Besnoitia wallacei* of cats and rodents: with a reclassification of other cyst-forming Isosporoid Coccidia. *The Journal of Parasitology*, 63 (4), 611–628. <https://doi.org/10.2307/3279560>
4. Barrera, J. P., Montoya, A., Marino, V., Sarquis, J., Checa, R., & Miró, G. (2024). *Cystoisospora* spp. infection at a dog breeding facility in the Madrid region: Infection rate and clinical management based on toltrazuril metaphylaxis. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 48, 100971. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2023.100971>
5. Scaramozzino, P., Carvelli, A., Iacoponi, F., & De Liberato, C. (2018). Endoparasites in household and shelter dogs from Central Italy. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6 (1), 45–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.04.003>
6. Lyons, M. A., Malhotra, R., & Thompson, C. W. (2022). Investigating the free-roaming dog population and gastrointestinal parasite diversity in Tulum, México. *PLOS ONE*, 17 (10), e0276880. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276880>
7. Abbas, I., Baghdadi, H. B., Rizk, M. A., El-Alfy, E.-S., Elmishmishy, B., & Gwida, M. (2023). Gastrointestinal parasites of dogs in Egypt: an update on the prevalence in Dakahlia Governorate and a meta-analysis for the published data from the country. *Animals*, 13 (3), 496. <https://doi.org/10.3390/ani13030496>
8. Dubey, J. P., & Lindsay, D. S. (2019). Coccidiosis in dog –100 years of progress. *Veterinary Parasitology*, 266, 34–55. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.12.004>
9. Idrissi, H., Khatat, S. E. H., Duchateau, L., Kachani, M., Daminet, S., El Asatey, S., Tazi, N., Azrib, R., & Sahibi, H. (2022). Prevalence, risk factors and zoonotic potential of intestinal parasites in dogs from four locations in Morocco. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 34, 100775. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2022.100775>
10. Smith, A. F., Semeniuk, C. A., Kutz, S. J., & Massolo, A. (2014). Dog-walking behaviours affect gastrointestinal parasitism in park-attending dogs. *Parasites & Vectors*, 7 (1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-429>
11. Wang, A., Ruch-Gallie, R., Scorza, V., Lin, P., & Lappin, M. R. (2012). Prevalence of *Giardia* and *Cryptosporidium* species in dog park attending dogs compared to non-dog park attending dogs in one region of Colorado. *Veterinary Parasitology*, 184 (2–4), 335–340. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.08.019>
12. Osman, M., Bories, J., El Safadi, D., Poirel, M.-T., Gantois, N., Benamrouz-Vanneste, S., Delhaes, L., Hugonnard, M., Certad, G., Zenner, L., & Viscogliosi, E. (2015). Prevalence and genetic diversity of the intestinal parasites *Blastocystis* sp. and *Cryptosporidium* spp. in household dogs in France and evaluation of zoonotic transmission risk. *Veterinary Parasitology*, 214 (1–2), 167–170. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.09.015>
13. Ferreira, A., Alho, A. M., Otero, D., Gomes, L., Nijse, R., Overgaauw, P. A. M., & Madeira de Carvalho, L. (2017). Urban dog parks as sources of canine parasites: contamination rates and pet owner behaviours in Lisbon, Portugal. *Journal of Environmental and Public Health*, 2017, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2017/5984086>
14. Neves, D., Lobo, L., Simões, P. B., & Cardoso, L. (2014). Frequency of intestinal parasites in pet dogs from an urban area (Greater Oporto, northern Portugal). *Veterinary Parasitology*, 200 (3–4), 295–298. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.11.005>
15. Ziam, H., Kelanemer, R., Belala, R., Medrouh, B., Khater, H. F., Djerbal, M., & Kernif, T. (2022). Prevalence and risk factors associated with gastrointestinal parasites of pet dogs in North-Central Algeria. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 86, 101817. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2022.101817>
16. Trasviña-Muñoz, E., López-Valencia, G., Centeno, P. Á., Cueto-González, S. A., Monge-Navarro, F. J., Tinoco-Gracia, L., Núñez-Castro, K., Pérez-Ortiz, P., Medina-Basulto, G. E., Tamayo-Sosa, A. R., & Gómez-Gómez, D. (2017). Prevalence and distribution of intestinal parasites in stray dogs in the northwest area of Mexico. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 49 (2), 105–111. <https://doi.org/10.4067/s0719-81322017000200105>
17. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. (pp. 240–241). Moscow: Koloss.

18. Elmore, S. A., Lalonde, L. F., Samelius, G., Alisauskas, R. T., Gajadhar, A. A., & Jenkins, E. J. (2013). Endoparasites in the feces of arctic foxes in a terrestrial ecosystem in Canada. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 2, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2013.02.005>
19. Lee, S., Kim, J., Cheon, D.-S., Moon, E.-A., Seo, D. J., Jung, S., Shin, H., & Choi, C. (2018). Identification of *Cystoisospora ohioensis* in a diarrheal dog in Korea. *The Korean Journal of Parasitology*, 56 (4), 371–374. <https://doi.org/10.3347/kjp.2018.56.4.371>
20. Csokai, J., Heusinger, A., & Müller, E. (2024). Outcome of parasitological examinations in dogs in Germany: a retrospective survey. *Parasitology Research*, 123 (3). <https://doi.org/10.1007/s00436-024-08181-6>
21. Souza, J. B. B., Silva, Z. M. de A., Alves-Ribeiro, B. S., Moraes, I. de S., Alves-Sobrinho, A. V., Saturnino, K. C., Ferraz, H. T., Machado, M. R. F., Braga, Í. A., & Ramos, D. G. de S. (2023). Prevalence of intestinal parasites, risk factors and zoonotic aspects in dog and cat populations from Goiás, Brazil. *Veterinary Sciences*, 10 (8), 492. <https://doi.org/10.3390/vetsci10080492>

ORCID

R. Suvorov  <https://orcid.org/0009-0002-9391-9341>



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

Veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region

V. Kotelevych  | O. Pinsky | V. Honcharenko | T. Budnik

Article info

Correspondence Author

V. Kotelevych

E-mail:

valya.kotelevich@ukr.netPolisky National University,
7 Staryi Bulvar Street,
Zhytomyr, 10008,
Ukraine

Citation: Kotelevych, V., Pinsky, O., Honcharenko, V., & Budnik, T. (2024). Veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 66–72. doi: 10.31210/spi2024.27.02.11

The purpose of our research was to provide a veterinary and sanitary assessment of food products and food raw materials according to quality and safety indicators in 2023 in the Zhytomyr region. According to the results of the analysis of the reporting documentation of the state laboratories of veterinary expertise in the food markets of the Zhytomyr region, it was established that in 2023, specialists inspected and conducted 398417 examinations and 1089937 laboratory tests. A total of 67,964 tons were not allowed for sale, and 7,368 unsatisfactory results were obtained, including 37 carcasses, 1,276 cases of invasive and non-communicable diseases, of which 828 were cases of echinococcosis. The main reason for the culling of offal in 2023 was invasive and non-communicable diseases, which significantly worsened their quality and safety after cleaning. 3,925 tons were disposed of due to invasive and non-communicable diseases. According to quality and safety indicators (the content of toxic elements, pesticides, antibiotics, radionuclides) from all the studied samples, only an excess of ^{137}Cs was found in the gifts of the forest, which remains the most dangerous. The specific activity of 4 samples of fresh mushrooms in the Zvyagel district out of 83 investigated was in the range of 657 Bq/kg–756 Bq/kg (according to DR–2006 not higher than 500 Bq/kg) and Korostenyky out of 167 investigated in 5 samples (627.2 Bq/kg–942.5 Bq/kg. The content of ^{137}Cs in 2 samples of dry mushrooms out of 26 investigated in the Zvyagel district was 2709 Bq/kg and 2807 Bq/kg, respectively (according to DR-2006 not higher than 2500 Bq/kg). Specific activity 2 samples of dry mushrooms out of 32 studied in the Korosten district were 2836 Bq/kg and 2777 Bq/kg, respectively. Providing the population of Zhytomyr region with high-quality and safe food products is the result of painstaking work by producers, and increased control at all stages of their production by the requirements of the HACCP system on the entire food chain “from farm to consumer” and increased veterinary and sanitary inspection by specialists of the State Production and Consumer Service and prevention of implementation low-quality and harmful products and food raw materials.

Keywords: food products and food raw materials, organoleptic, physicochemical and sanitary indicators, toxic elements, pesticides, antibiotics, radionuclides.

Ветеринарно-санітарна оцінка харчових продуктів та продовольчої сировини за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області

В. А. Котелевич | О. В. Пінський | В. В. Гончаренко | Т. С. Буднік

Поліський національний
університет, м. Житомир,
Україна

Метою наших досліджень було надати ветеринарно-санітарну оцінку харчовим продуктам і продовольчій сировині за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області. За результатами аналізу звітної документації державних лабораторій ветсанекспертизи на продовольчих ринках Житомирської області встановлено, що у 2023 році спеціалістами оглянуто і проведено 398417 експертиз та виконано 1089937 лабораторних досліджень. Не допущено до реалізації всього: 67,964 т та отримано незадовільних результатів досліджень 7368, в т. ч. 37 туш, 1276 випадків інвазійних та незаразних захворювань, з яких 828 випадків ехінококозу. Основною причиною вибраковки субпродуктів у 2023 році були інвазійні та незаразні захворювання, які значно погіршують їх якість і безпечність після зачистки. З причин інвазійних та незаразних захворювань утилізовано 3,925 т. За показниками якості та безпечності (вміст токсичних елементів, пестицидів, антибіотиків, радіонуклідів з усіх досліджених зразків було виявлено лише перевищення за вмістом ^{137}Cs у дарах лісу, які залишаються найбільш небезпечними. Питома активність 4 проб свіжих грибів у Звягельському районі з 83 досліджених була у межах 657 Бк/кг –756 Бк/кг (за ДР – 2006 не вище 500 Бк/кг) та у Коростенському зі 167 досліджених у 5 пробах (627,2 Бк/кг –942,5 Бк/кг. Вміст ^{137}Cs у 2 зразках сухих грибів з 26 досліджених у Звягельському районі відповідно становив 2709 Бк/кг та 2807 Бк/кг (за ДР-2006 не вище 2500 Бк/кг). Питома активність 2 проб сухих грибів з 32 досліджених у Коростенському районі відповідно становила 2836 Бк/кг та 2777 Бк/кг. Забезпечення населення Житомирської області якісними і безпечними продуктами харчування – це результат кропіткої роботи виробників, посиленого контролю на всіх етапах їх виробництва за вимогами системи HACCP на всьому харчовому ланцюгу «від ферми – до споживача» та посиленого ветеринарно-санітарного інспектування фахівцями Держпродспоживслужби і недопущення до реалізації недоброякісної та шкідливої продукції і продовольчої сировини.

Ключові слова: харчові продукти і продовольча сировина, органолептичні, фізико-хімічні та санітарні показники, токсичні елементи, пестициди, антибіотики, радіонукліди.

Бібліографічний опис для цитування: Котелевич В. А., Пінський О. В., Гончаренко В. В., Буднік Т. С. Ветеринарно-санітарна оцінка харчових продуктів та продовольчої сировини за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 66–72.

Вступ

Нове конкурентне середовище, в яке інтегруються виробники харчової продукції в Україні, вимагає від них урахування вимог високорозвинених країн щодо забезпечення населення якісними та екологічно безпечними продуктами харчування. В основі цієї вимоги – максимальний захист споживача, збереження його здоров'я, поліпшення загального суспільного добробуту населення. Політика щодо забезпечення біологічної та хімічної безпеки є важливою складовою політики ЄС та України в галузі екології, охорони здоров'я і захисту прав споживачів [4, 9, 10, 41, 48, 49].

Для забезпечення продовольчої безпеки держави і населення екологічно чистими харчовими продуктами і продовольчою сировиною необхідно поряд із збільшенням виробництва особливу увагу приділяти їх якості та безпечності. Проблема забезпечення населення якісними і безпечними харчовими продуктами є однією з першочергових для усіх країн [10, 11, 14, 15, 22–31, 34, 50].

Науковці відзначають, що й досі поза увагою залишається питання формування комплексної інтегрованої системи організації виробництва і контролю безпечності харчової продукції з урахуванням вимог, передбачених системою НАССР на рівні виробників [44].

За даними експертів, здоров'я населення лише на 8,0–12,0 % залежить від системи охорони здоров'я, на 20,0–25,0 % – від стану навколишнього середовища і на 18,0–20,0 % – від генетичних чинників, а головним чином (52,0–55,0 %) – від харчування та соціально-економічних умов [17]. Загальновідомо, здорове харчування залежить від якості і безпечності харчових продуктів, які мають містити в достатній кількості поживні речовини: білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні речовини, що проявляють специфічну фізіологічну активність та доповнюють сенсорні і поживні властивості продукту [1, 2, 18, 26–28, 40, 50].

За життя сучасного покоління продовольча проблема може перерости у глибоку міжнародну кризу і світова спільнота занепокоєна питанням глобальної продовольчої безпеки. Саме тому на будь-якому форумі це питання розглядається як одне із найприоритетніших [16].

Як наголошують вчені, пріоритетним завданням сучасної науки і практики є обмеження потрапляння у їжу людині харчових продуктів і продовольчої сировини, що містять пестициди, токсичні елементи, радіонукліди та інші шкідливі речовини [3–5, 8, 11, 12, 22–30].

Аварія на Чорнобильській АЕС залишила надовго згубні наслідки на великій території України, спричинивши значне погіршення екологічного стану і негативний вплив на здоров'я населення. Питанню задоволення потреб споживачів у безпечних та якісних продуктах харчування для населення потерпілих внаслідок аварії на ЧАЕС районах Поліського регіону присвячено багато робіт [5, 21, 23–36].

Науковці наголошують, що захворюваність населення на 50,0 % обумовлюється харчовими

продуктами, які отримані на забруднених небезпечними речовинами територіях [8]. Як зазначає Черниш Р. Ф. (2018), аналіз наявної інформації свідчить про наявність системних прогалин в ході реалізації державних заходів в сфері продовольчої безпеки, які є характерними як для Поліського регіону, так і для держави в цілому. Продовольча безпека, на думку автора, є одним із найважливіших чинників в структурі національної безпеки будь-якої держави. Наша держава стикнулася зі значними викликами в сфері належного забезпечення продовольчої безпеки [43].

Беручи до уваги вищезазначене необхідно наголосити, що існують екологорегіональні проблеми щодо якості і безпечності харчових продуктів, які споживає населення у Житомирській області. Адже північні райони області забруднені радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС, а тому питання якості і безпечності споживаних харчових продуктів є актуальним і потребує подальших моніторингових досліджень та висвітлення, як один із заходів захисту споживача.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було надати ветеринарно-санітарну оцінку харчовим продуктам і продовольчій сировині за показниками якості і безпечності у 2023 році в Житомирській області.

Матеріали і методи

Матеріалом наших досліджень була звітна документація Житомирської регіональної державної лабораторії Держпродспоживслужби (ЖРДЛДПСС) за 2023 рік, зокрема Державних лабораторій ветеринарно-санітарної експертизи (ДЛВСЕ) на агропродовольчих ринках Житомирської області. Житомирська регіональна державна лабораторія акредитована відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019, атестат акредитації випробувальної лабораторії зареєстровано у Реєстрі за № 20731 Національним Агентством акредитації України і відповідає вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 «Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання» (Свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 0095 від 03.01.2023 р. термін дії до 03 січня 2028 р.). Згідно сфери акредитації кількість напрямів досліджень складає 15 та загальна кількість акредитованих показників лабораторних досліджень (випробувань) – 577. Усі прилади, що використовуються в процесі проведення досліджень (випробувань), мають простежуваність вимірювань відповідно до одиниць Міжнародної системи SI, що визначено у відповідних свідоцтвах про калібрування. Питому активність стронцію-90 в кормах, харчовій продукції та сировині визначали спектрометрично з пробопідготовкою (фізичне концентрування шляхом висушування і озолення) на Гамма-, Бета– спектрометричному комплексі “Прогрес”.

Результати та їх обговорення

Станом на 01.01.2024 року Житомирська регіональна державна лабораторія Держпродспоживслужби включає 15 відділів та 33 сертифікованих на право вимірювань Державні лабораторії ветеринарно-санітарної експертизи на агро-продовольчих ринках області.

Спеціалістами ДЛВСЕ за 2023 рік оглянуто і проведено експертиз 398417, виконано лабораторних досліджень 1089937 (табл. 1). Недопущено до реалізації всього: 67,964 т продукції та отримано 7368 незадовільних результатів досліджень, з них 37 туш, 1276 випадків інвазійних та незаразних захворювань (828 випадків ехінококозу). Як зазначають науковці, ехінококоз окрім великого економічного збитку, викликає зміну якості м'яса, знижує його харчові і смакові показники та може бути джерелом харчових токсикоінфекцій. Бактеріальне обсіменіння органів і тканин знаходиться в прямій залежності від ступеня ураження гельмінтами, що необхідно враховувати при ветеринарно-санітарній експертизі продуктів забою [20, 22], у т.ч. знешкоджено 63,032 т, в т.ч. 37 туш, інвазійні та незаразні захворювання (1,416 т), інших продуктів харчування – 61,616 т; – у т.ч. утилізовано 4,932 т (інвазійні та незаразні захворювання – 3,952 т), інших продуктів харчування – вагою 0,98 т).

Таблиця 1

Оглянуто і проведено досліджень харчових продуктів і продовольчої сировини спеціалістами ДЛВСЕ Житомирської області у 2023 році

Назва продукту	Кількість	Вага, тис. тонн
Яловичина	3441	0,32226
Свинина	33778	1,9875
Баранина	114	0,002964
Птиця	6723	0,128458
Інші види тварин (нутрії, кролі, дичина, кури, качки)	509	0,008258
Риба, рибопродукти	28883	22,15412
Яйця	5997	633,185
Молоко, молоко-продукти	80177	0,95837
Мед	297	0,015421
Рослинна продукція	97877	15,20414
Рослинні жири та інші харчові продукти	21659	1,74188
Продукція промислового виготовлення	118962	5,25911

Аналіз звітної документації встановив, що за результатами ветсанекспертизи знешкоджено / утилізовано 101 кг яловичини (по причині механічного забруднення та сумнівної свіжості), 420 кг субпродуктів (погане знекровлення, інвазійні та незаразні захворювання), 961 кг свинини (механічне забруднення, незаразні хвороби) та субпродуктів свинячих 3886 кг (аспірація легень кров'ю, погане знекровлення, інвазійні захворювання). Повернено власникам свинини 21 тушу загальною вагою 1886 кг (відсутні супровідні документи, жовтушність туші). Утилізовано 29 кг м'яса ДРХ (по причині відсутності супровідних документів) та утилізовано 2 кг печінки з причин фасціольозу.

Результатами аналізу звітної документації свідчать про те, що значну кількість субпродуктів вибраковують з причин інвазійних та незаразних захворювань. Аналогічні данні отримані нами при проведенні аналізу звітної документації ТОВ «Житомирський м'ясокомбінат», зокрема за 2021 рік вибраковано 37 т 21 кг субпродуктів ВРХ, в т.ч. печінка з причин фасціольозу та токсичної дистрофії, легені – з причин пневмонії, плевриту та аспірації кров'ю, вим'я – з причин маститу, серце – з причин міокардиту та перикардиту, язик – з причин травм [22]. За даними Бродовського В. А. (2015), при ураженні фасціольозом і дикроцеліозом тварин обсіменіння м'яса і печінки збільшується залежно від інтенсивності інвазії від 27,7 % до 77,7 %. Виділені БГКП були віднесені до сероваріантів 026, 0101 і 0111, сальмонели – до *St. paratyphi*, *St. enteritidis*, *St. typhimurium* [6].

Інших видів тварин (кролі, кури, качки) у 2023 році утилізовано 31 тушка, вагою 56 кг (погане знекровлення, виснаження, без супровідних документів). Недопущено до реалізації 947 штук яєць по причині порушення цілісності, забрудненості, порушення термінів та умов реалізації, відсутності супровідних документів.

Недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власникам 1603 кг риби та рибопродуктів в зв'язку із відсутністю супровідних документів, недотриманням термінів та умов реалізації, повторна дефростація, невідповідність біохімічним показникам. Недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власнику 43829 кг рослинницької продукції: буряк, картопля, капуста, огірки, качочок тощо по причині перевищення вмісту нітратів, незадовільних органолептичних показників.

Недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власнику готових харчових продуктів 5553 кг (відсутність супровідних документів, невідповідність маркування, прострочений термін реалізації, порушення умов зберігання тощо).

Знешкоджено, недопущено до реалізації та повернуто власнику 392 кг інших харчових продуктів (механічні домішки, амбарні шкідники, відсутність маркування тощо).

За 2023 рік ветеринарними спеціалістами області, при забої тварин на забійно-санітарних пунктах господарств та в приватному секторі (подвірні), проведено передзабійний огляд та попередній післязабійний огляд туш: великої рогатої худоби – 2600; свиней 23202; овець, кіз – 134.

При проведенні передзабійного огляду забійних тварин та попереднього післязабійного огляду туш, інфекційних захворювань – не виявлено. Всі тварини, що забивались, направлялись з відміткою про попередній післязабійний огляд в державні лабораторії ветеринарно-санітарної експертизи на агропродовольчі ринки області. При проведенні ветсанекспертизи м'яса гостроінфекційних захворювань не виявлено.

Аналогічні моніторингові дослідження щодо якості і безпечності м'яса тварин на території Полтавської області встановили, що впродовж

2012–2016 років було проведено 583235 експертиз продуктів забою різних видів тварин, в тому числі 1734 – були недопущені до реалізації за невідповідності вимогам діючих нормативних документів щодо якості і безпечності. Впродовж 2012–2016 років недопущено до реалізації 35,522 тони свинини, 3,723 тони яловичини, 0,064 тони баранини, 1,633 тони м'яса птиці та 0,374 тони м'яса кролів. Основними причинами, що призводили до недопущення м'яса тварин до реалізації, були невідповідність за органолептичними та біохімічними показниками [17].

Проведені нами дослідженнями, за даними звітної документації ДЛВСЕ в Житомирській області за 2021 рік недопущено до реалізації 9,8 % риби та рибопродуктів з причин порушення термінів реалізації, невідповідності документів та результатів біохімічних досліджень, повторної дефростації; 0,54 т яєць з причин порушення термінів зберігання, побитості, механічного забруднення та за результатами овоскопії; 9,218 т молока і молочної продукції з причин фальсифікації, порушення термінів реалізації, механічного забруднення, незадовільних органолептичних показників, жиру та кислотності, що не відповідали вимогам нормативних документів. Всього не допущено до реалізації 68,151 т продукції і отримано 8866 незадовільних результатів досліджень, в т. ч. 50 туш та 3305 випадків інвазійних і незаразних захворювань. За показниками безпечності з досліджених 212838 проб 47 зразках виявлено перевищення за вмістом ^{137}Cs . Найбільш небезпечними були дари лісу [31].

До продуктів першої необхідності поряд з хлібом та м'ясом відноситься молоко. За класифікацією експертів ФАО ООН воно належить до найцінніших харчових продуктів, без якого неможливо виростити повноцінне молоде покоління людей. Однак, якість і безпечність молока часто незадовільні за поганою якістю кормів, недбалості під час доїння, зберігання і транспортування, незадовільного санітарного стану доїльного обладнання та недотримання правил особистої гігієни, невідповідне забезпечення засобами дезінфекцій та фільтрації, наявність маститу у корів. Отже, є ризики при виробництві сирого збірного молока [3, 4, 12, 13, 33, 37–39].

Результати власних досліджень та аналіз звітної документації ЖРДЛДПСС свідчать, що основними причинами вибраковки молока є: незадовільні органолептичні та радіометричні показники, механічне і бактеріальне забруднення, фальсифікація, домішки молока від хворих на субклінічні мастити корів, невідповідність зв вмістом жиру, рівню кислотності, порушення термінів реалізації. Результати моніторингових досліджень молока-сировини встановили низький рівень санітарної культури в господарствах усіх форм власності, наявність в молоці інгібіторів та антибіотиків [33].

Працівниками державних лабораторій ВСЕ на продовольчих ринках Житомирської області у 2023 році недопущено до реалізації, знешкоджено та повернуто власнику 10272 кг молочної сировини (молоко, сметана, сир тощо) по причині: механічної забрудненості, фальсифікації, невідповідність

органолептичним та лабораторним показникам, реалізація у невідповідній тарі, без супровідних документів.

Аналогічні дослідження Бібен (2021) показали, що спеціалістами ДЛВСЕ ринку «Березінський» м. Дніпро за 2018–2020 роки було утилізовано 255 кг молока з причин: вади органолептики, високе мікробне забруднення, домішки аномального молока та різні фальсифікації (розбавлення водою, додавання інгібуючих речовин, зняття частини вершків) [2].

За результатами бактеріологічних досліджень молока і молочних продуктів, які реалізуються в торгівельній мережі м. Дніпра встановлено, що з досліджених 79 проб не відповідали нормативним вимогам 64,5 %, в тому числі 12,6 % зразків молока, 11,3 % – йогурту, 10,1 % – солодковершкового масла, 8,2 % – кисломолочного сиру, 7,6% – сметани та 6,3 % – ряжанки [39].

Як відзначають науковців, екологічна ситуація у певних регіонах України залишається несприятливою для виробництва безпечної продукції. Найбільш небезпечну і забруднену молочну продукцію отримують на забруднених радіонуклідами територіях з великими масивами лісів, перезволожених пасовищах і луках та ґрунтах бідних на поживні речовини, при випасанні худоби біля трас тощо [8, 23–30, 34–36]. Радіонуклідами, що визначають радіаційний стан на теперішній час, є ^{137}Cs і ^{90}Sr . Внаслідок міграції цих радіонуклідів по ланцюгу ґрунт – рослини – тварини – продукція, вони надходять до організму людини [5, 22–27, 34–36].

Вчені наголошують, що пріоритетним завданням сучасної науки і практики є обмеження потрапляння у їжу людини продуктів харчування, що містять токсичні елементи, радіонукліди, пестициди, антибіотики та інші шкідливі речовини [7, 8, 19, 23–30, 41, 43, 45, 47]. Саме тому першочергове значення має експертиза продовольчої сировини і харчових продуктів на предмет визначення цих речовин і недопущення їх до споживання.

Динаміка виявлення зразків харчових продуктів та кормів із перевищенням ГДР-2006 на території Волинської області існує постійно, що вказує на загрозу внутрішнього опромінення місцевого населення довгоіснуючими радіонуклідами. Найвищу питому активність показали зразки м'яса – 32,2 %, дари лісу – 29,8 %, і молоко – 25,6 %. Висока питома вага дарів лісу (60,2 %) у балансі забруднених радіонуклідами харчових продуктів впродовж останнього десятиліття свідчить про необхідність посилення радіологічного контролю на ринках [5].

З досліджених 395 проб лісових грибів та ягід ДЛВСЕ в Житомирській області у 2020 році 71,8 % перевищували ДР-2006 за вмістом ^{137}Cs (з Новоград-Волинського, Смільчинського, Лугинського, Малинського, Народицького, Овруцького, Олевського районів, крім м. Житомир). Найбільш забрудненими були зразки з Народицького району, зокрема: свіжі гриби та ягоди – 2000 Бк/кг, сухі – 3450 Бк/кг. Отже, питома активність ^{137}Cs у лісових грибах та ягодах залишається на високому рівні [31].

Проведений нами порівняльний статистичний аналіз звітної документації ЖРДЛДПСС, МДЛДПСС,

ДЛВСЕ за 2018–2021 рр. показав, що основним джерелом цезію-137 для населення потерпілих районів Поліського регіону були дари лісу. Зокрема у 2018 році 50 % проб сухих грибів з Овруцького району показали питому активність на рівні 2529–5000 Бк/кг (ДР – 2500 Бк/кг). 5,8 % зразків з Смільчинського району – 2544–2923 Бк/кг, 7,2 % з Народичів – 3971– 29022 Бк/кг. За даними ДЛВСЕ не відповідали вимогам ДР – 2006 зразки свіжих грибів у Новоград-Волинську 11,6 % (866–1310 Бк/кг), Смільчино – 8,75 % (526–894 Бк/кг) та Лугинах 1,4 % (504 Бк/кг). Питома активність зразка дичини з Овруцького району становила 464 Бк/кг, Лугинського – 634 Бк/кг і Народичького – 1531 Бк/кг (ДР – 400 Бк/кг). Питома активність за вмістом ¹³⁷Cs у зразках сухих грибів та ягід відповідно становила: 3 зразки Народичі 5375–16786 Бк/кг (ДР – 2500 Бк/кг). (перевищення у 2,1–6,7 разів), 2 проби Олевськ 4233 та 14250 Бк/кг (перевищення у 1,6 та 5,6 разів), 1 зразок Лугини 6670 Бк/кг (перевищення у 2,6 разів), 4 зразка Овруч 2689–4000 Бк/кг (перевищення у 1,0–1,6 разів), 3 проби Смільчино 2608–2846 Бк/кг (перевищення у 1,0–1,1 разів) [25].

За показниками безпечності (вміст токсичних елементів, пестицидів, антибіотиків, радіонуклідів з усіх досліджених зразків було виявлено лише перевищення за вмістом ¹³⁷Cs у дарах лісу, які залишаються найбільш небезпечними. За 2023 рік фахівцями радіологічного відділу ЖРДЛДПСС проведено 2926 досліджень, з них на питому активність цезію-137 в харчовій продукції та продовольчій сировині –1467, стронцію – 90–1457, вище ДР-2006 не виявлено. За результатами 86 досліджень по визначенню питомої активності ¹³⁷Cs та стронцію в зразках молока, кормів з господарств і з сіл “жорсткого” контролю північних та південних районів області в стійловий та пасовищний періоди спектрометричним методом перевищень не виявлено. Міжрайонними лабораторіями та діагностичними відділами у 2023 році проведено 416 досліджень з визначення питомої активності радіонукліда цезію-137 з них ВДР-2006 не виявлено.

Державними лабораторіями ветеринарно-санітарної експертизи на ринках Житомирської області було досліджено 205691 зразків, перевищення за вмістом ¹³⁷Cs було виявлено у зразках дарів лісу відповідно до вимог Державних гігієнічних нормативів “Допустимих рівнів вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у продуктах харчування та питній воді”. В т. ч. зразки свіжих грибів у Звягельському районі, а саме: з 83 досліджених зразків перевищення встановили у 4 пробах; їх питома активність відповідно становила; 657 Бк/кг, 705 Бк/кг, 631 Бк/кг і 756 Бк/кг (за ДР – 2006 не вище 500 Бк/кг) та у Коростенському зі 167 досліджених у 5 пробах були перевищення, їх питома активність була в межах 627,2–942,5 Бк/кг. Вміст ¹³⁷Cs у 2 зразках сухих грибів з 26 досліджених у Звягельському районі відповідно становив 2709 Бк/кг та 2807 Бк/кг (за ДР-2006 не вище 2500 Бк/кг). Питома активність 2 проб сухих грибів з 32 досліджених у Коростенському районі відповідно становила 2836 Бк/кг та 2777 Бк/кг. Отже, після аварії на ЧАЕС ліси потерпілих районів Поліського регіону

залишилися радіологічним ландшафтним чинником щодо формування значних доз внутрішнього опромінення населення, адже 75-85% дози радіаційного опромінення людина отримує через споживання харчових продуктів забруднених радіонуклідами, а ситуація в лісах залишається критичною. Попри те, що лісові гриби є найбільш інтенсивними накопичувачами радіонуклідів, їх збирають і вживають.

Незважаючи на те, що постійно проводиться державний контроль на вміст залишків антибіотиків у харчових продуктах, моніторингові дослідження зразків тваринницької продукції впродовж 2017–2019 років показали, що у 2019 році перевищення були встановлені за 22 видами антибіотиків [19]. Враховуючи, що антибіотики становлять велику небезпеку, фахівці відділу ветеринарно – санітарної експертизи ЖРДЛДПСС постійно проводять дослідження і контроль за їх вмістом. За звітний період досліджено 981 проба, проведено 1569 лабораторних досліджень. Визначення антибіотиків у харчових продуктах – 645 проб, 1233 – лабораторних досліджень. Мікробіологічним методом на вміст антибіотиків у харчових продуктах та сировині проведено 994 лабораторні дослідження, 406 проб, позитивних не виявлено: м'ясо – 157 проб; субпродукти – 8 проб; м'ясопродукти – 4 проби; яйця – 19 проб; молоко та молочні вироби сухі – 41 проба; молоко та молокопродукти – 177 проб.

За імуноферментним методом досліджено 11 проб м'яса, 83 – молока та молочних продуктів, 1 зразок меду на вміст хлорамфеніколу; 38 проб молокопродуктів, 5 проб інших продуктів на вміст меламіну. Скринінговими тест-системами (Рapid – тест 4 в 1 (антибіотики груп Бета-лактами, Тетрацикліни, Стрептоміцини, Хлорамфенікол) перевірено 101 проба сирого молока. Позитивних не виявлено. На кількість соматичних клітин в сирому молоці досліджено 221 проба. Усі досліджені зразки відповідали нормативним вимогам.

Підсумовуючи результати наших досліджень необхідно зазначити, що питання якості і безпечності харчових продуктів і продовольчої сировини дуже важливе не лише для Уряду нашої країни, а й для кожного громадянина і споживача. Вирішення цієї проблеми можливе лише за взаємодії виробників, інспекторів Держпродспоживслужби та операторів ринку. Збільшення виробництва харчових продуктів та інтенсивний розвиток різних галузей харчової промисловості потребують подальшого посилення і вдосконалення контролю за якістю і безпечністю продовольчої сировини і виготовленої продукції з метою охорони здоров'я населення та раціонального використання ресурсів країни.

Висновки

1. За результатами аналізу звітної документації ЖРДЛДПСС встановлено, що у 2023 році спеціалістами ДЛВСЕ оглянуто і проведено 398417 експертиз та виконано 1089937 лабораторних досліджень. Не допущено до реалізації всього: 67,964 т та отримано незадовільних результатів досліджень 7368, в т.ч. 37 туш, 1276 випадків

інвазійних та незаразних захворювань, з яких 828 випадків. Основною причиною вибраковки субпродуктів у 2023 році були інвазійні та незаразні захворювання, які значно погіршують їх якість і безпечність після зачистки. З причин інвазійних та незаразних захворювань утилізовано 3,925 т.

2. За показниками безпечності (вміст токсичних елементів, пестицидів, антибіотиків, радіонуклідів) з усіх досліджених зразків було виявлено лише перевищення за вмістом ^{137}Cs у дарах лісу, які залишаються найбільш небезпечними. Питома активність 4 проб свіжих грибів у Звягельському районі з 83 досліджених була у межах 657 Бк/кг–756 Бк/кг (за ДР – 2006 не вище 500 Бк/кг) та у Коростенському зі 167 досліджених у 5 пробах (627,2 Бк/кг–942,5 Бк/кг. Вміст ^{137}Cs у 2 зразках сухих грибів з 26 досліджених у Звягельському районі відповідно становив 2709 Бк/кг та 2807 Бк/кг (за ДР-2006 не вище 2500 Бк/кг). Питома активність 2 проб сухих грибів з 32 досліджених у Коростенському районі відповідно становила 2836 Бк/кг та 2777 Бк/кг.

3. Забезпечення населення Житомирської області якісними і безпечними продуктами харчування – це результат кропіткої роботи виробників, посиленого контролю на всіх етапах їх виробництва за вимогами системи НАССР на всьому харчовому ланцюгу «від ферми – до споживача» та посиленого ветеринарно-санітарного інспектування фахівцями Держпродспоживслужби і недопущення до реалізації недоброякісної та шкідливої продукції і продовольчої сировини.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на вивчення санітарної якості та біологічної цінності субпродуктів після зачистки з причин інвазійних захворювань.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Admin, O., & Admina, N. (2022). Influence of paratypical factors on milk quality indicators with different keeping methods. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 66–77. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.08>
2. Biben, I. A., & Drahun, M. K. (2021). Veteryarno-sanitarna ekspertyza moloka v umovakh derzhavnoyi laboratoriyi veteryarno-sanitarnoyi ekspertyzy rynku "Berezenskiy" mista Dnipra. *Aktualni problemy pidvyshchennya yakosti ta bezpeky vyrobnytstva y pererobky produktsiyi tvarynnytstva: materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, (Dnipro, 4 chervnya 2021 roku)* (pp. 265–266). Dnipro [in Ukrainian]
3. Bogatko, N., Bogatko, L., Salata, V., Frejuk, D., & Savchuk, G. (2018). Provision of security of milk and dairy products in Ukraine's profitabilized enterprises. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 83–87. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8316>
4. Bogatko, N., Lyasota, V., Bukalova, N., Artemenko, L., Bogatko, L., Salata, V., & Dashkovskyy O. (2018). Sanitary and hygienic assessment of milk of cereal different producers in conformity with international requirements. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20 (83), 88–92. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8317>

5. Boyko, P., Kurtak, B., Zinchuk, M., Pundiak, T., Panashchuk, I., Gnasyuk, R., Dudkovska, N., Thiss, M., & Komovych, L. (2017). Characteristics of long-term radionuclides of ^{137}Cs and ^{90}Sr of foods, products of animals and plants in the territory of the Volyn region after the period 1991–2016. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (78), 13–17. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7803>
6. Brodovsky, V. A. (2015). Veterinary-sanitary assessment of meat and by-products derived from slaughtered cattle affected fasciolosis and dykrotseliozom. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 17 (1), 220–226. Retrieved from: <https://nvlvet.com.ua/index.php/journal/article/view/297>
7. Bukalova, N. V., Prylipko, T. M., Bohatko, N. M., Lyasota, V. P., Dzhamil, V. I., Utechenko, M. V., & Bohatko, L. M. (2022). Sanitary and hygienic control of cow's milk production and its microbiological analysis. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 3, 119–127. <https://doi.org/10.32851/tmv-tech.2022.3.13>
8. Butsiak, V. I., & Klymenko, O. M. (2013). Zabrudnennia gruntiv ta kharchovykh produktiv radiotseziem Chornobylskoho pokhodzhennia. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im. S.Z. Gzhitskoho*, 15, 55, 4, 24–29. [in Ukrainian]
9. Hadzalo, Ya. M. (2017). Vyrishennia prodovolchoi bezpeky Ukrainy v konteksti realizatsii spilnoi stratehii MEB, VOOZ ta FAO «ledyne zdorovia». *Veterynarna Medytsyna*, 103, 5–7. [in Ukrainian]
10. Hmyria, V. (2020). Problems of food market functioning in the context of provision of Ukraine's food safety. *Food Industry Economics*, 12 (1). <https://doi.org/10.15673/fe.v12i1.1664>
11. Gerun, I., Skliar, O., & Musienko, O. (2020). The influence of milk production technology on its quality and safety. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Veterinary Medicine*, 4 (51), 17–22. <https://doi.org/10.32845/bsnau.vet.2020.4.3>
12. Horyuk, Yu. V. (2016). Biotopy zolotysoho stafilokoka, yakii vydileni z moloka syroho ta yakosti nykh produktiv "domashnoho" vyrobnytstva, ta yikh chutlyvist do antibakterialnykh preparativ. *Problemy Zooinzheneriyi ta Veterynarnoyi Medytsyny*, 32 (2), 185–190. [in Ukrainian]
13. Horyuk, Yu. V., Kukhtyn, M. D., Perkiy, Yu. B., & Horyuk, V. V. (2015). Kontrol bezpeky moloka syroho za mikrobiolohichnymy pokaznykamy na ahropromyslovykh rynkakh Ternopolya ta Kamyantsya-Podilskoho. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoyi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Gzhitskoho*, 17 (1(61)) 2, 256–260. [in Ukrainian]
14. Humeniuk, H. D., & Kiiko, V. V. (2019). Kontroliuvannia yakosti ta bezpechnosti kharchovykh produktiv u zarubizhnykh krainakh. *Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist*, 4, 24–30. [in Ukrainian]
15. Ivanishcheva, O. (2021). Analiz biolohichnykh faktoriv ryzyku yak napriamok funktsionuvannia NASSR. *Sotsialno-politychni, ekonomichni ta humanitarni vymiry yevropeiskoi intehratsii Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats IKh Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii, (14-16 veresnia, 2021 r.)*, 3, 174–187. [in Ukrainian]
16. Humennyi V. D., Muzyka P. M. (2014). Stan prodovolchoi bezpeky na selennia Ukrainy na pochatku tysiacholittia. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoyi Medytsyny ta Biotekhnolohii im. S. Z. Gzhitskoho*, 16 (1(158)) 1, 134–149. [in Ukrainian]
17. Yevstafieva, V. O., Mel'nychuk, V. V., Kruchynenko, O. V., Mykhailiutenko, S. M., Korchan, L. M., & Kovalenko, V. O. (2018). Monitoring studies on the quality and safety of animal meat in Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 132–136. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.20>
18. Zaluzniuk, V. (2019). Assessment of the indicators of food security of Ukraine. *Investytsiyi: Praktyka ta Dosvid*, 2, 128–133. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.2.128>
19. Klyap, N. I., Krachkovska, O. O., Maslyuk, A. V., Mostipan, K. S., & Kyivska, G. V. (2020). Control of antibiotics residual amounts content in products of animal origin. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 187–193. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.23>
20. Kovalenko, V. V., Haltsev, I. V., Rud, V. O., & Tarasenko, L. O. (2021). Veteryarno-sanitarna otsinka yakosti ta bezpechnosti produktiv zaboiu za ekhinokokozu. *Suchasni aspekty likuvannia i profilaktyky khvorob tvaryn: materialy V Vseukrainskoi naukovopraktychnoi Internet-konferentsii (20–21 zhovtnia 2021 r.)*, (pp. 192–194). [in Ukrainian]

21. Kondrasiy, L., & Yakubchak, O. (2016). Study of quality parameters of raw milk stability by various dairy farming practices. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 18 (3(71)), 41–44. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7109>
22. Kotelevych, V. A., & Strubchevska, V. S. (2021). Veteryarno-sanitarna ekspertyza i vetsanotsinka produktiv zaboju VRKh v umovakh TOV «Zhytomyrskiy miasokombinat». *Suchasni aspekty likuvannya i profilaktyky khvorob tvaryn: materialy V Vseukrainskoi naukovopraktychnoi Internet-konferentsii* (20–21 zhovtnia, 2021 r.), (pp. 198–200). [in Ukrainian]
23. Kotelevych, V. (2017). Veterinary and sanitary assessment of food quality and safety in Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (78), 58–61. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7812>
24. Kotelevych, V. (2019). Actual problems of quality and safety of food products in the context of providing food security in the Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (93), 155–159. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9327>
25. Kotelevych, V. A., Volkivskyy, I. A., & Pinsky, O. V. (2022). Porivnialnyi analiz yakosti i bezpechnosti kharchovykh produktiv u Poliskomu rehioni. *Vyrishennia suchasnykh problem u veteryarnii medytsyni: materialy VII Vseukrainskoi naukovopraktychnoi Internet-konferentsii* (15–16 liutoho 2022), (pp. 16–19). [in Ukrainian]
26. Kotelevych, V., Gural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). Actual problems of the quality and safety of milk and dairy products. *Naukovij Visnik Veterinarnoi Medicini*, 1(180), 24–39. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-180-1-24-39>
27. Kotelevych, V., Hural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). Current food quality and safety problems in the context of ensuring food safety in Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 72–80. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.01.12>
28. Kotelevych, V., Hural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). The influence of the quality and safety of food products on the health and well-being of the population. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 96–104. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.17>
29. Kotelevych, V., Volkivskyy, I., Pinsky, O., & Davydenko, L. (2021). Food quality and safety as the keys to the health of future generations. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23 (103), 179–186. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10325>
30. Kotelevych, V. A., Volkivskyy, I. A., Pinsky, O. V., & Davydenko, L. M. (2021). Bezpechnist kharchovykh produktiv v Poliss'komu rehioni v konteksti prodovol'choyi bezpeky. *The 2nd International scientific and practical conference – Topical issues of modern science, society and education* (September 5-7, 2021), (pp. 35–40). Kharkiv [in Ukrainian]
31. Kotelevych, V., Volkivskyy, I., Pinsky, O., Matseiko, L., Davydenko, L., & Stoliarenko, O. (2022). Veterinary and sanitary assessment of food products on quality and safety indicators in Zhytomyr region. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24 (105), 120–128. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10517>
32. Kotelevych, V. A., Zhodzinska, O. A., & Makarenko, V. O. (2015). Bezpeka ta yakist moloka i molochnykh produktiv u Zhytomyrskomu rehioni. *Byuleten' NDTs Bezpeky ta Ekolohichnoho Kontrolyu Produktiv APK*, 3, 63–87. [in Ukrainian]
33. Malimon, Z. V., Prokopenko, T. O., Husak, L. M., Kochetova, H. S., & Davydenko, L. M. (2021). Suchasna radiatsiina zabrudnenist lisovykh produktiv u Zhytomyrskiy oblasti porivniano z 2010 rokom. *Chornobyl'ska katastrofa. Aktualni problemy, napriamky ta shliakhy yikh vyrishennia: zbirnyk prats uchasykiv mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii* (22-23 kvitnia 2021 r.), (pp. 158–161). [in Ukrainian]
34. Prilipko, T., & Bukalova, N. (2016). Evaluation of quality and safety of milk on admission to molokokopereobrobn company from different entities. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 18 (2), 212–215. <https://doi.org/10.15421/nvlvet6747>
35. Romanchuk, L., Lopatiuk, O., & Kovalyova, S. (2019). Evaluation of the content of ¹³⁷Cs radionuclide in food products of residents of radioactively contaminated territories in the long-term period after the chernobyl accident. *Scientific Horizons*, 81 (8), 82–86. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-81-8-82-86>
36. Skydan, O., Romanchuk, L., & Dovzhenko, V. (2019). Estimation of nutritional level of rural population living on radioactively contaminated territories in the context of food safety guarantee. *Scientific Horizons*, 76 (3), 3–9. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-76-3-3-9>
37. Sklyar, O. I., & Sklyar, I. O. (2015). Vplyv tekhnolohiyi vyrobnytstva moloka na yoho yakist ta bezpechnist. *Naukovo-Tekhnichnyi Biuleten Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekolohichnoho Kontrolyu Resursiv APK Dnipropetrovskoho Derzhavnogo Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 3 (3), 88–92. [in Ukrainian]
38. Sklyar, O. I., Shkromada, O. I., Herun, I. V., & Paraschenko, V. V. (2017). Sanitarno-higienichna otsinka yakosti ta bezpechnosti moloka koriv otrymanoho za novitnikh tekhnolohiy. *Visnyk Sums'koho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya Veterynarna Medytsyna*, 11, 74–77. [in Ukrainian]
39. Scljar, T. V., Pospelova, O. O., Cherevach, N. V., Dregval, O. A., & Kuragina, N. V. (2021). Features of Microflora of Food Products of Animal Origin Realized in Dnipro. *Ukrains'kij Zhurnal Medicini, Biologii ta Sportu*, 6 (3), 353–359. <https://doi.org/10.26693/jmbs06.03.353>
40. Taran, T. V., Yakubchak, O. M., Ushkalov, V. O., Midik, S. V., & Berlous, K. O. (2021). Physicochemical and microbiological examination of raw milk. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 12(2), 26–37. <https://doi.org/10.31548/ujvs2021.02.003>
41. Tolok, G. A., & Tolok, Y. V. (2018). Environmental protection of quality and safety of foodstuffs. *Efektivna Ekonomika*, 6. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6406>
42. Sychevskyy, M. (2019). Global food security and Ukraine's place in its achievement. *Ekonomika APK*, 1, 6–17. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201901006>
43. Chernysh, R. F. (2018). Nehatyvni chynnyky, yaki pryzvodiat do znyzhennia rivnia prodovol'choi bezpeky derzhavy ta sposoby yikh podolannia (za prykladom Zhytomyrskoi oblasti). In: *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovol'cha bezpeka*. (pp. 252–255). Zhytomyr: O. O. Yevenok [in Ukrainian]
44. Yukhimenko, P., Bilkevych, V., & Mashkin, Y. (2021). Safety and quality of food products and food raw materials at the enterprise. *State and Regions. Series: Economics and Business*, 4 (121). <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-4-13>
45. Masliuk, H. D. (2020). Yakisnyi sklad i bezpechnist kharchovykh produktiv z obmezenym vmistom tranzizomeriv zhymykh kyslot. *Yakist i bezpechnist kharchovoi produktiv i syrovyny: Materialy mizhnarodnoi konferentsii*. (pp. 96–98). Lviv [in Ukrainian]
46. Gawlik, K. J., & Trafialek, J. (2019). The role of suppliers of raw materials in ensuring food safety. *Global Journal of Nutrition & Food Science*, 1 (4). <https://doi.org/10.33552/gjnf.2019.01.000517>
47. Kashparov, V., Levchuk, S., Khomutynyn, Yu., Morozova, V., & Znurba, M. (2016). Report of UIAR. *Chernobyl: 30 Years of Radioactive Contamination Legacy*. Kiev, UIAR of NUBiP of Ukraine.
48. Moradi, M., Omer, A. K., Razavi, R., Valipour, S., & Guimarães, J. T. (2021). The relationship between milk somatic cell count and cheese production, quality and safety: A review. *International Dairy Journal*, 113, 104884. <https://doi.org/10.1016/j.idairy.2020.104884>
49. Rios-Muñiz, D., Cerna-Cortes, J. F., Lopez-Saucedo, C., Angeles-Morales, E., Bobadilla-del Valle, M., Ponce-de Leon, A., & Estrada-Garcia, T. (2019). Longitudinal analysis of the microbiological quality of raw cow's milk samples collected from three small family dairy farms in Mexico over a 2-year period. *Journal of Food Protection*, 82 (12), 2194–2200. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-19-155>
50. Sevi, A., Marino, R., Lorenzo, J. M., Picard, B., & Pereira, A. S. C. (2016). Strategies to Improve Meat Quality and Safety. *The Scientific World Journal*, 2016, <https://doi.org/10.1155/2016/9523621>

ORCID

- V. Kotelevych  <https://orcid.org/0000-0002-5886-1917>
 O. Pinsky  <https://orcid.org/0000-0002-1978-5261>
 V. Honcharenko  <https://orcid.org/0000-0002-2183-8828>
 T. Budnik  <https://orcid.org/0000-0002-9754-3938>



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

Clinical course of ctenocephalous invasion in cats

B. Havryk¹ | V. Melnychuk^{1,2}

Article info

Correspondence Author

V. Melnychuk

E-mail:

melnichy86@gmail.com

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

² Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Citation: Havryk, B., & Melnychuk, V. (2024). Clinical course of ctenocephalous invasion in cats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 73–77. doi: 10.31210/spi2024.27.02.12

Fleas of the order Siphonaptera are small wingless insects that lead a parasitic lifestyle on mammals and birds, and can also attack humans. They are capable of inhabiting a wide range of hosts and habitats. In domestic dogs and cats, fleas are common ectoparasites, causing a greater proportion of all dermatological diseases. Parasitism of fleas on the body of domestic carnivores is accompanied by severe itching, anxiety, erythema, alopecia and various types of dermatitis. The purpose of the research was to establish the features of the clinical course of ctenocephalosis in cats of different ages, depending on the intensity of the invasion. The research was carried out in the private veterinary clinic "Yashma" (Kremenchuk) and the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University (Poltava). The conducted studies established that ctenocephalosis in cats occurs in two forms, of which the chronic course was most often detected (83.6 %), and acute (16.4 %) less often. The forms of the course depended on the indicators of infestation and the age of the cats. An acute course is established in kittens up to 6 months of age based on indicators of the intensity of invasion from 20 to 42 spec/head, and a chronic course – from 4 to 19 spec/head. It was determined that during the acute course in kittens up to 6 months of age, the clinical signs were characterized in 100 % of cases by skin lesions in the area of the tail root, abdomen, back, sides, the presence of flea excrement and their contamination of the skin and fur, itching, anxiety, disheveled hair in affected areas, skin erythema, dry skin. During the chronic course, 100 % of the studied animals were clinically diagnosed with skin lesions in the area of the root of the tail, the presence of flea excrement and their contamination of the skin and fur. Other clinical signs were less pronounced or were not registered compared to the clinical signs established during the acute course. The obtained results will allow to increase the effectiveness of treatment measures taking into account the forms of the course of the invasion, the age of the cats and indicators of the intensity of ctenocephalous invasion.

Keywords: parasitology, ctenocephalosis, invasion, cats, clinical course.

Клінічний перебіг ктеноцефальної інвазії у котів

Б. А. Гаврик¹ | В. В. Мельничук^{1,2}

¹Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

²Інститут ветеринарної медицини НААН України, м. Київ, Україна

Блохи ряду Siphonaptera – це дрібні безкрилі комахи, що ведуть паразитичний спосіб життя на ссавцях, птахів, також можуть нападати й на людину. Вони спроможні населяти широкий спектр господарів та місце проживання. У домашніх собак та котів блохи є звичайними ектопаразитами, що викликають більшу частку всіх дерматологічних захворювань. Паразитовання бліх на тілі домашніх м'ясоїдних тварин супроводжується сильним свербіжем, занепокоєнням, еритемою, виникненням алопецій та дерматитів різного характеру. Метою досліджень було встановити особливості клінічного перебігу ктеноцефальозу у котів різного віку залежно від показників інтенсивності інвазії. Дослідження виконували в умовах приватної ветеринарної клініки «Яшма» (м. Кременчук) та лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету (м. Полтава). Проведеними дослідженнями встановлено, що ктеноцефальоз у котів перебігає у двох формах, з яких найчастіше виявляли хронічний перебіг (83,6 %), рідше – гострий (16,4 %). Форми перебігу залежали від показників інвазії та віку котів. Гострий перебіг встановлено у кошенят у кошених до 6-місячного віку за показників інтенсивності інвазії від 20 до 42 екз/гол, а за хронічного перебігу – від 4 до 9 екз/гол. Визначено, що за гострого перебігу у кошенят до 6-місячного віку клінічні ознаки характеризувалися у 100 % випадків ураженням шкіри у ділянці кореня хвоста, черева, спини, боків, наявністю екскрементів бліх та забрудненням ними шкіри та шерсті, свербіжем, занепокоєнням, скуповдженістю волосяного покриву у місцях ураження, еритемою шкіри, сухістю шкіри. За хронічного перебігу у 100 % досліджених тварин клінічно виявляли ураження шкіри у ділянці кореня хвоста, наявність екскрементів бліх та забруднення ними шкіри та шерсті. Інші клінічні ознаки були менш виражені або їх не реєстрували порівняно з клінічними ознаками, встановленими за гострого перебігу. Отримані результати дозволять підвищити ефективність лікувальних заходів з урахуванням форм перебігу інвазії, віку котів та показників інтенсивності ктеноцефальної інвазії.

Ключові слова: паразитологія, ктеноцефальоз, інвазія, коти, клінічний перебіг.

Бібліографічний опис для цитування: Гаврик Б. А., Мельничук В. В. Клінічний перебіг ктеноцефальної інвазії у котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 73–77.

Вступ

Тварини-компаньйони відіграють важливу роль у житті сучасної людини, найчастіше будучи членом сім'ї, доповнюючи нестачу спілкування та оточуючи свого власника позитивними емоціями. Водночас, у домашніх улюбленців можуть виникати хвороби різної етіології, у тому числі й паразитарні [1–4]. Згідно літературних даних, одним із найпоширеніших паразитозів серед котів є ктеноцефальоз, збудником якого є *Stenocephalides felis*. Особливістю цього паразита є його адаптованість до умов зовнішнього середовища, включаючи мікроклімат у приміщенні та довкілля, де в умовах помірного клімату даний ектопаразит може перезимовувати. Для людини *St. felis*, також, становить небезпеку, будучи факультативним паразитом, може нападати і живитись кров'ю на всіх частинах тіла [5–9].

Укуси бліх болючі, а через склад слини, в яку входить шістнадцять речовин, що мають сенсibiliзуючу властивість, можливий розвиток алергічного дерматиту, особливо за високих показників інтенсивності інвазії або за підвищеної чутливості організму хазяїна до алергену. Також, у тварин клінічно встановлюють свербіж, потовщення та гіперпігментацію шкіри на боках, вентральній черевній стінці, каудо-медіальній поверхні стегон. Пошкоджена після укусу шкіра є воротами інфекції для умовно патогенної та патогенної мікрофлори, провокуючи розвиток локального запалення, яке при несвоєчасному лікуванні та зниженій резистентності може призвести до генералізації процесу [10–13]. Крім кровосання та можливої алергічної реакції на токсини, що містяться в слині бліх, вони здатні виступати вектором для збудників інфекційних хвороб. Відомо, що *St. felis* може бути переносником мікроорганізмів родів *Bartonella*, *Rickettsia*, *Wolbachia* тощо [14–18]. Також, блохи є проміжними господарями гельмінтозного захворювання, збудником якого є цестоди виду *Dipylidium caninum* та здатні викликати дипілідіоз у м'ясоїдних тварин та людини [19–21].

Для ефективної розробки терапевтичних заходів за ктеноцефальозу важливим є знання клінічного перебігу інвазії, враховуючи вік тварин і ступінь їх інвазованості.

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити особливості клінічного перебігу ктеноцефальозу в котів різного віку залежно від показників інтенсивності інвазії.

Матеріали і методи

Дослідження виконували упродовж 2023–2024 рр. в умовах приватної ветеринарної клініки «Яшма» (м. Кременчук) та лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету (м. Полтава).

Паразитологічному обстеженню піддавалися коти різного віку (до 6-місячного віку та старші 6-місячного віку). Дослідження проводили методом огляду та збору бліх з тіла тварини. Враховували наявність ектопаразитів на різних ділянках тіла тварин.

Всього досліджено 274 котів уражених блохами, з них: 68 голів віком до 6-місячного віку; 206 голів віком старші 6-місячного віку за різних показників інтенсивності інвазії:

Встановлювали наявність клінічних симптомів (%) залежно від показників інтенсивності інвазії (висока II – $24,7 \pm 4,5$ екз/гол (20–42 екз/гол); низька – $9,8 \pm 4,6$ екз/гол (4–19 екз/гол)).

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що ктеноцефальоз у котів перебігає у двох формах, де частіше виявлено хронічний перебіг – 83,6 %, рідше гострий – 16,4 % (рис. 1 а). Причому форми перебігу залежали від показників інвазії та віку котів. Зокрема, за гострого перебігу показники II в середньому становили $24,7 \pm 4,5$ екз/гол (за коливань від 20 до 42 екз/гол) і цей перебіг встановлено тільки у кошенят до 6-місячного віку (у 100 % випадків) (рис. 1 б). За хронічного перебігу показники II в середньому становили $9,8 \pm 4,6$ екз/гол (за коливань від 4 до 9 екз/гол) і цю форму перебігу виявляли як у кошенят до 6-місячного віку (у 10 % випадків), так і у котів старших 6-місячного віку (у 90 % випадків) (рис. 1 с).

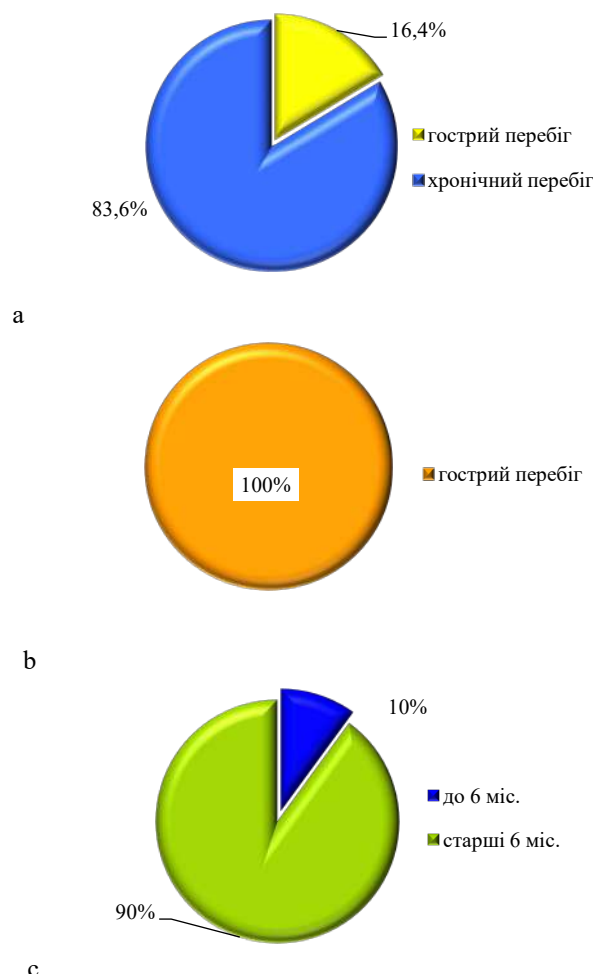


Рис. 1. Особливості клінічного перебігу ктеноцефальозу котів залежно від: а – форм перебігу, б – віку котів за гострого перебігу, с – віку котів за хронічного перебігу

Клінічний прояв за ктеноцефальозу котів залежав від форми перебігу і віку тварин. Зокрема, за гострого перебігу у кошенят до 6-місячного віку клінічні ознаки характеризувалися у 100 % випадків ураженням шкіри в ділянці кореня хвоста, черева, спини, боків, наявністю екскрементів бліх та забрудненням ними шкіри та шерсті (рис. 2), свербіжем, занепокоєнням, скуйовдженістю волосяного покриву у місцях ураження, еритемою шкіри, сухістю шкіри (табл. 1).



Рис. 2. Наявність екскрементів бліх та забруднення ними шерсті в області кореня хвоста у кота віком 5 місяців

Також, за гострого перебігу у 95,6 % котів встановлено появу лусочок на шкірі у місцях паразитування бліх (рис. 3), у 91,1 % – анемічність видимих слизових оболонок та появу алопецій (рис. 4), у 88,9 % – ураження шкіри в ділянці основи хвоста, у 86,7 % – схуднення. Рідше виявляли потовщення шкіри (55,6 %), наявність ран на шкірі (46,7 %), ураження шкіри в ділянці шиї (40 %), тазових кінцівок (35,6 %), грудних кінцівок (24,4 %), голови (15,6 %).



Рис. 3. Поява лусочок на шкірі кошеняти віком 4 місяці в місцях паразитування бліх

Таблиця 1

Клінічний прояв ктеноцефальозу в котів

Показники	Форми перебігу					
	гострий		хронічний			
	II – 24,7±4,5 екз/гол		II – 9,8±4,6 екз/гол		коти віком старші 6 міс., n = 206	
	голів	%	голів	%	голів	%
Ураження шкіри в ділянці кореня хвоста	45	100	23	100	206	100
Ураження шкіри в ділянці черева	45	100	23	100	204	99
Ураження шкіри в ділянці середньої дорсальної лінії спини	45	100	16	69,6	170	82,5
Ураження шкіри в ділянці бічних частин тіла	45	100	13	56,5	115	55,8
Ураження шкіри в ділянці шиї	18	40	2	8,7	15	7,3
Ураження шкіри в ділянці голови	7	15,6	–	–	2	1,0
Ураження шкіри в ділянці тазових кінцівок	16	35,6	1	4,3	6	2,9
Ураження шкіри в ділянці грудних кінцівок	11	24,4	1	4,3	–	–
Ураження шкіри в ділянці основи хвоста	40	88,9	2	8,7	8	3,9
Наявність екскрементів бліх та забруднення ними шкіри та шерсті	45	100	23	100	206	100
Скуйовдженість волосяного покриву	45	100	20	86,9	179	86,9
Свербіж	45	100	23	100	193	93,7
Занепокоєння	45	100	23	100	158	76,7
Еритема шкіри	45	100	17	73,9	135	65,5
Наявність ран	21	46,7	1	4,3	–	–
Алопеції	41	91,1	2	8,7	–	–
Схуднення	39	86,7	–	–	–	–
Анемічність видимих слизових оболонок	41	91,1	1	4,3	–	–
Поява лусочок на шкірі	43	95,6	13	56,5	99	48,1
Сухість шкіри	45	100	7	58,1	25	46,3
Потовщення шкіри	25	55,6	–	–	–	–



Рис. 4. Поява алопецій у кошеняти віком 4 місяці за паразитування бліх

Хронічний перебіг ктеноцефальозу встановлювали як у молодняку тварин, так і у дорослих котів. Зокрема, у молодняку клінічний прояв у 100 % тварин характеризувався ураженням шкіри в ділянці кореня хвоста та черева, наявністю екскрементів бліх та забрудненням ними шкіри та шерсті, свербіжем, занепокоєнням. Також у 86,9 % кошенят встановлено скуйовдженість волосяного покриву, у 73,9 % – еритему шкіри, у 69,6 та 56,5 % – ураження шкіри в ділянці середньої дорсальної лінії спини та боків, у 58,1 % – сухість шкіри, 56,5 % – появу лусочок на шкірі у місцях ураження. Рідше виявляли ураження шкіри в ділянці шиї (8,7 %), тазових та грудних кінцівок (4,3 %), основи хвоста (8,7 %), наявність ран на шкірі та анемічність видимих слизових оболонок (4,3 %).

У більш дорослих котів за хронічного перебігу у 100 % тварин встановлено ураження шкіри в ділянці кореня хвоста та наявність екскрементів бліх та забруднення ними шкіри та шерсті. У 93,7 % котів виявляли свербіж, у 99 та 82,5 % – ураження шкіри в ділянці черева та спини, у 86,9 % – скуйовдженість волосяного покриву, у 76,7 % – занепокоєння, у 65,5 % – еритему шкіри. Рідше реєстрували ураження шкіри в ділянці бічних частин тіла (55,8 %), шиї (7,3 %), голови (1,0 %), тазових кінцівок (2,9 %), основи хвоста (3,9 %), появу лусочок на шкірі (48,1 %), сухість шкіри (46,3 %).

Науковці свідчать, що одним із найпоширеніших тимчасових ектопаразитів серед домашніх, диких тварин, а також людини є блохи, які поширені у більшості країн світу. У домашніх собак і котів даний збудник викликає захворювання ктеноцефальоз [5, 7, 9, 22, 23]. Тому, нами були проведені дослідження щодо особливостей перебігу ктеноцефальозної інвазії у котів. Встановлено, що ктеноцефальоз перебігає у двох формах, з яких найчастіше виявляли хронічний перебіг (83,6 %), рідше – гострий (16,4 %). Форми перебігу залежали від показників інвазії та віку котів. Гострий перебіг встановлено у кошенят до 6-місячного віку за показників інтенсивності інвазії від 20 до 42 екз/гол, а за хронічного перебігу – від 4 до 9 екз/гол. Визначено, що за гострого перебігу у кошенят до 6-місячного віку клінічні ознаки характеризувалися у 100 % випадків

ураженням шкіри у ділянці кореня хвоста, черева, спини, боків, наявністю екскрементів бліх та забрудненням ними шкіри та шерсті, свербіжем, занепокоєнням, скуйовдженістю волосяного покриву у місцях ураження, еритемою шкіри, сухістю шкіри. За хронічного перебігу у 100 % досліджених тварин клінічно виявляли ураження шкіри у ділянці кореня хвоста, наявність екскрементів бліх та забруднення ними шкіри та шерсті. Інші клінічні ознаки були менш виражені або їх не реєстрували порівняно з клінічними ознаками, встановленими за гострого перебігу. Інші науковці, також, виявляли у тварин, внаслідок укусів бліх, розвиток алергічного дерматиту, свербіж, потовщення та гіперпигментацію шкіри на боках, вентральній черевній стінці, каудо-медіальній поверхні стегон [10–13].

Отримані результати дозволять підвищити ефективність лікувальних заходів з урахуванням форм перебігу інвазії, віку котів та показників інтенсивності ктеноцефальозної інвазії.

Висновки

Встановлено, що ктеноцефальоз у котів перебігає у двох формах, де частіше діагностували хронічний перебіг (83,6 %), рідше – гострий (16,4 %). Доведено, що форма перебігу за ктеноцефальозу залежить від інтенсивності інвазії, де за гострого перебігу цей показник становить $24,7 \pm 4,5$ екз/гол, за хронічного – $9,8 \pm 4,6$ екз/гол. Гострий перебіг ктеноцефальозу встановлено у 100 % кошенят до 6-місячного віку, а хронічний перебіг – у 10 % кошенят до 6-місячного віку та 90 % – у котів старших 6-місячного віку. Незалежно від форми перебігу інвазії у 100 % уражених блохами котів виявлено ураження шкіри в ділянці кореня хвоста та наявність екскрементів бліх та забруднення ними шкіри та шерсті.

Конфлікт інтересів



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

References

- Friedman, E., & Krause-Parello, C. A. (2018). Companion animals and human health: benefits, challenges, and the road ahead for human-animal interaction. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 37 (1), 71–82. <https://doi.org/10.20506/rst.37.1.2741>
- MacDonald, J. M., & Barrett, D. (2015). Companion animals and well-being in palliative care nursing: a literature review. *Journal of Clinical Nursing*, 25 (3–4), 300–310. <https://doi.org/10.1111/jocn.130222>
- Milley, C., Dryden, M., Rosenkrantz, W., Griffin, J., & Reeder, C. (2016). Comparison of parasitic mite retrieval methods in a population of community cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 19 (6), 657–664. <https://doi.org/10.1177/1098612x16650717>
- Taetzsch, S. J., Gruszynski, K. R., Bertke, A. S., Dubey, J. P., Monti, K. A., Zajac, A. M., & Lindsay, D. S. (2018). Prevalence of zoonotic parasites in feral cats of Central Virginia, USA. *Zoonoses and Public Health*, 65 (6), 728–735. <https://doi.org/10.1111/zph.12488>
- Renssch, G. P., & Elston, D. M. (2019). What's eating you? cat flea (*Ctenocephalides felis*) revisited. *Cutis*, 104 (3), 182–186.

6. Cruz-Vazquez, C., Castro Gamez, E., Parada Fernandez, M., & Ramos Parra, M. (2001). Seasonal occurrence of *Ctenocephalides felis felis* and *Ctenocephalides canis* (Siphonaptera: Pulicidae) infesting dogs and cats in an urban area in Cuernavaca, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 38 (1), 111–113. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-38.1.111>
7. Coşkun, G., & Çetin, H. (2018). A Research about Flea (Siphonaptera: Pulicidae) Infestation on Domestic Cats and Dogs in Winter Months, from Antalya, Turkey. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 42(4), 277–280. <https://doi.org/10.5152/tpd.2018.5971>
8. Dryden, M. W., & Rust, M. K. (1994). The cat flea: biology, ecology and control. *Veterinary Parasitology*, 52 (1-2), 1–19. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(94\)90031-0](https://doi.org/10.1016/0304-4017(94)90031-0)
9. Rust, M. K. (2017). The biology and ecology of cat fleas and advancements in their pest management: A review. *Insects*, 8 (4), 118. <https://doi.org/10.3390/insects8040118>
10. Kalvelage, H., & Münster, M. (1991). *Ctenocephalides canis* and *Ctenocephalides felis* infestations of dogs and cats. Biology of the agent, epizootiology, pathogenesis, clinical signs, diagnosis and control. *Tierärztliche Praxis*, 19 (2), 200–206.
11. Trudeau, W. L., Ández-Caldas, E. F., Fox, R. W., Brenner, R., Bucholtz, G. A., & Lockey, R. F. (1993). Allergenicity of the cat flea (*Ctenocephalides felis felis*). *Clinical & Experimental Allergy*, 23 (5), 377–383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1993.tb00337.x>
12. Baldo, B. A. (1993). Allergenicity of the cat flea. *Clinical & Experimental Allergy*, 23 (5), 347–349. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1993.tb00337.x>
13. Greene, W. K., Carnegie, R. L., Shaw, S. E., Thompson, R. C. A., & Penhale, W. J. (1993). Characterization of allergens of the cat flea, *Ctenocephalides felis*: detection and frequency of IgE antibodies in canine sera. *Parasite Immunology*, 15 (2), 69–74. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3024.1993.tb00586.x>
14. Moore, C. O., André, M. R., Šlapeta, J., & Breitschwerdt, E. B. (2024). Vector biology of the cat flea *Ctenocephalides felis*. *Trends in Parasitology*, 40 (4), 324–337. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2024.02.006>
15. Contreras, V., F. Londoño, A., Miranda, J., Mattar, S., Acevedo-Gutiérrez, L. Y., J. Diaz, F., & Rodas, J. D. (2019). Infection by *Rickettsia felis* in *Ctenocephalides felis felis* fleas from North of Colombia. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 13 (1), 1–8. <https://doi.org/10.18502/jad.v13i1.927>
16. Manvell, C., Berman, H., Callahan, B., Breitschwerdt, E., Swain, W., Ferris, K., Maggi, R., & Lashnits, E. (2022). Identification of microbial taxa present in *Ctenocephalides felis* (cat flea) reveals widespread co-infection and associations with vector phylogeny. *Parasites & Vectors*, 15 (1), 398. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05487-1>
17. Horta, M. C., Ogrzewalska, M., Azevedo, M. C., Costa, F. B., Ferreira, F., & Labruna, M. B. (2014). *Rickettsia felis* in *Ctenocephalides felis felis* from five geographic regions of Brazil. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 91 (1), 96–100. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0699>
18. Šlapeta, J., Lawrence, A., & Reichel, M. P. (2018). Cat fleas (*Ctenocephalides felis*) carrying *Rickettsia felis* and *Bartonella* species in Hong Kong. *Parasitology International*, 67 (2), 209–212. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2017.12.001>
19. Gopinath, D., Meyer, L., Smith, J., & Armstrong, R. (2018). Topical or oral fluralaner efficacy against flea (*Ctenocephalides felis*) transmission of *Dipylidium caninum* infection to dogs. *Parasites & Vectors*, 11 (1), 557. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3140-x>
20. Azarm, A., Dalimi, A., Pirestani, M., & Mohammadiha, A. (2022). Molecular Detection of *Dipylidium caninum* in Isolated Fleas of Dogs in Meshkinshahr County, Northwest of Iran. *Iranian Journal of Parasitology*, 17 (2), 159–166. <https://doi.org/10.18502/ijpa.v17i2.9531>
21. Wani, Z. A., Allaie, I. M., Shah, B. M., Raies, A., Athar, H., & Junaid, S. (2013). *Dipylidium caninum* infection in dogs infested with fleas. *Journal of Parasitic Diseases*, 39 (1), 73–75. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0281-x>
22. Yevstafieva, V. O., & Horb, K. O. (2020). Age dynamics of infestation of dogs *Ctenocephalides* spp. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22 (98), 84–87. <https://doi.org/10.32718/nvlvet981522>
23. Horb, K. O. (2020). Breed susceptibility of domestic dogs to ectoparasite of ctenocephalides (Siphonaptera, Pulicidae) genus. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 164–169. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.20>

ORCID

- B. Havryk  <https://orcid.org/0009-0003-9723-7388>
V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>



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

Radiation monitoring and comparative analysis of morphoimmunological indicators of blood in cows during long-term exposure to small radionuclide doses

S. Lishchuk  | L. Savchuk

Article info

Correspondence Author

S. Lishchuk

E-mail:

itomlin@ukr.net

Higher educational institution
«Podillia State University»,
12, Shevchenko Str.,
Kamianets-Podilskyi, 32316,
Ukraine

Citation: Lishchuk, S., & Savchuk, L. (2024). Radiation monitoring and comparative analysis of morphoimmunological indicators of blood in cows during long-term exposure to small radionuclide doses. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 78–83. doi: 10.31210/spi2024.27.02.13

Radioactive pollution of the area and biological objects occurs as a result of exposure to radioactive substances, so-called radionuclides. According to the research of a number of authors, it was established that long-term exposure to ionizing radiation in small doses causes various non-specific reactions that are characteristic of the variable stages of the adaptation syndrome and, in turn, promotes the development of compensatory reactions of various body systems. In order to study the influence of such radiation factors as radionuclides ^{137}Cs and ^{244}Pu on the functional state of the natural resistance of cattle, the contamination of the territory, pastures and rations with radionuclides in the farms of the Podil region of the Khmelnytskyi region was determined and compared, the peculiarities of the functional state of the natural resistance of cattle in farms with different intensity of radioactive pollution using radiological, hematological, morphological and biochemical methods of blood research. It was established that radioactive cesium and plutonium had a negative effect on the functional condition of cattle. The morphological parameters of the blood of the experimental animals were within the physiological norm, but in the cows of the III group they were reduced compared to the animals of the I group, which were located on farms with a level of radionuclide pollution lower than 40 kBq/m^2 . In the leukogram, significant changes were observed in the blood of animals from farms with an elevated radioactive background. According to indicators of the cellular factor of protection of the body, a probable decrease ($P > 0.95$) of the phagocytic activity of neutrophils was observed in cows from the area contaminated with radionuclides and a marked decrease in the phagocytic intensity of neutrophils ($P > 0.95$). Analyzing the changes in the biochemical parameters of the blood of experimental animals, a decrease in the content of hemoglobin and total serum protein, albumins and β -globulins was observed, with an increase in the concentration of α - and γ -globulins. In blood smears, in the cells of the leukocyte series, pronounced morphological deviations in the cellular composition of the blood compared to the norm were observed. In the field of view of the microscope, lysis and hypochromatosis of the nuclei of rod-nucleated and segmented neutrophils, vacuolization of nuclei and an increase in the number of chromatin grains in the nuclei of lymphocytes, hypersegmentation and fragmentation of the nuclei of pseudoeosinophils, and an increase in the number of chromatin in lymphocytes are clearly visible.

Keywords: cows, radiation pollution, morphology, ^{137}Cs , ^{244}Pu , radionuclides.

Радіаційний моніторинг та порівняльний аналіз морфоімунологічних показників крові у корів за тривалої дії малих доз радіонуклідів.

С. Г. Ліщук | Л. Б. Савчук

Заклад вищої освіти
«Подільський державний
університет»,
м. Кам'янець-Подільський,
Україна

Радіоактивне забруднення місцевості та біологічних об'єктів відбувається внаслідок впливу радіоактивних речовин, так званих радіонуклідів. Згідно із дослідженнями ряду авторів було встановлено, що тривалий вплив іонізуючого випромінювання в невеликих дозах викликає різного роду неспецифічні реакції, що притаманні для перемінних стадій адаптаційного синдрому та в свою чергу сприяє розвитку компенсаторних реакцій різних систем організму. З метою вивчення впливу таких радіаційних чинників, як радіонукліди ^{137}Cs та ^{244}Pu на функціональний стан природної резистентності великої рогатої худоби, було визначено та порівняно забрудненість території, пасовищ і раціонів радіонуклідами в господарствах Подільського регіону Хмельницької області, досліджено особливості функціонального стану природної резистентності великої рогатої худоби в господарствах з різною інтенсивністю радіоактивного забруднення за допомогою радіологічних, гематологічних, морфологічних та біохімічних методів дослідження крові. Встановлено, що радіоактивні цезій та плутоній спричиняли негативний вплив на функціональний стан великої рогатої худоби. Морфологічні показники крові підслідних тварин знаходились в межах фізіологічної норми, проте у корів III-ї групи вони були знижені у порівнянні із тваринами I-ї групи, що знаходилися на фермах з рівнем забруднення радіонуклідами нижчим 40 kBq/m^2 . В лейкограмі спостерігались суттєві зміни в крові тварин з господарств з підвищеним радіоактивним фоном. Аналіз клітинного фактору захисту організму показав вірогідне зниження ($P > 0,95$) фагоцитарної активності нейтрофілів у корів з забрудненої радіонуклідами зони та виражене зниження фагоцитарної інтенсивності нейтрофілів ($P > 0,95$). Аналізуючи зміни біохімічних показників крові дослідних тварин спостерігалось зниження вмісту гемоглобіну та загального білку сироватки крові, альбумінів і β -глобулінів, при зростанні концентрації α - та γ -глобулінів. У мазках крові, у клітинах лейкоцитарного ряду, спостерігали виражені морфологічні відхилення у клітинному складі крові в порівнянні з нормою. У полі зору мікроскопа чітко видно лізис та гіпохроматоз ядер паличкоядерних і сегментоядерних нейтрофілів, вакуолізацію ядер і збільшення кількості зерен хроматину у ядрах лімфоцитів, гіперсегментацію і фрагментацію ядер псевдоеозинофілів, збільшення кількості хроматину у лімфоцитах.

Ключові слова: корови, радіаційне забруднення, морфологія, ^{137}Cs , ^{244}Pu , радіонукліди.

Бібліографічний опис для цитування: Ліщук С. Г., Савчук Л. Б. Радіаційний моніторинг та порівняльний аналіз морфоімунологічних показників крові у корів за тривалої дії малих доз радіонуклідів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 78–83.

Вступ

Катастрофа на Чорнобильській АЕС викликала цікавість щодо біологічних наслідків хронічного опромінення низькими дозами радіації. На територіях, забруднених довгоіснуючими радіонуклідами, утворилися штучні радіологічні аномалії, що в свою чергу надало унікальну можливість для вивчення близьких і віддалених наслідків тривалого опромінення рослин і тварин. Рядом вчених було підтверджено, що радіобіологічні ефекти у опроміненіх радіоактивним забрудненням природних екосистем існують у прямій залежності від радіочутливості домінуючих у них видів тварин. У цілому дослідження показали, що хронічна дія іонізуючого випромінювання у малих дозах спричинює нетипові реакції, визначальні для різних стадій загального адаптаційного синдрому і викликає розвиток компенсаторних перебудов органів різних систем, що є реакціями пристосування організму до дії радіоекологічного чинника [1–3].

Небезпечною явища набуває надмірне збільшення радіоактивності природного фону, через негативний вплив іонізуючого випромінювання радіоізотопів, що знаходяться в земній корі, ґрунті, воді та кормах. В свою чергу, це спричинює явище нестабільності геному, втратою здатності адекватно реагувати на подразники, регулювати онтогенетичний розвиток клітин, тощо [4–6].

Багаторічні дослідження науковців показують, що навіть за дуже малих рівнів іонізуючої радіації опромінення негативно діє на організм та цілі популяції тварин. Свого часу високий рівень морфологічної, гістоморфологічної, цитогенетичної мінливості деяких органів і систем під дією підвищеного рівня природної радіації у біогеоценозах було зафіксовано на прикладі популяції полівок-економок [7–9].

Різні способи опромінення були детально вивчені в експериментальних умовах на лабораторних тваринах. Як правило, результати таких досліджень часто були невизначеними. Поряд з тим, проводились дослідження дії невеликих доз радіації на організм тварин у природних умовах. Отримані результати довели, що критичними (радіочутливими) органами по відношенню до дії іонізуючого випромінювання є органи імунної системи [10].

При дослідженні великої рогатої худоби, у тварин, які тривалий період перебували під впливом дії іонізуючого випромінювання малої інтенсивності, показники крові, дія радіації на периферичну кров супроводжується кількісними та якісними змінами клітинного складу, а також структурною перебудовою і загибеллю лімфоцитів та інших клітин. В першу чергу зменшується кількість лімфоцитів в порівнянні з іншими видами лейкоцитів [11, 12]. Реакція нейтрофілів на радіаційний вплив є однією із найбільш характерних ознак променевого ураження. На початках дії радіації спостерігається виражена нейтрофілія. Згодом настає суттєве їх зменшення до 20 % від вихідного рівня, далі їх кількість збільшується за рахунок молодих форм – юних і паличкоядерних, тобто у лейкоформулі спосте-

рігається зсув вліво [13–15]. Після цього настає стадія спустошення, яка є більш довготривалою. В цей період в крові з'являються патологічні форми клітин з гіперсегментованими, пікнотичними та лізованими ядрами [16]. Деякі автори спостерігали у крові гігантські нейтрофілоцити, токсигенну зернистість в цитоплазмі, яка в окремих випадках носить виражений характер. [17] Відмічалась гіпо-сегментація нейтрофілоцитів, ядра гранулоцитів нагадували по формі гігантські палички, або мали нечітке розділення на два сегменти. В лімфоцитах мала місце фрагментація ядра, бахромчатість і базофілія цитоплазми; наявність лімфоцитів з азурофільною зернистістю, лімфоцитів із дво-сегментним ядром у вигляді «пісочного годинника». Моноцити були великих розмірів з широкою цитоплазмою і дрібними азурофільними гранулами. У частини моноцитів виявлена фрагментація ядра [18, 19].

Наразі, не всі можливі наслідки впливу радіонуклідів вивчені настільки ретельно, щоб стати аксіомою та однозначно сприйматися у науковому середовищі.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було виявити вплив таких радіаційних чинників, як радіонукліди ^{137}Cs (цезію 137) та ^{244}Pu (ізоотопу плутонію 244) на стан природної резистентності ВРХ в умовах Західного Поділля [20].

Для досягнення вказаної мети були поставлені наступні завдання: провести порівняльний аналіз забрудненості території, пасовищ і раціонів радіонуклідами у окремих господарствах Хмельницької області, дослідити особливості специфічного стану природної резистентності ВРХ в господарствах із різним рівнем радіоактивного забруднення ^{137}Cs та ^{244}Pu . При виконанні роботи використовували радіологічні, гематологічні, біохімічні методи досліджень.

Матеріали і методи

Клініко-експериментальні дослідження проведено на великій рогатій худобі віком 4-8 років, живою масою 350–450 кг, в умовах особистих фермерських господарств Кам'янець-Подільського та Чемеровецького районів Хмельницької області, Західного Поділля. Для постановки досліду ми сформували три дослідні групи великої рогатої худоби, по 20 корів в кожному господарстві, а саме:

- до першої групи була відібрана худоба з населених пунктів з рівнем забруднення ґрунтів ^{137}Cs та ^{244}Pu до 40 кБк/м²;
- до другої тварини з населених пунктів з рівнем забруднення від 40 до 100 кБк/м²;
- до третьої – з рівнем забруднення більше 100 кБк/м².

У всіх корів вивчали клінічний статус за загально прийнятими методиками. Для оцінки загального радіаційного фону та визначення надходження радіонуклідів, на кожному піддослідному тваринницькому об'єкті вимірювали гама-фон

за допомогою СРП-68- та питому радіоактивність згодовуваних кормів.

Умови годівлі, догляду і утримання тварин в усіх трьох господарствах були однаковими.

Лабораторні радіологічні дослідження виконували в науково-дослідній лабораторії кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Матеріалом для лабораторних досліджень були грунт, корма та кров тварин великої рогатої худоби різних порід.

Кров для морфологічного, біохімічного, імунологічного досліджень брали з яремної вени у піддослідних корів до годівлі з дотриманням правил асептики і антисептики. В дослідних групах корів, в лабораторних умовах вивчали: кількість лейкоцитів і еритроцитів – підрахунком в камері Горяєва, лейкоцитарну формулу – шляхом підрахунку клітин білої крові в мазках, фарбованих гематоксиліном та еозином за загальноприйнятою методикою; розрахунковим методом визначали абсолютний вміст лімфоцитів у периферійній крові; лізоцимну активність сироватки крові – фотоелектроколориметричним методом в модифікації відділу зоогієни УНДІСВ; опсоно-фагоцитарну активність лейкоцитів крові – методом поглинання лейкоцитами *St. aureus* 209-Р з послідовним підрахунком на пофарбованому мазку за Романовським-Гімза; рефрактометрично вивчали вміст у сироватці крові загального білку, а вміст гемоглобіну – загальноприйнятим методом з

допомогою гемометра Салі; бактерицидну активність сироватки крові – фотонейлометричним методом за Д. А. Петрачевим; Т-лімфоцити – методом спонтанного розеткоутворення з еритроцитами барана (Е-РОК); В-лімфоцити – методом виявлення на їх поверхні рецепторів до Fc фрагменту імуноглобулінів і С3 (ЕАК-РОК).

Світлову мікроскопію та мікрофотографування гістопрепаратів здійснювали за допомогою мікроскопа OLYMPUS CX 41 та фотокамери OLYMPUS C – 5050.

Результати та їх обговорення

Відповідно до результатів досліджень (рис. 1) більшість населених пунктів мала забруднення від 40 до 100 кБк/м², проте у двох населених пунктах рівень забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs був значно меншим 40 кБк/м². Було встановлено, що літом тварини випасались на забруднених радіонуклідами пасовищах із травостоєм, а в зимово-стійловий період їм згодовували корма, що теж містили малі дози радіонуклідів. Загальна забрудненість раціону в зимово-стійловий період становила відповідно 3158 Бк та 2486 Бк. Забруднення ґрунту ²⁴⁴Pu у більшості населених пунктів мала забруднення від 40 до 100 кБк/м², проте у двох населених пунктах рівень забруднення ґрунтів ²⁴⁴Pu теж був значно меншим 40 кБк/м². Загальна забрудненість раціону в зимово-стійловий період становила відповідно 2954 Бк та 2036 Бк.

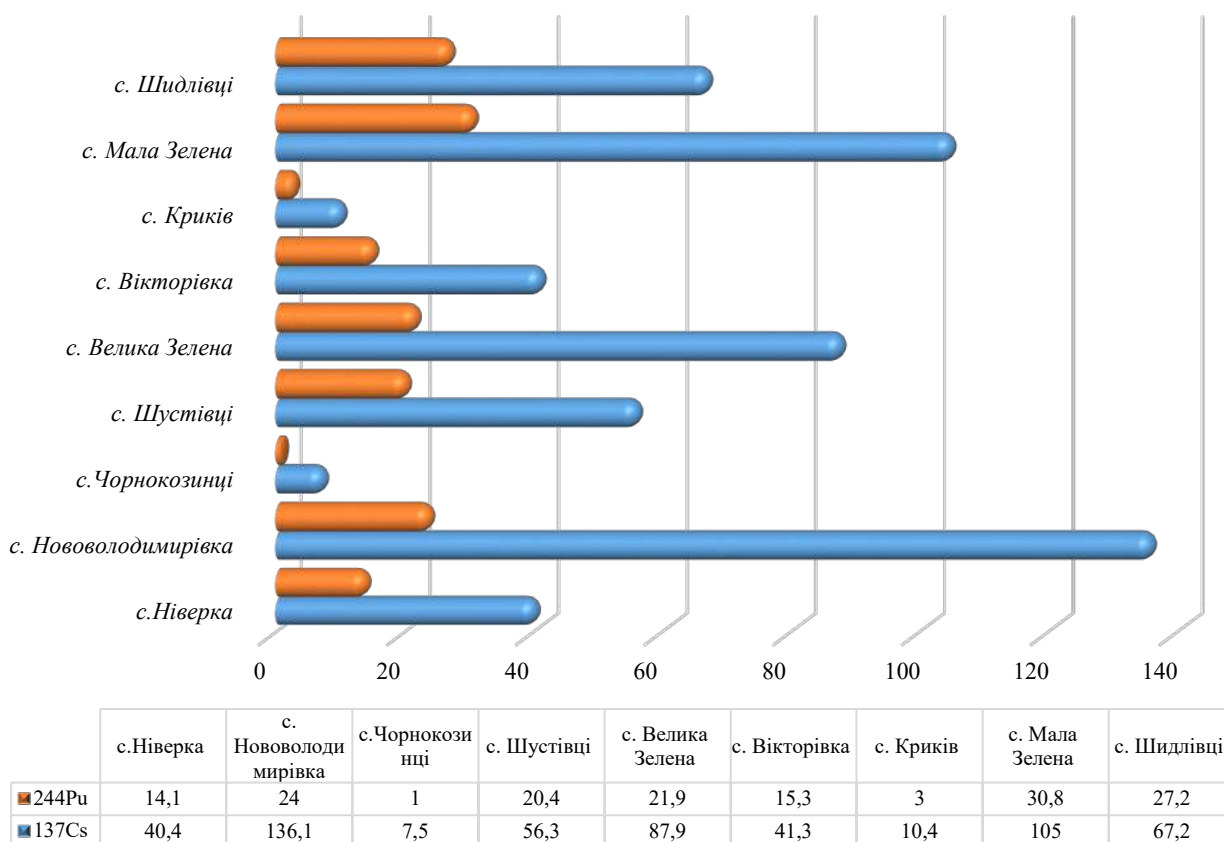


Рис 1. Рівень забруднення ґрунту ¹³⁷Cs (кБк/м²) та ²⁴⁴Pu (кБк/м²) в населених пунктах Західного Поділля віднесених до четвертої зони радіоактивного забруднення

Аналіз морфологічних показників крові піддослідних тварин (табл. 1) вказує, що показники знаходились в межах фізіологічної норми, але у тварин III-ї групи вони були суттєво нижчими порівняно з тваринами I-ї групи, які в свою чергу утримувались в господарствах з рівнем забруднення ^{137}Cs та ^{244}Pu нижчим 40 kBк/м^2 . В лейкограмі спостерігались суттєві зміни в крові тварин з господарств з підвищеним радіоактивним фоном.

Показники лейкоформули свідчать, що із зростанням концентрації ^{137}Cs та ^{244}Pu в раціонах тварин III-ї групи спостерігається зниження вмісту сегментоядерних нейтрофілів і моноцитів ($p > 0,95$), при цьому відмічається вірогідне зростання вмісту паличкоядерних нейтрофілів та лімфоцитів в обох показниках. Вміст еритроцитів у показниках крові поступово знижувався залежно від рівня забруднення

радіонуклідами ^{137}Cs та ^{244}Pu раціонів, проте ця різниця є невірогідною, із похибкою $p > 0,01$.

Результати дослідження вказують на зменшення кількості лімфоцитів, моноцитів, сегментоядерних нейтрофілів та базофілів у крові тварин із більш забрудненої радіонуклідами зони по відношенню до їх пар аналогів з умовно «чистої» зони, хоч ці зміни і не були досить вираженими. Вміст ^{244}Pu вплинув на лейкоформулу в меншій мірі. При цьому кількість еозинофілів, навпаки, був вірогідно вищим у тварин із зони досліджуваного радіоактивного контролю.

За показниками клітинного фактору захисту організму спостерігалось вірогідне зниження ($P > 0,95$) фагоцитарної активності нейтрофілів у корів з забрудненої радіонуклідами зони та виражене зниження фагоцитарної інтенсивності нейтрофілів ($P > 0,95$) у порівнянні з аналогами із «чистої» зони.

Таблиця 1

Морфологічні показники крові великої рогатої худоби

Показники	Радіонуклід						
	^{137}Cs		^{244}Pu		^{137}Cs		
	I група	I група	II група	II група	III група	III група	
Еритроцити, Т/л	5,20±0,2	3,9±0,19	5,03±0,21	3,6±0,2	4,47±0,31	3,8±0,18	
Лейкоцити, Г/л	9,17±0,3	7,10±0,30	7,67±0,4	4,18±0,4	6,70±0,46*	4,2±0,17*	
Лейкоформула, %:							
Базофіли	0,1±0,04	0,2±0,03	0,03±0,02	0,01±0,01	0	0	
Еозинофіли	6,00±0,41	4,5±0,12	5,00±0,41	3,2±0,41	4,33±0,47	3,66±0,17	
Нейтрофіли	Юні	0,2±0,08	0,1±0,03	0,33±0,06	0,23±0,05	0,7±0,08	0,64±0,01
	Паличкоядерні	3,3±0,62	2,8±0,12	4,00±0,41	3,00±0,48	5,67±0,24*	4,20±0,05*
	Сегментоядерні	23,00±0,8	17,00±0,1	20,67±0,4	10,20±0,2	18,00±0,1*	15,00±0,1*
Лімфоцити	61,70±0,8	58,8±0,2	65,9±0,6*	55,8±0,4*	68,97±0,6*	54,8±0,1*	

Примітка: тут і далі * – $p > 0,95$.

Аналіз на визначення бактерицидної активності сироватки крові є показником активності фагоцитозу, а також він визначає загальний стан імунної системи організму. Результати дослідження імунологічних показників крові (табл. 2) дослідних тварин свідчать, що у дослідній III-ї групі

спостерігалось вірогідне зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові, вмісту лімфоцитів та Т- і В-лімфоцитів ($p > 0,95$). Тоді як, у тварин II-ї групи зниження даних крові показників було не вірогідне, за виключенням вмісту лімфоцитів.

Таблиця 2

Імунологічні показники крові великої рогатої худоби

Показники	Радіонуклід					
	^{137}Cs		^{244}Pu		^{137}Cs	
	I група	I група	II група	II група	III група	III група
БАСК, %	55,00±2,04	51,00±1,0	51,67±2,49	50,48±2,22	48,00±1,67*	41,00±1,58*
ЛАСК, %	27,33±1,25	21,16±1,18	30,33±1,63	25,17±1,34	36,67±2,05*	30,14±1,08*
Лімфоцити, Г/л	6,47±0,37	5,82±0,47	4,30±0,45*	4,00±0,10*	3,77±0,42*	2,90±0,01*
Т-лімфоцити, %	34,67±1,43	31,37±1,30	31,33±1,65	29,20±1,18	29,33±1,84*	27,40±1,20*
В-лімфоцити, %	16,33±1,70	14,60±1,70	13,67±1,03	12,10±1,0	12,50±1,14*	11,30±1,3*

Аналіз даних вказує, що радіоактивний цезій в більшій мірі, а плутоній в меншій мірі стали причиною шкідливих наслідків фонового загального стану природної резистентності та факторів імунітету великої рогатої худоби. При цьому найбільш вразливими стали лейкоцитарна система,

фагоцитарна активність нейтрофілів, бактерицидна активність сироватки крові та Т- і В-лімфоцити.

Результати досліджень вказують, що морфологічні показники крові ВРХ, яка утримувалась в зоні радіоактивного забруднення, знаходились у межах фізіологічної норми. Разом і тим, відмічалось

зниження кількості лейкоцитів, а у лейкоформулі можна побачити ріст показників юних і паличко-ядерних нейтрофілів та лімфоцитів. При цьому спостерігався спад рівня сегментоядерних нейтрофілів, моноцитів, лімфоцитів та Т- і В-лімфоцитів, а також бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові.

Таблиця 3

Біохімічні показники крові великої рогатої худоби

Показники	Радіонуклід					
	¹³⁷ Cs		²⁴⁴ Pu		¹³⁷ Cs	
	I група	I група	II група	II група	III група	III група
Гемоглобін, г/л	95,00±4,08	94,00±1,02	89,00±2,04	86,00±1,02	81,00±3,34*	79,00±1,02*
Загальний білок, г/л	69,00±1,87	68,00±0,17	65,00±2,04	63,05±1,04	62,00±2,16*	60,00±1,20*
Альбуміни, %	37,67±2,46	36,20±0,10	36,00±1,87	35,00±1,45	32,00±0,82	31,00±0,32
α-глобуліни, %	11,67±0,62	10,23±0,42	12,00±0,82	10,44±0,40	13,00±0,82	11,00±0,52
β-глобуліни, %	14,00±0,82	13,00±0,2	12,67±1,25	10,92±1,30	10,33±1,65	09,07±1,5
γ-глобуліни, %	36,67±2,62	33,29±1,30	39,33±1,84	37,70±1,00	44,67±3,47*	42,42±0,27*

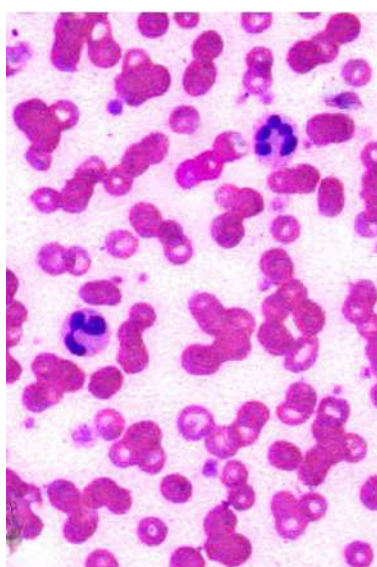
Досліджуючи вміст гемоглобіну в крові ми встановили, що його концентрація найбільшою була у тварин першої групи з населених пунктів із рівнем забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs та ²⁴⁴Pu до 40 кБк/м². Як бачимо з даних таблиці, рівень білка теж був вищим у представників першої групи. Зниження концентрації загального білка в сироватці (гіпопротеїнемія) може бути наслідком дефіциту білка в раціонах корів, аліментарній остеодистрофії, зниженні апетиту і засвоєння поживних речовин корму, що може бути викликано як хронічними хворобами, так і впливом малих доз радіонуклідів.

Аналіз мазків крові від корів різних груп показав, що найбільший відсоток виражених морфологічних відхилень в порівнянні з нормою спостерігалися в третьої групи тварин, які знаходилися в зоні з рівнем забруднення ґрунтів більше 100 кБк/м². У тварин першої групи морфологічні показники крові були в

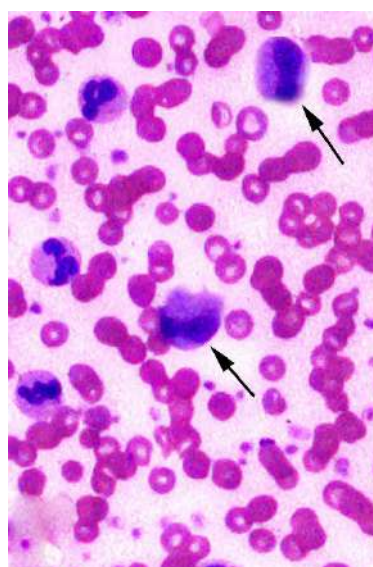
За біохімічними показниками сироватки крові (табл. 3) досліджуваних тварин слід зауважити, що різниця між першою та другою дослідними групами була не вірогідна, хоча спостерігалось зниження вмісту гемоглобіну та загального білка сироватки крові, альбумінів і β-глобулінів, при зростанні концентрації α- та γ-глобулінів.

межах норми. В окремих випадках, у корів другої групи виявляли еритроцити із зміненою формою клітини, з ядром округлої форми, часто зміщеним до периферії клітини (рис. 2, А), контури клітини були розпливчасті, а цитоплазма розмита.

Незначні морфологічні зміни виявлені у тварин третьої групи, а саме у лімфоцитах. У крові, у клітинах лейкоцитарного ряду (рис. 2, В), спостерігали виражені морфологічні відхилення у клітинному складі крові в порівнянні з нормою. У полі зору мікроскопа чітко видно лізис та гіпохроматоз ядер у паличкоядерних і сегментоядерних нейтрофілів, вакуолізацію ядер і збільшення кількості зерен хроматину у ядрах лімфоцитів, гіперсегментацію і фрагментацію ядер псевдо-еозинофілів, збільшення кількості хроматину у лімфоцитах (виділено стрілками).



А



В

Рис. 2. Кров корів II (А) та III (В) групи. Зміщення ядра еритроциту до периферії, зміна форми еритроцита.

Гіпохромат паличкоядерного псевдоеозинофіла, збільшення кількості зерен хроматину у ядрі лімфоцита.

Фарбування гематоксиліном та еозином. × 300

Висновки

З одержаних результатів випливає, що показники крові великої рогатої худоби, яка утримувалась в зоні радіоактивного забруднення, знаходились у межах фізіологічної референтної норми проте різнилися в залежності від зони радіаційного забруднення ґрунтів. Зокрема при дії у невеликих доз радіонуклідів спостерігалось зниження кількості лейкоцитів, у лейкоформулі зростала кількість юних і паличко-ядерних нейтрофілів та лімфоцитів, знижувався рівень сегментоядерних нейтрофілів і моноцитів. При зростанні концентрації α - та γ -глобулінів також відмічалось зниження вмісту гемоглобіну та загального білку сироватки крові, альбумінів і β -глобулінів, зниження бактерицидної та лізоцимної активності сироватки крові, вмісту лімфоцитів та Т- і В-лімфоцитів, що у свою чергу має вплив на природню резистентність тварин. Також, було виявлено незначні морфологічні зміни у крові тварин третьої групи, а саме у лімфоцитах – спостерігали лізис та гіпохроматоз ядер у паличкоядерних і сегментоядерних нейтрофілів, вакуолізацію ядер і збільшенням кількості зерен хроматину у ядрах лімфоцитів.

Результати досліджень мають важливе значення як для науковців, так і для фахівців у галузі ветеринарної медицини, оскільки вони допомагають розширити розуміння щодо морфоімунологічних змін у крові тварин за тривалої дії малих доз радіонуклідів.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Serkiz, Ia. I., Drozd, I. P., Lypaska, A. I., & Alesina, M. Iu. (2006). Vplyv radiatsiynoho faktora Chornobyl'skoyi zony vidchuzhennya na orhanizm tvaryn. In: Alesina, M. Iu., & Serkizla, I. (reds.). *Vplyv radiatsiynoho faktora Chornobyl'skoyi zony vidchuzhennya na orhanizm tvaryn* (pp. 8–26). Kyiv: Atika [in Ukrainian]
2. Kramarenko, Ye. (2022). Sytuatsiia u zoni vidchuzhennia, naslidky rosiiskoi okupatsii, radiatsiinyi fon. Presbryfinh holovy Derzhavnoi ahentsii zony vidchuzhennia. *Media Center Ukraine – Ukrinform*. Retrieved from: <https://www.youtube.com/watch?v=GG16TVZenSA> [in Ukrainian]
3. Gudkov, D. I., Shevtsova, N. L., Pomortseva, N. A., Dzyubenko, E. V., Kaglyan, A. E., & Nazarov, A. B. (2016). Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*, 151, 438–448. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.09.004>
4. Likhtarov, I. A., Kovgan, L. M., Tabachnyi, L. Y., Fedosenko, G. V., Minenko, V. F., Gulko, G. M., Sobolev, B. G., Kairo, I. A., & Chepurny, N. I. (1997). *Zahalnodozymetrychna pasportyzatsiia naselennykh punktiv Ukrainy, yaki zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennia pislia Chornobyl'skoi avarii. (Zbirka 6)*. Kyiv: Ministerstvo okhorony zdorov'ia Ukrainy, Ministerstvo Ukrainy z pytan nadzvychainykh situatsii ta u spravakh zakhystu naselennia vid naslidkiv Chornobyl'skoi katastrofy, NTsRM AMN Ukrainy [in Ukrainian]

5. Annual Reports. (2022). *State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine*. Retrieved from: <https://snriu.gov.ua/en/annual-and-national-reports/annual-reports> [in Ukrainian]
6. Likhtarov, I., Kovgan, L., Masiuk, S., Ivanova, O., Chepurny, M., Boyko, Z., & Gerasymenko, V. (2015). Basic principles and practices of integrated dosimetric passportization of the settlements in Ukraine. *Problems of Radiation Medicine and Radiobiology*, 20, 75–103. <https://doi.org/10.33145/2304-8336-2015-20-75-103>
7. Bazyka, D. A. (eds.). (2016). *Trydtsiat rokiv Chornobyl'skoi katastrofy: radiolohichni ta medychni naslidky: Natsionalna dopovid Ukrainy*. Kyiv [in Ukrainian]
8. Chechet, O., Shulyak, S., Kobish, A., Malimon, Z., & Omelchun, Y. (2023). Monitoring of contaminants chemical and biological origin in feed for productive and non-productive animals in 2021 in Ukraine. *One Health Journal*, 1 (II), 17–25. <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2023-II-03>
9. Malimon, Z., Kochetova, H., Gusak, L., & Shuliak, S. (2023). Radiation situation in the contaminated territories of Ukraine in the post-Chernobyl period from 2013 to 2022. *One Health Journal*, 1 (IV), 70–76. <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2023-IV-07>
10. Rechel, E. A., & Campbell, W. F. (1978) The effects of radiation from uranium mill tailings on Tradescantia. *Great Basin Naturalist*, 38 (4). Retrieved from: <https://scholarsarchive.byu.edu/gbn/vol38/iss4/10>
11. Tucker, C. B., Rogers, A. R., & Schütz, K. E. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*, 109 (2–4), 141–154. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.015>
12. (2024). Radiation Safety in the Use of Radiation Sources in Research and Education. *IAEA Safety Standards Series*. <https://doi.org/10.61092/iaea.0f4a-dm2n>
13. Deniset, J. F., & Kubes, P. (2016). Recent advances in understanding neutrophils. *F1000Research*, 5, 2912. <https://doi.org/10.12688/f1000research.9691.1>
14. Huang, J. M., Wang, X. G., Jiang, Q., Sun, Y., Yang, C. H., Ju, Z. H., Hao, H. S., Wang, C. F., Zhong, J. F., & Zhu, H. B. (2016). Identification of CD14 transcript in blood polymorphonuclear neutrophil leukocytes and functional variation in Holsteins. *Genetics and Molecular Research*, 15 (2). <https://doi.org/10.4238/gmr.15027932>
15. Huang, J. M., Wang, X. G., Jiang, Q., Sun, Y., Yang, C. H., Ju, Z. H., Hao, H. S., Wang, C. F., Zhong, J. F., Zhu, H. B. (2016). Identification of CD14 transcript in blood polymorphonuclear neutrophil leukocytes and functional variation in Holsteins. *Genetics and Molecular Research*, 15 (2). <https://doi.org/10.4238/gmr.15027932>
16. (2014). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. *International Atomic Energy Agency*. <https://doi.org/10.61092/iaea.u2pu-60vm>
17. Slavov, V., & Plotko, T. (2017). Natural resistance and breeding capacity of cows under low doses of radiation. *Visnyk Aghromoi Nauky*, 95 (4), 28–33. <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201704-05>
18. Romanchuk, L., Lopatiuk, O., Kovalchuk, Y., & Kovalyova, S. (2019). Evaluation of the content of ¹³⁷CS radionuclide in food products of forest origin of residents of radioactively contaminated territories in the long-term period after the Chernobyl Accident. *Scientific Horizons*, 84 (11), 108–112. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-84-11-108-112>
19. Romanchuk, L. D. (2015). *Radioekolohichna otsinka formuvannia dozovoho navantazhennia u meshkantsiv sil'skykh terytorii Polissia Ukrainy*. Zhytomir: ZhNAEU [in Ukrainian]
20. Lishchuk, S. (2022) Influence of ²³²Th and ⁹⁰Sr radionuclides on the state of natural animals resistance in radioactively contaminated territories of Ukraine. *Zeszyty Naukowe*, 87, 37–46.

ORCID

- S. Lishchuk  <https://orcid.org/0000-0002-6294-5259>
L. Savchuk  <https://orcid.org/0000-0002-6042-8362>



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

Diagnostic effectiveness of coproovoscopy methods for chicken eimeriosis

V. Hodyna ✉

Article info

Correspondence Author

V. Hodyna

E-mail:

viktor.hodyna@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovorody St., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine

Citation: Hodyna, V. (2024). Diagnostic effectiveness of coproovoscopy methods for chicken eimeriosis. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 84–89. doi: 10.31210/spi2024.27.02.14

Poultry farming is an important branch of animal husbandry, which makes it possible to obtain a large amount of valuable food products: eggs and meat in a short period of time. In the conditions of poultry farming, especially important importance is attached to the maintenance of veterinary well-being, including from parasitic diseases that negatively affect the health and productivity of poultry. One of the common and dangerous pathogens of invasions is the simplest organisms of the genus *Eimeria*. A significant number of traditional methods of coproovoscopy, which have different diagnostic effectiveness, have been proposed to detect eimeries. The aim of the research was to establish the effectiveness of modern coproovoscopic flotation methods in the diagnosis of eimeriosis in chickens. In the conditions of the Laboratory of Parasitology of the Poltava State Agrarian University, a comparison was made of the methods of Fiulleborn (using sodium chloride), Kotelnikov-Khrenov (using ammonium nitrate), Mallory (using sugar), Melnychuk (using urea), Natiahla (using sugar and sodium chloride). The conducted studies established that the Natiahla's method was the most effective for eimeriosis in chickens with exposure of copro samples for 15 minutes, where the number of positive samples reached 100 %, and the average intensity of invasion was 419.54 oocyst in 1 g of feces. A lower diagnostic efficiency was established when using the Kotelnikov-Khrenov's, Mallory's, Melnychuk's, and Fiulleborn's methods, where, depending on exposure (5–15 min), 60–88.57 %, 42.86–85.71 %, 60–82.86 % were found, respectively and 45.71–80 % of positive samples. The average indicators of the intensity of eimeria invasion were also lower by 9.26–78.10 % and amounted to 313.55 oocyst/g using the method of Kotelnikov-Khrenov, Mallory – 208.67 oocyst/g, Melnychuk – 380.69 oocyst/g and Fiulleborn – 235.57 oocyst/g. The obtained results will make it possible to recommend the most effective coproovoscopic method of flotation using a combined solution of sugar and sodium chloride for the diagnosis of eimeriosis in chickens with the aim of increasing the accuracy of detecting the pathogens of invasion.

Keywords: parasitology, eimeriosis, chickens, flotation methods, coproovoscopy, efficiency.

Діагностична ефективність методів копроовоскопії за еймеріозу курей

В. П. Година

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Птахівництво є важливою галуззю тваринництва, що дає можливість за короткий термін отримати велику кількість цінних продуктів харчування: яєць та м'яса. В умовах ведення птахівництва особливо важливе значення надається підтриманню ветеринарного благополуччя, у тому числі й з паразитарних хвороб, які негативно впливають на здоров'я та продуктивність птиці. Одним з поширених та небезпечних збудників інвазій є найпростіші організми роду *Eimeria*. Для виявлення еймерій запропоновано значну кількість захиттєвих методів копроовоскопії, що мають різну діагностичну ефективність. Метою досліджень було встановити ефективність сучасних копроовоскопічних методів флоатації при діагностиці еймеріозу курей. В умовах лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету проводили порівняння методів Фюллеборна (з використанням натрію хлориду), Котельникова-Хренова (з використанням аміачної селітри), Маллорі (з використанням цукру), Мельничука (з використанням карбаміду), Натяглої (з використанням цукру та натрію хлориду). Проведеними дослідженнями встановлено, що за еймеріозу курей найбільш ефективним виявився метод Натяглої за експозиції копропроб 15 хв, де кількість позитивних проб сягала 100 %, а середня інтенсивність інвазії – 419,54 ооцист у 1 г посліду. Меншу діагностичну ефективність встановлено при застосуванні методів Котельникова-Хренова, Маллорі, Мельничука та Фюллеборна, де залежно від експозиції (5–15 хв) виявлено відповідно 60–88,57 %, 42,86–85,71 %, 60–82,86 % та 45,71–80% позитивних проб. Середні показники інтенсивності еймеріозної інвазії також були нижчими на 9,26–78,10 % і становили за використання методу Котельникова-Хренова – 313,55 ооцист/г, Маллорі – 208,67 ооцист/г, Мельничука – 380,69 ооцист/г та Фюллеборна – 235,57 ооцист/г. Отримані результати дозволять рекомендувати найбільш ефективний копроовоскопічний метод флоатації з використанням комбінованого розчину цукру та натрію хлориду для діагностики еймеріозу курей з метою підвищення точності виявлення збудників інвазії.

Ключові слова: паразитологія, еймеріоз, кури, методи флоатації, копроовоскопія, ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Година В. П. Діагностична ефективність методів копроовоскопії за еймеріозу курей. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 84–89.

Вступ

Птахівництво є важливою галуззю тваринництва, що дає можливість за короткий термін отримати велику кількість цінних продуктів харчування: яєць та м'яса. Швидкостиглість свійської птиці обумовлена її здатністю швидко зростати і розвиватися, а також підвищеною життєстійкістю окремих гібридів. Поряд із ранньою продуктивною та статевою зрілістю кури відрізняються високими відтворювальними якостями, інтенсивним зростанням, високою продуктивністю, життєздатністю, а також порівняно невеликими витратами кормів на одиницю продукції. Індустріалізація та технічне переозброєння сільського господарства створили необхідні умови для здійснення програми інтенсифікації виробництва яєць та м'яса птиці на промисловій основі. У зв'язку з цим в умовах інтенсивного виробництва особливо важливе значення надається підтриманню здоров'я та продуктивності птиці [1–3].

В умовах ведення птахівництва особливо важливе значення надається підтриманню ветеринарного благополуччя, у тому числі й з паразитарних хвороб, які негативно впливають на здоров'я та продуктивність птиці. Одним з поширених та небезпечних збудників інвазій є найпростіші організми роду *Eimeria* [4–9].

Діагноз на еймеріоз встановлюють комплексно з урахуванням епізоотологічних і клінічних даних, патологоанатомічних змін та результатів лабораторних досліджень. Зажиттєва діагностика еймеріозів тварин здійснюється із застосуванням цілого ряду лабораторних копроскопічних методів, заснованих на принципах флотації, де виявлення ооцист еймерій є підставою встановити діагноз на дану інвазію [10–13].

Запропоновано значну кількість зажиттєвих методів копроовоскопії, що мають різну діагностичну ефективність. Зокрема, науковці в означили, що для виявлення ооцист кокцидій найбільш ефективним виявилось застосування комбінації розчинів формаліну та хлориду натрію [14]. Інші науковці провели порівняння чутливості двох методів флотації, а саме: модифікованого методу Віллеса з центрифугуванням і модифікованої флотаційної техніки McMaster за еймеріозу в бізонів. Причому, чутливість методу Віллеса виявилася вищою – 84,3 %, ніж методу McMaster – 71,1 % [15]. У дослідженнях, проведених авторами, встановлено високу ефективність методу Mini-FLOTAC при діагностиці еймеріозу птахів, яка виявилася в 3,2 рази вищою ($p < 0,01$), ніж результати отримані при звичайній флотації [16].

Отже, для виявлення ооцист найпростіших організмів у фекаліях тварин запропоновано значну кількість різних методик, які різняться технікою виконання, значеннями питомої ваги флотаційного розчину, тривалістю експозиції тощо, що значно впливає на діагностичну ефективність.

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити ефективність сучасних копроовоскопічних методів флотації при діагностиці еймеріозу курей.

Матеріали і методи

Дослідження виконували упродовж 2023–2024 рр. в умовах одноосібних селянських господарств Полтавського району та лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету.

При порівнянні методів копроовоскопії посліду, відібраного від курей інвазованих збудником еймеріозу, використовували наступні методи:

- Фюллеборна (із застосуванням розчину натрію хлориду);
- Котельникова-Хренова (із застосуванням розчину аміачної селітри);
- Маллорі (із застосуванням розчину цукру);
- Мельничука (із застосуванням розчину карбаміду);
- Натяглої (із застосуванням розчинів цукру та натрію хлориду) [17–19].

Кожним флотаційним розчином було досліджено 35 зразків посліду. Відстоювання зразків у кожному з флотаційних розчинів проводили впродовж 5 хв, 10 хв, 15 хв. Враховували відсоток позитивних проб та показники інтенсивності інвазії (П, ооцист/г).

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 найбільш чутливим методом виявився спосіб Натяглої, де залежно від експозиції було виявлено позитивних проб: за 5 хв – 88,57 %, за 10 хв – 94,29 %, за 15 хв – 100 % (рис. 1).

Інші методи виявилися менш чутливими при діагностиці еймеріозу курей. Зокрема, за методом Мельничука залежно від експозиції відсоток виявлених позитивних проб коливався в межах від 60 до 82,86 %, за методом Маллорі – від 42,86 до 85,71 %, за методом Котельникова-Хренова – від 60 до 88,57 %, за методом Фюллеборна – від 45,71 до 80 %.

Найвищі показники інтенсивності еймеріозної інвазії було встановлено при застосуванні методу Натяглої, де за експозиції 5 хв було виявлено $296,90 \pm 38,32$ ооцист/г, що було вищим, ніж при застосуванні методів Мельничука – у 1,3 рази ($231,43 \pm 53,15$ ооцист/г, $p < 0,001$), Маллорі – у 4,3 рази ($69,07 \pm 28,98$ ооцист/г, $p < 0,001$), Котельникова-Хренова – у 1,4 рази ($214,48 \pm 92,65$ ооцист/г, $p < 0,001$), Фюллеборна – у 2,6 рази ($114,50 \pm 66,10$ ооцист/г, $p < 0,001$) (рис. 2).

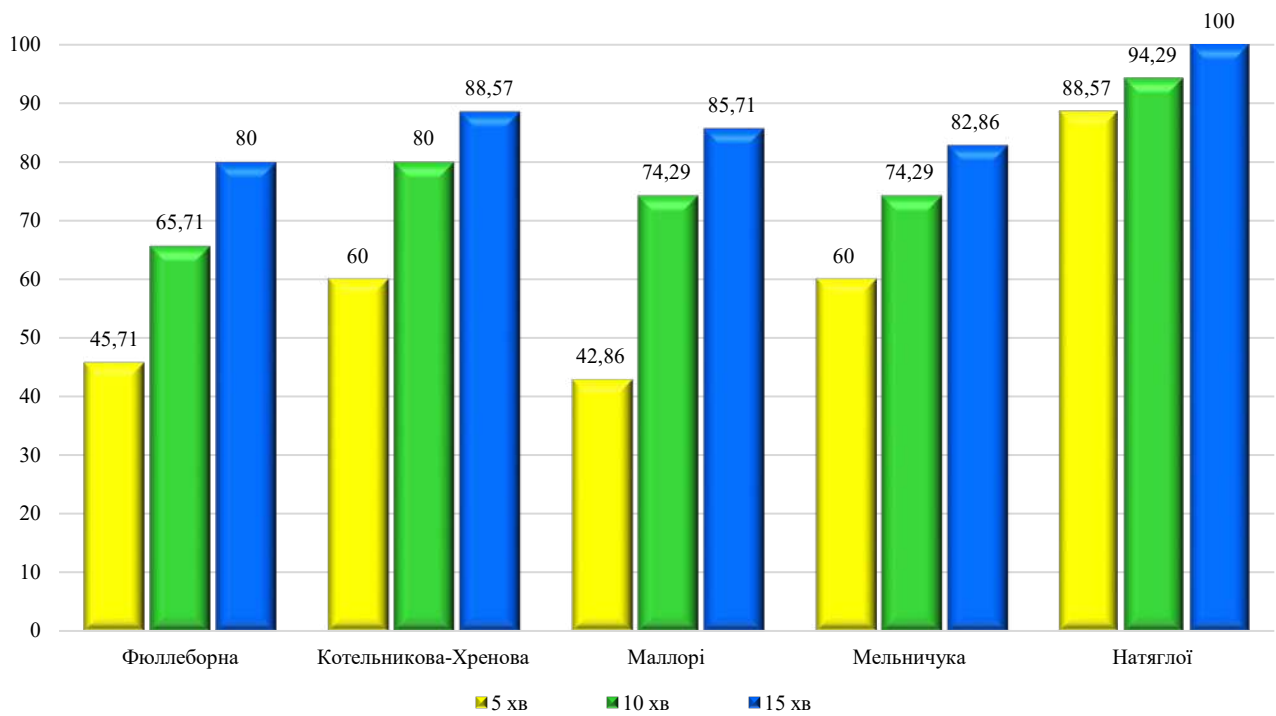


Рис. 1. Чутливість методів копрооскопії за еймеріозу курей, % (n=35)

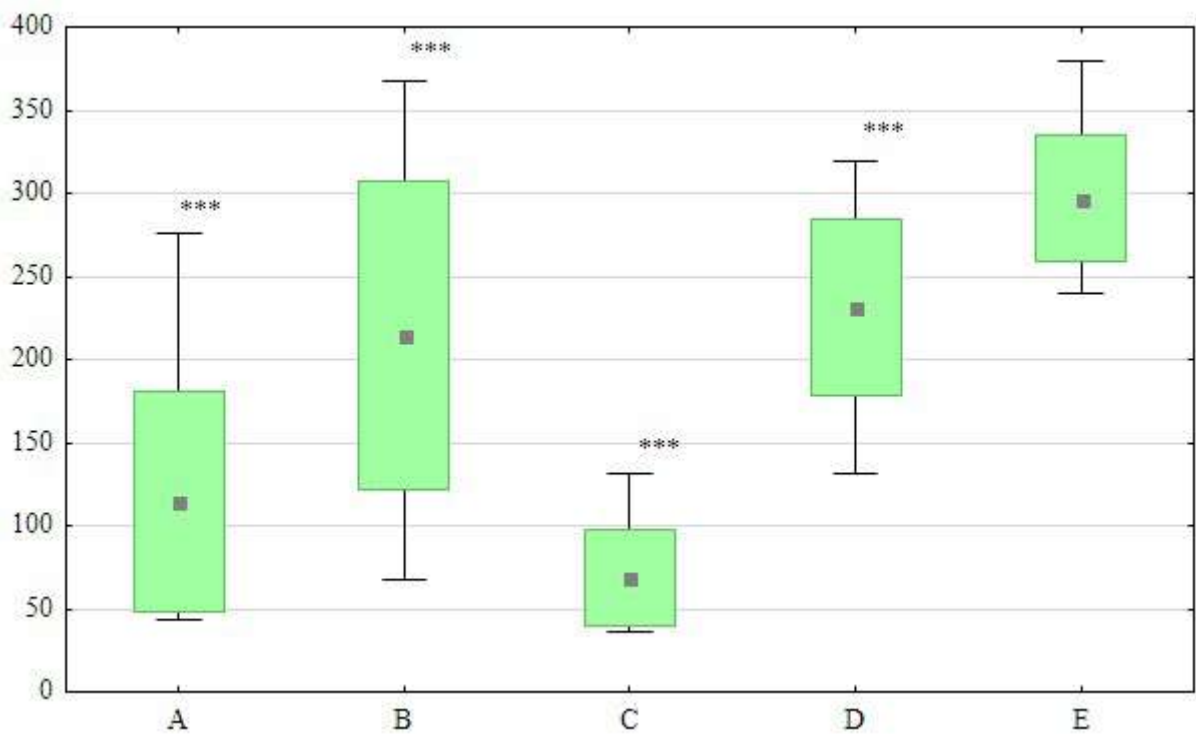


Рис. 2. Показники інтенсивності еймеріозної інвазії за експозиції копропроб 5 хв, отримані при застосуванні методів копрооскопії:

A – Фюллеборна, B – Котельникова-Хренова, C – Маллорі, D – Мельничука, E – Натяглої (M±SD, n=35); p<0,001 – відносно методу Натяглої

За експозиції копропроб 10 хв найбільш ефективним, також, виявився метод Натяглої, де показник інтенсивності еймеріозної інвазії становив 355,76±30,35 ооцист/г, що було вищим, ніж при застосуванні методів Мельничука – у 1,3 раза (283,08±42,97 ооцист/г, p<0,001), Маллорі –

у 2,2 раза (162,77±50,63 ооцист/г, p<0,001), Котельникова-Хренова – у 1,6 раза (221,14±104,14 ооцист/г, p<0,001), Фюллеборна – у 1,8 раза (201,57±119,18 ооцист/г, p<0,001) (рис. 3).

За експозиції копропроб 15 хв найвищі значення інтенсивності еймеріозної інвазії

отримано при застосуванні методу Натяглої (419,54±61,59 ооцист/г), що було вищим, ніж при застосуванні методів Мельничука – у 1,1 раза (380,69±63,27 ооцист/г, $p < 0,05$), Маллорі – у 2,0 раза

(208,67±64,98 ооцист/г, $p < 0,001$), Котельникова-Хренова – у 1,3 раза (313,55±78,40 ооцист/г, $p < 0,001$), Фюллеборна – у 1,8 раза (235,57±85,85 ооцист/г) (рис. 4).

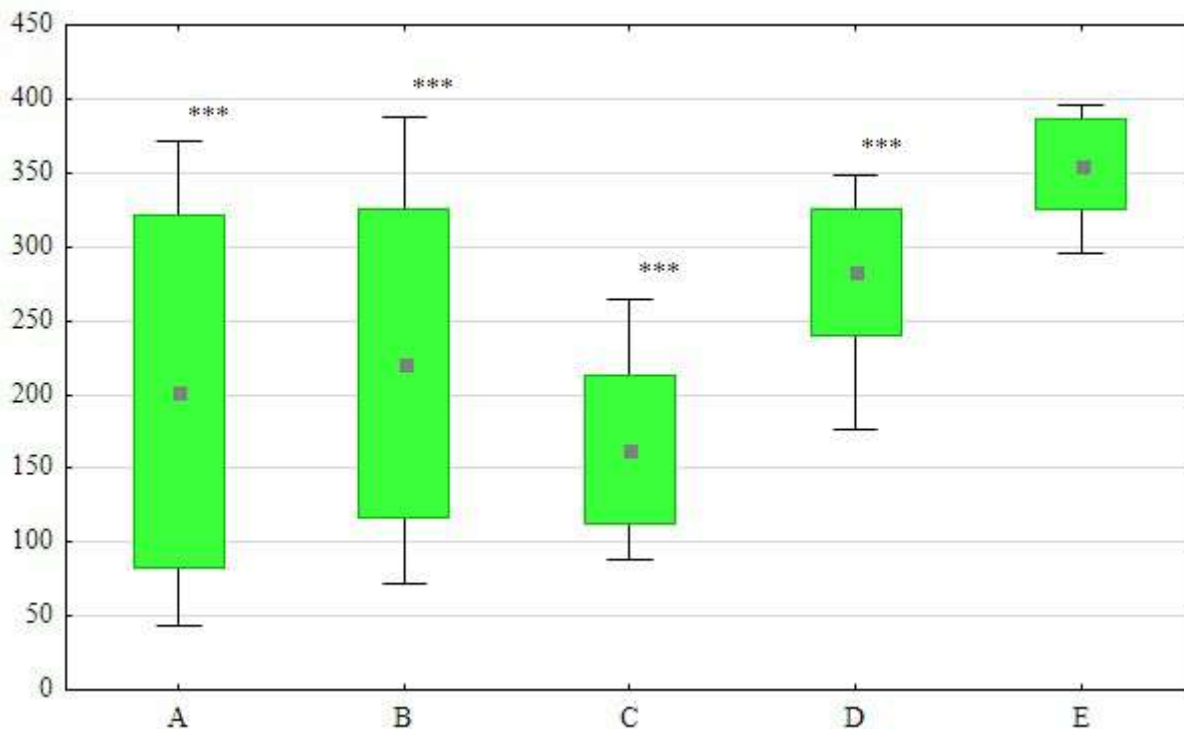


Рис. 3. Показники інтенсивності еймеріозної інвазії за експозиції копропроб 10 хв, отримані при застосуванні методів копроовоскопії:
A – Фюллеборна, B – Котельникова-Хренова, C – Маллорі, D – Мельничука, E – Натяглої (M±SD, n=35);
 $p < 0,001$ – відносно методу Натяглої

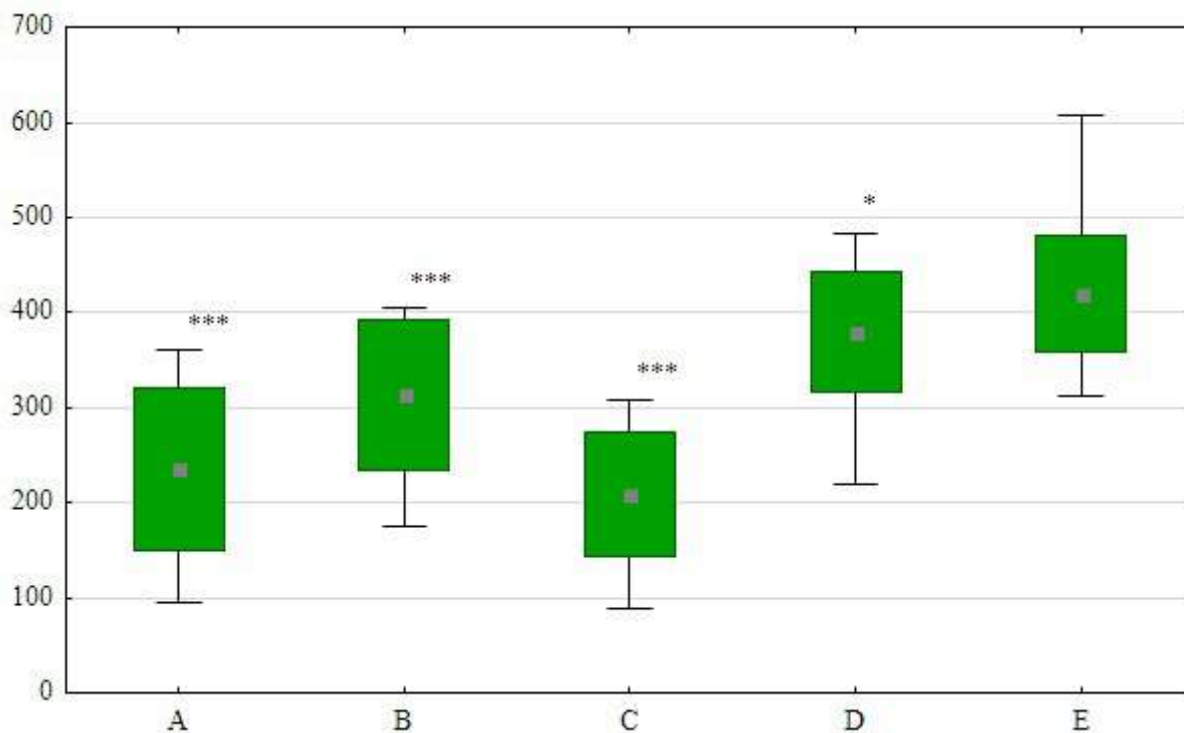


Рис. 4. Показники інтенсивності еймеріозної інвазії за експозиції копропроб 15 хв, отримані при застосуванні методів копроовоскопії:
A – Фюллеборна, B – Котельникова-Хренова, C – Маллорі, D – Мельничука, E – Натяглої (M±SD, n=35);
 $p < 0,05$, $p < 0,001$ – відносно методу Натяглої

Наукова література свідчить про значне поширення еймеріозу серед курей у більшості країн світу, де одним із факторів, який впливає на ефективність підтримання ветеринарного благополуччя щодо даної інвазії є точне та своєчасне діагностування захворювання [4, 5, 10, 11, 20, 21]. Тому, нами були проведені випробування сучасних флотаційних методів копрооскопії за еймеріозу курей.

Проведеними дослідженнями встановлено, що за еймеріозу курей найбільш ефективним виявився метод Натяглої за експозиції копропроб 15 хв, де кількість позитивних проб сягала 100 %, а середня інтенсивність інвазії – 419,54 ооцист у 1 г посліду. Меншу діагностичну ефективність встановлено при застосуванні методів Котельникова-Хренова, Маллорі, Мельничука та Фюллеборна, де залежно від експозиції (5–15 хв) виявлено відповідно 60–88,57 %, 42,86–85,71 %, 60–82,86 % та 45,71–80% позитивних проб. Середні показники інтенсивності еймеріозної інвазії, також, були нижчими ($p < 0,05 \dots p < 0,001$) на 9,26–78,10 % і становили за використання методу Котельникова-Хренова – 313,55 ооцист/г, Маллорі – 208,67 ооцист/г, Мельничука – 380,69 ооцист/г та Фюллеборна – 235,57 ооцист/г.

Високу діагностичну ефективність вищезазначеного методу підтверджено результатами досліджень авторів при діагностиці капіляріозу курей, де метод Натяглої перевищував ефективність методів Фюллеборна (на 21,5–47,4 %, $p < 0,001$), Котельникова-Хренова (на 14,7–15,5 %, $p < 0,05 - p < 0,001$), Маллорі (на 5,4–9,9 %, $p < 0,05$) та Мельничука (на 3,0–6,3 %, $p < 0,01$) [18, 22].

Отримані результати дозволять рекомендувати найбільш ефективний копрооскопічний метод флотації з використанням комбінованого розчину цукру та натрію хлориду для діагностики еймеріозу курей з метою підвищення точності виявлення збудників інвазії.

Висновки

Встановлено, що найбільш чутливим діагностичним методом копрооскопії за еймеріозу курей виявився спосіб Натяглої з використанням в якості флотаційної рідини розчинів цукру та натрію хлориду, де відсоток позитивних проб за експозиції копропроб 15 хв сягав 100 %. При використанні методу Натяглої показники інтенсивності еймеріозної інвазії були вищими, ніж при застосуванні загально-відомих способів флотації Мельничука – у 1,1–1,3 раза ($p < 0,05 \dots p < 0,001$), Маллорі – у 2,0–4,3 раза ($p < 0,001$), Котельникова-Хренова – у 1,3–1,6 раза ($p < 0,001$), Фюллеборна – у 1,8–2,6 раза ($p < 0,001$).

Конфлікт інтересів

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

References

1. Scanes, C. G. (2007). The global importance of poultry. *Poultry Science*, 86 (6), 1057–1058. <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1057>

2. Li, N., Ren, Z., Li, D., & Zeng, L. (2020). Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: towards the goal of precision livestock farming. *Animal*, 14 (3), 617–625. <https://doi.org/10.1017/s1751731119002155>

3. Kpomasse, C. C., Oke, O. E., Houndonoubo, F. M., & Tona, K. (2021). Broiler production challenges in the tropics: A review. *Veterinary Medicine and Science*, 7 (3), 831–842.. <https://doi.org/10.1002/vms3.435>

4. Jaramillo-Ortiz, J. M., Burrell, C., Adeyemi, O., Werling, D., & Blake, D. P. (2023). First detection and characterisation of *Eimeria zaria* in European chickens. *Veterinary Parasitology*, 324, 110068. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.110068>

5. Badri, M., Olfatifar, M., Hayati, A., Bijani, B., Samimi, R., Abdoli, A., Nowak, O., Diaz, D., & Eslahi, A. V. (2024). The global prevalence and associated risk factors of *Eimeria* infection in domestic chickens: A systematic review and meta-analysis. *Veterinary Medicine and Science*, 10(4), e1469. <https://doi.org/10.1002/vms3.1469>

6. Zhou, X., Wang, L., Wang, Z., Zhu, P., Chen, Y., Yu, C., Chen, S., & Xie, Y. (2023). Impacts of *Eimeria* coinfection on growth performance, intestinal health and immune responses of broiler chickens. *Veterinary Parasitology*, 322, 110019. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2023.110019>

7. Luu, L., Bettridge, J., Christley, R. M., Melese, K., Blake, D., Dessie, T., Wigley, P., Desta, T. T., Hanotte, O., Kaiser, P., Terfa, Z. G., Collins, M., & Lynch, S. E. (2013). Prevalence and molecular characterisation of *Eimeria* species in Ethiopian village chickens. *BMC Veterinary Research*, 9, 208. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-208>

8. McKenzie, M. E., Johnson, J., & Long, P. L. (1985). Lethality of intestinal tissue extracts from *Eimeria*-infected chickens. *Parasitology*, 90 (3), 565–572. <https://doi.org/10.1017/s0031182000055554>

9. Chapman H. D. (2014). Milestones in avian coccidiosis research: a review. *Poultry Science*, 93 (3), 501–511. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03634>

10. Maria Pyziel-Serafin, A., Raboszuk, A., Klich, D., Orłowska, B., Sierociuk, D., & Anusz, K. (2022). Two centrifugal flotation techniques for counting gastrointestinal parasite eggs and oocysts in alpaca faeces. *Journal of Veterinary Research*, 66 (3), 389–393. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2022-0039>

11. Dryden, M. W., Payne, P. A., Ridley, R., & Smith, V. (2005). Comparison of common fecal flotation techniques for the recovery of parasite eggs and oocysts. *Veterinary Therapeutics : Research in Applied Veterinary Medicine*, 6 (1), 15–28.

12. Cringoli G. (2004). Coprological diagnosis: what's new?. *Parassitologia*, 46 (1-2), 137–139.

13. Cociancic, P., Rinaldi, L., Zonta, M. L., & Navone, G. T. (2018). Formalin-ethyl acetate concentration, FLOTAC Pellet and anal swab techniques for the diagnosis of intestinal parasites. *Parasitology Research*, 117 (11), 3567–3573. <https://doi.org/10.1007/s00436-018-6054-9>

14. Hu, X. L., Liu, G., Wang, W. X., Zhou, R., Liu, S. Q., Li, L. H., & Hu, D. F. (2016). Methods of preservation and flotation for the detection of nematode eggs and coccidian oocysts in faeces of the forest musk deer. *Journal of Helminthology*, 90 (6), 680–684. <https://doi.org/10.1017/S0022149X15000942>

15. Gałazka, M., Klich, D., Anusz, K., & Pyziel-Serafin, A. M. (2022). Veterinary monitoring of gastrointestinal parasites in European bison, *Bison bonasus* designated for translocation: Comparison of two coprological methods. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 17, 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2022.01.008>

16. Coker, S. M., Pomroy, W. E., Howe, L., McInnes, K., Vallee, E., & Morgan, K. J. (2020). Comparing the Mini-FLOTAC and centrifugal faecal flotation for the detection of coccidia (*Eimeria* spp.) in kiwi (*Apteryx mantelli*). *Parasitology research*, 119 (12), 4287–4290. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06912-z>

17. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow

18. Natiahla, I. V., Yevstafieva, V. O., & Melnychuk, V. V. (2016). Patent № 111568 UA. *Sposib zazhyttievoi koproovoskopichnoi diahnozyky kapiliariozu kurei*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/634054/> [in Ukrainian]

19. Halat, V. F., Melnychuk, V. V., Yevstafieva, V. O., & Pruhlo, V. O. (2015). Patent № 100202 UA. *Ukraina. Copro-ovoscopic method for porcine trichuriasis diagnostics*. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/879841/>

20. Tompkins, Y. H., Choi, J., Teng, P. Y., Yamada, M., Sugiyama, T., & Kim, W. K. (2023). Reduced bone formation and increased bone resorption drive bone loss in *Eimeria* infected broilers. *Scientific Reports*, 13 (1), 616. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27585-5>
21. Akanbi, O. B., Ola-Fadunsin, S. D., Odita, C. I., Furo, N. A., Yahaya, S., & Kemza, R. (2022). *Eimeria* infections among commercial laying chickens in Nigeria: the prevalence and clinico-histopathological changes. *Journal of Parasitic Diseases*, 46 (3), 860–868. <https://doi.org/10.1007/s12639-022-01509-y>
22. Yevstafieva, V. O., Natiahla, I. V., & Melnychuk, V. V. (2016). Porivnialna efektyvnist zazhytievkykh sposobiv koproovoskopichnoi diahnozy kapilariozu kurei. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu. Seriya: Veterynarna Medytsyna*, 11 (39), 150–154. [in Ukrainian]

ORCID

V. Hodyna  <https://orcid.org/0009-0004-9280-992X>



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

Forensic veterinary examination of dog and cat corpses in cases of strangulation by hands

B. Borysevich¹ | O. Kruchynenko² | O. Peredera²

Article info

Correspondence Author

Kruchynenko O.

E-mail:

oleg.kruchynenko@pdaa.edu.ua

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony St., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

²Poltava State Agrarian University, Skovorody St., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Borysevich, B., Kruchynenko, O., & Peredera, O. (2024). Forensic veterinary examination of dog and cat corpses in cases of strangulation by hands. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 90–94. doi: 10.31210/spi2024.27.02.15

The article provides theoretical information on the death of animals, in particular, dogs and cats, as a result of strangulation by human hands, an overview of the causes and circumstances under which such events occur. The problems of forensic veterinary examination of the corpses of dogs and cats that died as a result of strangulation by hands are considered. In forensic veterinary practice, such cases are quite rare, but they do occur. Strangulation with hands is carried out by the perpetrator's hands covering the victim's neck and squeezing it in a concentric direction until the victim stops breathing. Asphyxiation due to strangulation by hands is a subtype of mechanical asphyxiation due to compression of the neck from the outside, i.e. strangulation asphyxiation. Most often, such cases occur with dogs and cats and are a manifestation of animal cruelty, in particular in the context of domestic violence, when animals kept in human homes become the object of human aggression. Such acts constitute an offense for which the perpetrators are subject to criminal liability under Ukrainian law. In this paper, in addition to theoretical issues, 2 cases of forensic examinations of the corpses of pets that were strangled by hands are considered. The forensic veterinary examinations in the cases under consideration were performed at the NUBiP of Ukraine, Kyiv. In one of the cases, the victim was a cat, and in the other, a dog. The forensic veterinary examination was carried out by performing a forensic autopsy with subsequent description, photographing the findings and drawing up a forensic expert's conclusions based on the results. It was established that according to the results of pathological and anatomical examination, hemorrhages in the neck were observed in 2 animals (100 % of the total number of examined corpses), hemorrhages in the lungs in 2 animals (100 %), damage to the larynx and bleeding into the airways in 1 animal (50 %); conjunctival hemorrhages in 1 animal (50 %), injuries not directly related to strangulation in 1 animal (50 %). It should be emphasized that in both cases, no exsanguinations due to compression of the neck tissue by the hands of the perpetrators were found. This can be explained by the fact that in both cases the corpses were delivered approximately on the third day after death and the tissues were impregnated with cadaveric transudate. The article shows what signs and circumstances a forensic veterinary expert should pay attention to when examining animal corpses, in particular, dogs and cats that died as a result of strangulation by hands.

Keywords: forensic veterinary examination, dogs, cats, strangulation by hands, mechanical asphyxia.

Судово-ветеринарне дослідження трупів собак та котів у випадках задушення руками

Б. В. Борисевич¹ | О. В. Кручиненко² | О. О. Передера²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Наведено теоретичні відомості щодо загибелі тварин, зокрема, собак та котів, внаслідок задушення руками людини, огляд причин та обставин, за яких трапляються подібні події. Розглянуто проблеми судово-ветеринарної експертизи трупів собак та котів, що померли внаслідок задушення руками. У судово-ветеринарній практиці досить рідко, але трапляються подібні випадки. Задушення руками здійснюється шляхом охоплення кистями рук особи, що скоює злочин, ший жертви і стискання її в концентричному напрямку, доки жертва не припинить дихати. Асфіксія внаслідок задушення руками є підвидом механічної асфіксії внаслідок стискання ший ззовні, тобто странгуляційної асфіксії. Найчастіше такі випадки трапляються з собаками та котами і є проявом жорстокого поводження із тваринами, зокрема, в контексті домашнього насильства, коли об'єктом агресії людини стають тварини, які утримуються в людських помешканнях. Такі винки є правопорушенням, за скоєння якого особи, які це здійснили, підлягають кримінальній відповідальності згідно законодавства України. В даній праці, окрім теоретичних питань, розглянуто 2 випадки судових експертиз трупів домашніх тварин, яких задушили руками. Судово-ветеринарні експертизи за розглянутими випадками виконувались в НУБіП України, м. Київ. В одному з випадків жертвою є кішка, в другому – собака. Судово-ветеринарне експертне дослідження проводили шляхом виконання судово-ветеринарного розтину із послідовним описом, фотографуванням знахідок та складанням за отриманими результатами висновків судового експерта. Встановлено, що за результатами патолого-анатомічного дослідження крововиливи в ділянці ший спостерігали в 2 тварин (100 % від загальної кількості досліджених трупів), крововиливи в легенях в 2 тварин (100 %), пошкодження гортані та кровотечу в дихальні шляхи в 1 тварини (50 %); кон'юнктивальні крововиливи в 1 тварини (50 %), травми, напряму не пов'язані із задушенням в 1 тварини (50 %). Акцентовано, знекровлених поглиблень внаслідок компресії тканин ділянки ший руками осіб, що скоювали злочин, в обох випадках виявлено не було. Це можна пояснити тим, що трупи в обох випадках були доставлені приблизно на третю добу після смерті і відбулося просочування тканин трупним трансудатом. Показано, на які саме ознаки та обставини повинен звернути увагу судово-ветеринарний експерт у разі виконання дослідження трупів тварин, зокрема, собак та котів, що загинули внаслідок задушення руками.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, собаки, коти, задушення руками, механічна асфіксія.

Бібліографічний опис для цитування: Борисевич Б. В., Кручиненко О. В., Передера О. О. Судово-ветеринарне дослідження трупів собак та котів у випадках задушення руками. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 90–94.

Вступ

Механічна асфіксія розвивається за закриття просвіту дихальних шляхів в тварини певними предметами чи середовищем, або у випадках критичного звуження дихальних шляхів внаслідок стискання їх ззовні [1]. У випадках загибелі тварин із ознаками механічної асфіксії часто виникають проблеми юридичного характеру, які пов'язані із виявленням та розшуком осіб, вчинки яких спричинили загибель тварин, й встановленням їх відповідальності згідно відповідних статей Кримінального кодексу України [2] та визначень Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» [3]. Найчастіше в подібних випадках жертвами стають коти та собаки, оскільки вони часто проживають разом з людьми в людському житлі. При цьому є ризик наразитися на неадекватну поведінку людей [4].

Механічна асфіксія розвивається внаслідок виникнення респіраторної гіпоксії причиною якої є механічне перешкодження надходженню в органи дихання з повітрям необхідної кількості кисню [5]. Вплив механічних чинників призводить до стискання ззовні дихальних шляхів, часткове або повне закриття їх просвіту, перекриття носових або ротового отворів [6–8].

Існує кілька видів механічної асфіксії. Це странгуляційна, компресійна, обтураційна асфіксія, традиційно до них відносять також асфіксію в обмеженому замкненому просторі. Основним методом дослідження трупів тварин, що загинули внаслідок механічної асфіксії є патолого-анатомічний розтин, діагностичний або судово-ветеринарний (залежно від наявності факту призначення судово-ветеринарної експертизи) [1].

В даній праці авторами розглядається асфіксія внаслідок задушення тварин руками, що є різновидом странгуляційної асфіксії, яка, в свою чергу, є підвидом асфіксії механічної. Причинами странгуляційної асфіксії є дії або обставини, що призводять до ситуації, за якої шия тварини стискається ззовні. Основними такими ситуаціями можуть бути задушення на прив'язі, повішання, задушення руками, защемлення ший між певними предметами тощо [1, 9].

Задушення руками є досить рідкісним видом странгуляційної асфіксії, як в людей, так і в тварин. Полягає ця дія у охопленні кистями рук злочинця ший жертви і стисканні її в концентричному напрямку, доки жертва не припинить дихати. Злочинець при цьому повинен володіти неабиякою фізичною силою, особливо у випадках вбивства тварин, в яких м'язи ший розвинені значно потужніше, ніж в людей. Вбивство таким способом як людей, так і тварин може виникати на побутовому ґрунті. Особи, які здійснюють подібний злочин, часто знаходяться в стані афекту, алкогольного чи наркотичного сп'яніння, хворі на психічні захворювання (наприклад, біполярний розлад) тощо.

Странгуляційна асфіксія характеризується, перш за все, такою специфічною ознакою, як странгуляційна борозна [9]. Це компресійне заглиблення в тканинах в ділянці ший, в місцях, на які безпосередньо діяв стискаючий її предмет. Її конфігурація повторює

форму цього предмету. Ця ділянка має бути знекровлена, тканини, які прилягають до неї, набряклі, гіперемійовані. Глибина странгуляційної борозни нерівномірна. В собак і котів, внаслідок того, що шкіра пігментована, а волосяний покрив густий, странгуляційну борозну виявляють лише після відпрепарування шкіри. Тоді її видно з внутрішнього боку шкіри, в товщі м'язів тощо [1]. За задушення тварин руками странгуляційна борозна не має вигляду лінії, виявляють знекровлені поглиблення із крововиливами поруч. Ці поглиблення відповідають конфігурації пальців рук людини, яка задушила тварину [10, 11]. Мікроскопічно в ділянці странгуляційної борозни спостерігають ущільнення дерми, шкіра погано зафарбована на гістопрепаратах.

При задушенні руками можуть виявлятися пошкодження судин в ділянці ший, зокрема, сонних артерій, яремних вен. Можуть виникати механічні ушкодження м'язів та зв'язок ший, хрящів трахеї та гортані, під'язикової кістки [12]. При сильному фізичному зусиллі за задушення можуть бути зламані шийні хребці. В оточуючих тканинах виникають плямисті та/або крапкові крововиливи. Шкіра навколо органів сечовиділення, анального отвору може бути забруднена сечею та фекаліями, внаслідок їх мимовільного виділення під час агонії.

Слід розуміти, що тварина, яку душать чинить опір злочинцю, тому задушення може супроводжуватися діями злочинця, скерованими на знерухомилення, позбавлення свідомості жертви. Тому на тілі тварини, окрім ознак странгуляційної асфіксії, можуть виявлятися різного роду травми. Найчастіше це пошкодження голови шляхом удару тупим предметом.

Мета дослідження

Метою дослідження є уточнення морфологічних змін, які реєструють під час розтину тварин, задушених руками, та аналіз ситуацій, у яких людина може скоювати подібні злочини щодо тварин.

Матеріали і методи

Досліджено 2 випадки судово-ветеринарних експертиз, пов'язаних із задушенням собак та котів руками, з них в першому випадку жертвою була кішка, в другому – собака. Перший випадок трапився у Черкаській області, другий – у м. Києві протягом 2023–2024 років. В обох випадках тварини загинули, тому результати експертиз ґрунтувалися на даних, отриманих за патолого-анатомічного дослідження. В обох випадках слідством було доведено злий умисел особи, що здійснила задушення руками. Експертизи були виконані на базі кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ. В обох випадках дослідження об'єктів експертизи та оформлення висновку судового експерта виконав доцент кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка Національного університету біоресурсів і природо-користування України, кандидат ветеринарних наук Сердюков Я. К.

Патолого-анатомічне дослідження (судово-ветеринарний розтин) виконувалося згідно загально-прийнятих методів [13–17]. Виявлені зміни описували, фотографували, одержану інформацію використали для оформлення висновків судового експерта [14, 15, 17].

Результати та їх обговорення

У випадку № 1 кішку було задушено особою в стані алкогольного сп'яніння. З показань свідків злочину, ця особа тримала тварину за шию на витягнутих руках і душила, врятувати тварину не вдалося. Під час розтину було виявлено:

- пошкодження гортані у вигляді тріщини в правій частині щитоподібного хряща (рис. 1);
- кровотечу в просвіт передніх дихальних шляхів;
- плямисті крововиливи в м'язах ший в ділянці гортані (рис. 2);
- плямисті крововиливи в легенях;
- гостру альвеолярну емфізему легень;
- крапкові крововиливи в кон'юнктиві (рис. 3) обох очей, ціаноз та набрякання язика.



Рис. 1. Тварина № 1. Тріщина в щитоподібному хрящі гортані



Рис. 2. Тварина №1. Крововиливи в м'язах ший (показані стрілками)



Рис. 3. Тварина № 1. Крововиливи на кон'юнктиві (показані стрілкою)

У випадку № 2 собаку, якого власник бажав позбутися, він спочатку вдарив по голові, спричинивши тупу черепно-мозкову травму, а вже потім задушив. Злочинець також перебував у стані алкогольного сп'яніння.

Під час розтину було виявлено:

- роздроблений фрагментарний перелом лобної та правої тім'яної кісток (рис. 4);
- травматичне руйнування правої і частково лівої великих півкуль головного мозку;
- скупчення крові в порожнині черепа;
- кровотечу з носа;
- підшкірну гематому в лобній та тім'яній ділянках голови;
- плямисті крововиливи в м'язах ший (рис. 5);
- плямисті крововиливи в товщі легень (рис. 6).



Рис. 4. Тварина № 2. Роздроблення кісток черепа



Рис. 5. Тварина № 2. Крововиливи в м'язах поблизу гортані та трахеї (показані стрілками)



Рис. 6. Тварина № 2. Плямисті крововиливи в легенях

У всіх досліджених тварин, смерть у всіх випадках наставала внаслідок зупинки дихання, спричиненою припиненням надходження повітря в легені шляхом перекриття гортані та шийної частини трахеї внаслідок задушення [18].

Крововиливи в ділянці ший, таким чином, спостерігали в 2 тварин (100 % від загальної кількості досліджених трупів), крововиливи в легенях в 2 тварин (100 %), пошкодження гортані та кровотечу в дихальні шляхи в 1 тварини (50 %); кон'юнктивальні крововиливи в 1 тварини (50 %), травми, напряду не пов'язані із задушенням в 1 тварини (50 %).

Характерним є те, що знекровлених поглиблень внаслідок компресії тканин ділянки ший руками осіб, що скоювали злочин, в обох випадках виявлено не було. Це можна пояснити тим, що трупи в обох випадках були доставлені приблизно на третю добу після смерті і відбулося просочування тканин трупним трансудатом. Тому вирішальною ознакою, за якою судово-ветеринарний експерт визначає факт задушення тварини руками, є наявність крововиливів в м'язах ший, що знаходяться поруч із гортанню та трахеєю. Пошкодження дихальних шляхів трапляються не завжди, тому саме крововиливи є найголовнішою ознакою. У разі пошкодження дихальних шляхів може відбуватися кровотеча у їхній просвіт, в такому разі до механізму странгуляційної асфіксії додається механізм аспіраційної асфіксії [19]. Плямисті крововиливи та альвеолярна емфізема в тканині легень виникають, вочевидь, під час агонії внаслідок судомних дихальних рухів (так зване «термінальне дихання») [1]. Кон'юнктивальні крововиливи не є специфічною ознакою задушення руками, оскільки трапляються за всіх видів механічної асфіксії.

В тканинах і органах обох досліджених тварин не було зафіксовано інших патологічних процесів, які мали б нетравматичний характер, отже, тварини були клінічно здоровими, і, якби не агресивні дії осіб, що скоїли злочини, що розглядаються, могли б нормально продовжувати свою життєдіяльність [20, 21, 22].

Висновки

У практиці судової ветеринарної медицини трапляються випадки загибелі собак та котів внаслідок задушення руками. Така загибель є насильницькою смертю, що спричинена зловмисними вчинками людей відносно тварин. Це з точки зору законності кваліфікується як жорстоке поводження з тваринами, із притяганням осіб, що скоїли злочин, до відповідальності за статтею 299 Кримінального кодексу України. Задушення руками є різновидом механічної, а конкретніше – странгуляційної асфіксії, хоча в деяких випадках на додачу присутній механізм аспіраційної асфіксії, у разі кровотечі в дихальні шляхи. Судово-ветеринарному експерту, що має справу з випадками задушення руками, необхідно ретельно ознайомитися з показаннями свідків та, за можливості, особи, підозрюваної у скоєнні злочину, зафіксувати характерні патолого-анатомічні ознаки. Судово-ветеринарний експерт також має визначити, чи асфіксія не є ознакою якихось інших захворювань. Знання ознак подібного злочину, таким чином, необхідне задля якісного виконання дослідження трупів задушених тварин у разі надходження таких на судово-ветеринарну експертизу.

Перспективами подальшого дослідження є накопичення фактичного матеріалу та статистичних даних за випадками задушення тварин, дослідження наявності та характеру специфічних морфологічних змін та співвіднесення результатів дослідження із обставинами відповідних кримінальних проваджень.

Конфлікт інтересів

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

Подяки

Автори висловлюють подяку доценту кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка Сердюкову Я. К. за надані матеріали виконаних ним судових експертиз.

References

- Serdioucov, Ya. K., Yatsenko, I. V., & Bohatko, N. M. (2016). *Sudovo-veterynarna ekspertyza u vypadkakh asfiksii*. Kyiv: «TsR «Komprynt» [in Ukrainian]
- Criminal codex of Ukraine. (2001). *Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text>
- Yatsenko, I. V., Zapara, S. I., & Zakhariev, A. V. (2018). Current state and perspectives for development forensic veterinary examination in Ukraine. *Theory and Practice of Forensic Science and Criminalistics*, 18, 568–575. <https://doi.org/10.32353/khrife.2018.66>
- Pro zakhyst tvaryn vid zhorstokoho povodzhennia. Zakon Ukrainy № 3447-IV. (2006). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text> [in Ukrainian]
- Li, D., Mabrouk, O. S., Liu, T., Tian, F., Xu, G., Rengifo, S., Choi, S. J., Mathur, A., Crooks, C. P., Kennedy, R. T., Wang, M. M., Ghanbari, H., & Borjigin, J. (2015). Asphyxia-activated corticocardiac signaling accelerates onset of cardiac arrest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (16). <https://doi.org/10.1073/pnas.1423936112>

6. Merck, M. D., & Miller, D. M. (2013). Asphyxia. *Veterinary Forensics: Animal Cruelty Investigations*, 169–184. <https://doi.org/10.1002/9781118704738.ch9>
7. Parry, N. M. A., & Stoll, A. (2020). The rise of veterinary forensics. *Forensic Science International*, 306, 110069. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.110069>
8. Ottinger, T., Rasmusson, B., Segerstad, C. H. A., Merck, M., Goot, F. V. D., Olsén, L., & Gavier-Widén, D. (2014). Forensic veterinary pathology, today's situation and perspectives. *Veterinary Record*, 175 (18), 459–459. <https://doi.org/10.1136/vr.102306>
9. Ressel, L., Hetzel, U., & Ricci, E. (2016). Blunt force trauma in veterinary forensic pathology. *Veterinary Pathology*, 53 (5), 941–961. <https://doi.org/10.1177/0300985816653988>
10. McEwen, B. J. (2016). Nondrowning asphyxia in veterinary forensic pathology. *Veterinary Pathology*, 53 (5), 1037–1048. <https://doi.org/10.1177/0300985816643370>
11. McEwen, B. J. (2018). Strangulation, suffocation, and asphyxia. *Veterinary Forensic Pathology*, 1, 129–148. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67172-7_8
12. Mazzante, N. M. G., de Camargo, B. W. D. F., de Sanctis, P., Fogaça, J. L., Vettorato, M. de C., Tremori, T. M., Babboni, S. D., Machado, V. M. de V., & Rocha, N. S. (2020). Post-mortem analysis of injuries by incomplete hanging in dog (*Canis familiaris*) through radiographs and forensic necropsy. *Forensic Imaging*, 20, 100350. <https://doi.org/10.1016/j.jofri.2019.100350>
13. Salvagni, F. A., de Siqueira, A., Fukushima, A. R., Landi, M. F. de A., Ponge-Ferreira, H., & Maiorka, P. C. (2016). Animal serial killing: The first criminal conviction for animal cruelty in Brazil. *Forensic Science International*, 267, e1–e5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.08.033>
14. Lew, E. O., & Matshes, E. W. (2005). Postmortem changes. In: D. Dolinak, E. W. Matshes, E. O. Lew (Eds.). *Forensic Pathology: Principles and Practice* (pp. 527–554). New York: Elsevier/Academic Press
15. Perper, J. (2006). Time of death and changes after death. In: W. U. Spitz, D. J. Spitz, (Eds.). *Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation. 4th ed.* (pp. 87–183). Springfield
16. Serdiukov, Ya. K., Harkusha, S. Ye., Yatsenko, I. V., & Bohatko, N. M. (2017). Sudovo-veterynarna tanatolohiia. Kyiv [in Ukrainian]
17. Yatsenko, I. V., & Kazantsev, R. H. (2021). The procedure of conducting an animal's corpse forensic veterinary examination in the dissecting room of specialized expert institution. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 7, 179–191. <https://doi.org/10.31890/vtvp.2021.07.28>
18. Newland, X., Boller, M., & Boller, E. (2019). Considering the relationship between domestic violence and pet abuse and its significance in the veterinary clinical and educational contexts. *New Zealand Veterinary Journal*, 67 (2), 55–65. <https://doi.org/10.1080/00480169.2018.1559108>
19. Byard, R. (2011). Issues in the classification and pathological diagnosis of asphyxia. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 43 (1), 27–38. <https://doi.org/10.1080/00450618.2010.482107>
20. Yatsenko, I. V., Zapara, S. I., Zakhariyev, A. V., Skrypka, M. V., & Serdiukov, Ya. K. (2018). Sudovoekspertni vypadky doslidzhennia trupiv tvaryn z oznakamy nasylnytskoi smerti vid zhorstokoho povodzhenia. *Problemy Zoonzhenerii ta Veterynarnoi Medytsyny*, 36 (2), 130–138. [in Ukrainian]
21. Rebollada-Merino, A., Bárcena, C., Mayoral-Alegre, F. J., Garcia-Real, I., Domínguez, L., & Rodríguez-Bertos, A. (2020). Forensic cases of suspected dog and cat abuse in the Community of Madrid (Spain), 2014–2019. *Forensic Science International*, 316, 110522. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110522>
22. Araújo, D., Lima, C., Mesquita, J. R., Amorim, I., & Ochoa, C. (2021). Characterization of suspected crimes against companion animals in Portugal. *Animals*, 11 (9), 2744. <https://doi.org/10.3390/ani11092744>

ORCID

- B. Borysevich  <https://orcid.org/0000-0002-0015-6350>
 O. Kruchynenko  <https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>
 O. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-8613-6827>



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

Morphological indicators of nutria blood during trichurotic invasion

E. Mykhailiutenko✉

Article info

Correspondence Author

E. Mykhailiutenko

E-mail:

eduard.mykhailiutenko@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovorody St., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine**Citation:** Mykhailiutenko, E. (2024). Morphological indicators of nutria blood during trichurotic invasion. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 95–98. doi: 10.31210/spi2024.27.02.16

It is generally accepted that the immune system plays an important role in the pathogenesis of almost any disease. Circulating phagocytes (neutrophils, monocytes) are the first to be involved in the development of an inflammatory reaction. The state of erythropoiesis is a unique mechanism that occupies a dominant position in ensuring tissue respiration and stability of metabolic processes in the body. Laboratory blood tests are a primary indicator of changes in the body. On the territory of Ukraine, insufficient attention is paid to the study of morphological indicators in infested nutrias. Although based on research and analysis of publications, scientists claim that changes in erythropoiesis indicate a pathological condition of animals. Therefore, the purpose of our work was to determine the effect of trichurises on the morphological indicators of sick semi-aquatic rodents. The work was carried out in the conditions of the farm "Dokuchaievskiy myslyvets" of the Poltava region. An experimental group of 8-month-old animals was formed, as well as a control group (eight heads each). Morphological indicators were studied according to generally accepted methods. The article summarizes the results of an experiment on the effect of trichurises on the composition of the blood of infested nutrias. It was found that parasitism in semi-aquatic rodents of the species *Trichuris myocastoris* causes changes in the general blood analysis: a decrease in the hemoglobin content by 15.05 %, and the number of erythrocytes by 19.37 %. A decrease in these indicators confirms the occurrence of anemia. At the same time, a decrease in leukocytes by 6.64 % may indicate a chronic course of the disease. As a result of the conducted morphological study of the uniform elements of nutria blood with a differential count of the leukocyte formula, a redistribution of the population composition of circulating leukocytes was established, caused by the maintenance / presence of the inflammatory process. A significant increase in the number of monocytes by 25.77 % was diagnosed. Therefore, the composition of the blood mutually determines the nature of the processes taking place in the nutria's body, and reflects the effect of trichurises perceived by it. The results of morphological studies of the blood of infested nutrias indicate significant changes in their body and confirm the mediated effect of the helminth.

Keywords: parasites, nutria, *Trichuris myocastoris*, hematological indicators, erythrocytes, leukocytes

Морфологічні показники крові нутрій за трихуросної інвазії

E. В. Михайлютенко

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Загально визнано, що у патогенезі практично будь-якого захворювання важливу роль відведено імунній системі. Циркулюючі фагоцити (нейтрофіли, моноцити) першими включаються у розвиток запальної реакції. Стан еритроцитопоезу – це унікальний механізм, який займає домінуючу позицію у забезпеченні тканинного дихання й стабільності обмінних процесів в організмі. Лабораторні дослідження крові відносять до первинного показника змін в організмі. На теренах України недостатньо уваги приділено вивченню морфологічних показників у інвазованих нутрій. Хоча на основі проведених досліджень і аналізу публікацій вчені стверджують, що зміни зі сторони еритроцитопоезу вказують на патологічний стан тварин. Тому метою нашої роботи було визначити вплив трихурисів на морфологічні показники хворих напівводних гризунів. Робота виконана в умовах господарства «Докучаєвський мисливець» Полтавської області. Сформовано дослідну групу тварин віком 8 місяців, а також контрольну (по вісім голів у кожній). Морфологічні показники вивчали за загальноприйнятими методами. У статті узагальнено результати експерименту щодо впливу трихурисів на склад крові інвазованих нутрій. З'ясовано, що паразитування у напівводних гризунів виду *Trichuris myocastoris* спричинює зміни у загальному аналізі крові: зниження вмісту гемоглобіну на 15,05, кількості еритроцитів – 19,37 %. Зниження даних показників підтверджує виникнення анемії. Водночас зниження лейкоцитів на 6,64 %, може свідчити про хронічний перебіг хвороби. У результаті проведеного морфологічного дослідження формених елементів крові нутрій з диференційним підрахунком лейкоцитарної формули встановлено перерозподіл популяційного складу циркулюючих лейкоцитів, викликаний підтриманням / наявністю запального процесу. Діагностували вірогідне підвищення кількості моноцитів на 25,77 %. Отже, склад крові взаємообумовлює характер процесів, що протікають в організмі нутрій, й відображає дію трихурисів, яка ним сприймається. Результати морфологічних досліджень крові інвазованих нутрій вказують на істотні зміни в їх організмі й підтверджують опосередковану дію гельмінта.

Ключові слова: паразити, нутрія, *Trichuris myocastoris*, гематологічні показники, еритроцити, лейкоцити.**Бібліографічний опис для цитування:** Михайлютенко E. В. Морфологічні показники крові нутрій за трихуросної інвазії. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 95–98.

Вступ

Нутрія (*Myocastor coypus*) – це гістрікоморфний гризун, що походить з Південної Америки, і належить до родини *Myocastoridae*. Люди впродовж століть традиційно полювали на даний вид тварини в її природньому ареалі для отримання хутра та м'яса. У 1922 році аргентинці спробували вирощувати нутрій у неволі, і ця практика поширилася у всьому світі. Зростаючий інтерес до екзотичного м'яса спричинив розповсюдження цієї тварини в багато країн світу для комерційного розведення. Нутрії добре пристосовані до різних умов і зараз розводяться як для отримання хутра, так і для м'яса. Підприємці запропонували привабливий і поживний делікатес. Харчову цінність м'яса нутрії висвітлено у численних публікаціях [1–5].

Згідно літературних даних у Південній Америці нутріям не загрожує зникнення у природньому ареалі. Фахівці контролюють чисельність популяцій. Разом з тим дослідники наголошують, що кількість нутрій може скоротитися через втрату їх середовища існування, внаслідок інтенсивного сільського господарства, аварій на дорогах, хижаків або надмірного полювання [6]. Водночас хвилювання викликають також хвороби. У даного виду тварин підтверджено наявність широкого спектра внутрішніх і зовнішніх паразитів [7–9]. Відомо, що з поміж найзагальніших ознак паразитизму виокремлюють зв'язок з організмом дефінітивного хазяїна.

Найважливішу роль у розвитку інвазійного захворювання відіграє фактор імунітету. Коли личинки та яйця гельмінтів потрапляють в організм тварини пероральним шляхом, вони піддаються впливу ферментів та неспецифічних захисних факторів організму, дії шлункового соку та місцевого імунітету кишечника. Ряд наведених факторів викликає загибель інвазійних елементів, та все ж частина їх таки проникає в кишечник. Паразит циркулює, досягає статевозрілих форм. Доведено, що опосередкований патогенний вплив гельмінтів та продуктів їх метаболізму (секрети, гормони, екскременти гельмінтів) відображається на фізіологічних процесах макроорганізму, морфофункціональній характеристиці внутрішніх органів, тканин, у окремих випадках на поведінці тварин. Запальні реакції, дистрофічні й атрофічні процеси у паренхіматозних органах, втрата поживних речовин, стрес і зміни імунного стану – наслідки будь-якого паразитозу. На етапі гострого перебігу гельмінтозу зазвичай діагностують гіперактивність імунної системи: у хворих підвищується кількість фагоцитуючих клітин. Доведено, що вони відіграють важливу роль в ініціації імунної відповіді. Латентний етап зазвичай не супроводжується вираженими клінічними проявами. На етапі хронічного перебігу гельмінтозу тварин кількість фагоцитуючих клітин істотно зменшується [10–13].

Оскільки аналізи крові, виходячи з вищезазначеного, використовують для оцінки здоров'я та фізіологічного стану тварин, референтні значення необхідно встановити до того, як такі дані будуть доступні для інтерпретації [14–16].

До основних проаналізованих показників крові за паразитозів тварин належать: еритроцити, лейкоцити, тромбоцити і гемоглобін; визначаються їх параметри, розраховується лейкоцитарна формула (нейтрофіли, базофіли, еозинофіли, моноцити, лімфоцити) [12, 17, 18].

Отже, порівняно сталі референтні дані складу крові можуть змінюватися залежно як від виду паразита, інтенсивності інвазії, так і від виду, статі ураженої тварини, географічного розташування, клімату тощо [13, 19].

Мета дослідження

Метою наших досліджень було дослідити вплив *Trichuris myocastoris* на гематологічні показники інвазованих нутрій. У завдання досліджень входило провести морфологічне дослідження формених елементів крові з диференційним підрахунком лейкоцитарної формули.

Матеріали і методи

Дослідження проводили впродовж осіннього періоду 2023 року на базі наукової лабораторії паразитології кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету. Експериментальні досліди виконували в господарстві «Докучаєвський мисливець» Полтавської області.

З метою визначення впливу трихурисів на гематологічні показники хворих гризунів сформовано дослідну групу віком 8 місяців (спонтанно інвазовані самці), а також контрольну (клінічно здорові) по вісім голів у кожній.

Тварини контрольної групи були спонтанно інвазовані збудником *Trichuris myocastoris* за інтенсивності інвазії $412 \pm 2,63$ яєць/г фекалій.

Тварини контрольної групи були клінічно здоровими.

Морфологічні показники крові вивчали за загальноприйнятими методами [4, 20]. Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили шляхом визначення середнього арифметичного (M), його похибки (m) та рівня вірогідності (p) з використанням таблиці t -критерію Стьюдента.

Результати та їх обговорення

Лабораторні дослідження крові допоможуть охарактеризувати перебіг хвороби, їх відносять до первинного показнику змін в організмі. Оскільки за даними ряду авторів фізіологічні показники крові неотропних гризунів мають великий діапазон коливання, [7, 14, 21, 22], нами проведено роботу щодо визначення морфологічного складу крові здорових нутрій, в умовах Полтавської області.

За використання кількісного методу копроовоскопічного дослідження нутрій контрольної групи виявлено, що ступінь інтенсивності інвазії в середньому по групі становив $412 \pm 2,63$ яєць трихурисів/г фекалій. Нами встановлено, що за

вказаної інтенсивності інвазії у крові хворих тварин відбувалися зміни, порівняно з аналогічними у клінічно здорових. Аналіз отриманих результатів досліджень гематологічних показників хворих й здорових напівводних гризунів наведено в **таблиці 1**.

Таблиця 1

Гематологічні показники нутрій, інвазованих нематодами *Trichuris myocastoris* (M±m, n=8)

Показники	Група нутрій (самці)	
	контрольна	дослідна
Гемоглобін, г/л	116,25±2,71	98,75±2,39**
Еритроцити, Т/л	4,44±0,16	3,58±0,16**
Лейкоцити, Г/л	8,44±1,1	7,88±0,12*
Лейкограма, %		
Базофіли	–	–
Еозинофіли	1,88±0,37	1,25±0,21
Нейтрофіли	паличкоядерні	2,38±0,41
	сегментоядерні	39,38±0,83
Лімфоцити	53,5±1,09	52,13±1,38
Моноцити	2,88±0,37	3,88±0,16*

Примітки: * – P<0,05; ** – P<0,01 – відносно показників контрольної групи тварин.

У даний час імунна система розглядається як регуляторна система, що забезпечує індивідуальність і цілісність організму. Основна ознака здоров'я – висока ступінь пристосування організму до змін, як зовнішніх, так і внутрішніх.

Визначення клітинного імунітету за цистицеркозу кролів є показовими, що доводять публікації ряду авторів. У інвазованих хутрових тварин відзначали збільшення кількості лейкоцитів на 9,64 % (6,37 Г/л), порівняно до показників у клінічно здорових тварин (5,81 Г/л). В лейкоформулі хворих кролів реєстрували еозинофілію (5,71 %, P<0,01, проти показників у контролі – 4,08 %). Водночас автори діагностували вірогідне збільшення кількості паличкоядерних нейтрофілів у 1,55 раза, що вказувало на запальні процеси в результаті перебування *Cysticercus pisiformis* в організмі тварини [23].

Оскільки основними ефекторними клітинами адаптивного імунітету є Т- і В-лімфоцити, то вчені продовжили аналізували показники клітинного імунітету крові кролів за впливу збудника пасалурозу. У хворих кролів, із різним рівнем інтенсивності інвазії, у порівнянні з аналогічними показниками здорових тварин, діагностували високу кількість лімфоцитів. Дослідниками доведено, що зміна субпопуляційного складу Т-лімфоцитів вказує на активацію захисних механізмів організму кролів, у відповідь на механічне пошкодження епітелію кишечника та продуктів життєдіяльності збудника *Passalurus ambiguus* [24, 25].

З доступних наукових літературних джерел відомо, що лише Д. О. Осадча та Г. А. Зон висвітлили у своїй роботі морфологічні зміни крові нутрій за мікстинвазій нутрій. Так, патогенний вплив асоційованого перебігу паразитозу (стронгілодозу, трихурузу, аскарозу та еймеріозу) на організм нутрій виражався в наступних змінах: зменшенні рівня гемоглобіну на 37,0 %, еритроцитів на 42,0 %, а лейкоцитів на 23,0 %. Зниження останнього

показнику зафіксовано на фоні зростання кількості еозинофілів (62,0 %) та моноцитів (53,0 %) [26]. Автори зазначають, що асоціація паразитів в організмі нутрій призводить до пригнічення еритропоезу та лейкопоезу. Отримані дані узгоджуються із нашими результатами. Відмічено також тенденцію до зниження основних показників. Так, з'ясовано, що зменшилась концентрація гемоглобіну на 15,05, а кількість еритроцитів на – 19,37 % (P<0,01). Результати вищезазначених аналізів вказують на розвиток анемії, що є результатом постійного механічного пошкодження стінок кишечника нематодами, оскільки збудників роду *Trichuris* віднесено до факультативних гематофагів. Незначне зниження лейкоцитів до 7,88 Г/л, (P<0,05) відповідно до контролю – 8,44 Г/л. Водночас необхідно відзначити, що проаналізовані гематологічні показники, на нашу думку, можуть бути використані, як додатковий інструмент у розумінні перебігу хвороби.

Разом з тим діагностовано перерозподіл популяційного складу циркулюючих лейкоцитів. Відомо, що провідне місце посідають нейтрофіли і моноцити, котрі опосередковують неспецифічну імунну реакцію [19, 27, 28]. Відбулося вірогідне збільшення порівняно до контролю рівня моноцитів на 25,77 % (P<0,05), що вказує на хронічний запальний процес, внаслідок порушення цілісності кишкового бар'єру й системної ендотоксемії.

Висновки

Наявність нематод *Trichuris myocastoris* в організмі нутрій істотно вплинула на показники еритроцитарної системи крові гризунів. Так, рівень гемоглобіну у дослідних тварин був вірогідно нижчим (98,75 проти 116,25 г/л), що означає меншу насиченість еритроцитів гемоглобіном. Водночас звертає на себе увагу тенденція до збільшення відносної кількості моноцитів на 25,77 %.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується детальне вивчення біохімічних показників сироватки крові хворих нутрій за трихурузу.

Конфлікт інтересів

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

References

- Cawthorn, D.-M., & Hoffman, L. C. (2014). The role of traditional and non-traditional meat animals in feeding a growing and evolving world. *Animal Frontiers*, 4 (4), 6–12. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0027>
- Pokhyl, V., & Mykolaichuk, L. (2023). Features of interbreed crossing in nutria. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 107, 76–83. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2023.107.11>
- Lustofin, K., Niedbala, P., Pawlicki, P., Tuz, R., Płachno, B. J., Profaska-Szymik, M., Galuszka, A., Stolarczyk, P., Gorowska-Wojtowicz, E., & Kotula-Balak, M. (2021). Senescent cells in rabbit, nutria and chinchilla testes – results from histochemical and immunohistochemical studies. *Animal Reproduction Science*, 226, 106701. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106701>

4. Němeček, T., Tůmová, E., & Chodová, D. (2019). Effect of sex on growth, biochemical and haematological parameters of blood, carcass value and meat quality in nutrias (*Myocastor coypus*). *Czech Journal of Animal Science*, 64 (4), 166–173. <https://doi.org/10.17221/193/2018-cjas>
5. 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>
6. Martino, P., Sassaroli, J. C., Calvo, J., Zapata, J., & Gimeno, E. (2007). A mortality survey of free range nutria (*Myocastor coypus*). *European Journal of Wildlife Research*, 54 (2), 293–297. <https://doi.org/10.1007/s10344-007-0146-7>
7. 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>
8. Martino, P. E., Radman, N. E., Gamboa, M. I., Samartino, L. E., & Parrado, E. J. (2018). Ectoparasites from some *Myocastor coypus* (Molina, 1782) populations (Coypus or Nutria) in Argentina. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 27 (2), 254–257. <https://doi.org/10.1590/s1984-296120180026>
9. Bollo, E., Pregel, P., Gennero, S., Pizzoni, E., Rosati, S., Nebbia, P., & Biolatti, B. (2003). Health status of a population of nutria (*Myocastor coypus*) living in a protected area in Italy. *Research in Veterinary Science*, 75 (1), 21–25. [https://doi.org/10.1016/s0034-5288\(03\)00035-3](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(03)00035-3)
10. Gazzinelli-Guimaraes, P. H., & Nutman, T. B. (2018). Helminth parasites and immune regulation. *F1000Research*, 7, 1685. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15596.1>
11. 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>
12. Mykhailiutenko, S., & Zhulinska, O. (2021). Morphological parameters of geese blood in amidostomy invasion. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 23 (102), 105–109. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10216>
13. Mohammed, M. (2016). The effect of *Cysticercus pisiformis* on the haematological and biochemical parameters of rabbits in Basrah province. *Life Science Archives*, 2 (2), 458–463.
14. Coppola, F., D'Addio, E., Casini, L., Sagona, S., Aloisi, M., & Felicioli, A. (2020). Hematological and serum biochemistry values in free-ranging crested porcupine. *Veterinary Sciences*, 7 (4), 171. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040171>
15. Martino, P. E., Araújo, S. M., Anselmino, F., Cisterna, C. C., Silvestrini, M. P., Corva, S., & Hozbor, F. A. (2012). Hematology and serum biochemistry of free-ranging nutria (*Myocastor coypus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 43 (2), 240–247. <https://doi.org/10.1638/2010-0154.1>
16. Genzer, S. C., Huynh, T., Coleman-Mccray, J. D., Harmon, J. R., Welch, S. R., & Spengler, J. R. (2019). Hematology and clinical chemistry reference intervals for inbred strain 13/n guinea pigs (*Cavia Porcellus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, 58 (3), 293–303. <https://doi.org/10.30802/aalas-jaalas-18-000118>
17. Ajith, Y., Dimri, U., Madhesh, E., Gopalakrishnan, A., Verma, M. R., Samad, H. A., Reena, K. K., Chaudhary, A. K., Devi, G., & Bosco, J. (2020). Influence of weather patterns and air quality on ecological population dynamics of ectoparasites in goats. *International Journal of Biometeorology*, 64 (10), 1731–1742. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01952-7>
18. Nogueira, B. C. F., da Silva Soares, E., Mauricio Ortega Orozco, A., Abreu da Fonseca, L., & Kanadani Campos, A. (2023). Evidence that ectoparasites influence the hematological parameters of the host: a systematic review. *Animal Health Research Reviews*, 24 (1), 28–39. <https://doi.org/10.1017/s1466252323000051>
19. Bernal-Valle, S., Teixeira, M. N., de Araújo Neto, A. R., Gonçalves-Souza, T., Feitoza, B. F., dos Santos, S. M., da Silva, A. J., da Silva, R. J., de Oliveira, M. A. B., & de Oliveira, J. B. (2022). Parasitic infections, hematological and biochemical parameters suggest appropriate health status of wild coati populations in anthropic Atlantic Forest remnants. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 30, 100693. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2022.100693>
20. Levchenko, V. I. (red.). (2015). *Vnutrishni khvoroby tvaryn*. Bila Tserkva [in Ukrainian]
21. Komárek, J. (1983). Někteřé biochemické a hematologické hodnoty krve nutrie [Biochemical and hematological values in the blood of the nutria]. *Veterinární Medicína*, 28 (6), 351–355.
22. Jelínek, P. (1984). Basic hematological indices in adult nutria (*Myocastor coypus* M.) males. *Acta Veterinaria Brno*, 53 (1–2), 41–47. <https://doi.org/10.2754/avb198453010041>
23. Duda, Y., Shevchik, R., & Kuneva, L. (2019). The effect of cysticercosis invasion on the cellular immunity of rabbits. *Scientific Horizons*, 81 (8), 36–41. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-81-8-36-41>
24. Duda, Yu., & Prus, M. (2019). Proteinogram and indicators of immunity during passalurosis of rabbits with different level of invasion intensity. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 23 (4), 61–70. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)-7](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)-7)
25. Duda, Y. V., & Prus, M. P. (2019). Indices of cellular immunity in case of passalurosis of rabbits. *Bulletin "Veterinary Biotechnology"*, 35, 35–44. https://doi.org/10.31073/vet_biotech35-05
26. Osadcha, D. O., & Zon, H. A. (2016). Analiz hematolohichnoho ta biokhimichnoho doslidzhen za asotsiiovanoho perebihu helmintoziv ta eimeriozu nutrii. *Vismyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu: Seriiia «Veterynarna Medytsyna»*, 6 (38), 152–155. [in Ukrainian]
27. Sharma, S., Katoch, R., Upadhyay, S. R., & Singh, R. (2022). Comparative haemato-biochemical profile of induced ancylostomiasis in healthy and diabetic murine model. *Experimental Parasitology*, 240, 108334. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108334>
28. Souza, D. S., Yang, S. G. N. S., Alves, A. C. A., Pontes, R. M., Carvalho, C. C. D., Soares, P. C., & Oliveira, J. B. (2021). Parasites and health status of free-ranging capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in the Atlantic Forest and Caatinga biomes of Brazil. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 23, 100503. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100503>

ORCID

E. Mykhailiutenko  <https://orcid.org/0009-0005-5581-636X>



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

Forensic veterinary examination of the death of dogs and cats from cases of high temperatures

S. Harkusha¹ | R. Bokotko¹ | O. Kruchynenko^{✉2} | O. Peredera²

Article info

Correspondence Author

O. Kruchynenko

E-mail:

oleg.kruchynenko@pdaa.edu.ua

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony St., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

²Poltava State Agrarian University, Skovorody St., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Harkusha, S., Bokotko, R., Kruchynenko, O., & Peredera, O. (2024). Forensic veterinary examination of the death of dogs and cats from cases of high temperatures. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 99–104. doi: 10.31210/spi2024.27.02.17

This paper provides an overview of methodological approaches and theoretical foundations on the problem of forensic veterinary examination of damage and death of dogs and cats from high-temperature exposure. It is noted that the negative impact on animal health caused by high-temperature factors is divided into general, which is manifested by heat or sunstroke, and local, in the form of thermal burns, although the latter can cause complications in the form of a general effect known as burn disease. According to the experience of practicing veterinarians, there are numerous cases of burns of dogs and cats of varying severity, as well as heat or sunstroke, which can result in the death of animals. Criminal proceedings in such cases may be initiated in order to identify persons who, through their actions or inaction, may be involved in the disease or death of animals. The most common situations in which animals can be affected by heat and sunstroke are described, namely high air temperature, calm weather, lack or insufficient ventilation, exposure to direct sunlight, lack of shade, water, obesity, and others. The article also describes the breeds of dogs and cats that are most susceptible to this pathology. A list of the most characteristic clinical signs observed in live affected animals, as well as characteristic macroscopic and microscopic changes in heat and sunstroke, the principles of differentiation of these lesions from other diseases and pathological conditions are given. The thermal burns that can occur in dogs and cats, their causes, mechanisms of development of burns and burn disease are characterized in detail. The most common situations in which animals can be affected by heat and sunstroke are described, namely high air temperature, calm weather, lack or insufficient ventilation, exposure to direct sunlight, lack of shade, water, obesity, and others. The article also describes the breeds of dogs and cats that are most susceptible to this pathology. A list of the most characteristic clinical signs observed in live affected animals, as well as characteristic macroscopic and microscopic changes in heat and sunstroke, the principles of differentiation of these lesions from other diseases and pathological conditions are given. The thermal burns that can occur in dogs and cats, their causes, mechanisms of development of burns and burn disease are characterized in detail.

Keywords: forensic veterinary examination, dogs, cats, hyperthermia, heat stroke, sunstroke, burn.

Судово-ветеринарна експертиза загибелі собак та котів від випадків високих температур

С. Є. Гаркуша¹ | Р. Р. Бокотько¹ | О. В. Кручиненко² | О. О. Передера²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

В даній праці подано огляд методологічних підходів та теоретичних засад щодо проблеми судово-ветеринарної експертизи ураження та загибелі собак і котів від високотемпературного впливу. Зазначено, що негативний вплив на стан здоров'я тварин, спричинений високотемпературними чинниками, поділяють на загальний, який проявляється тепловим або сонячним ударом, та місцевий, у вигляді термічних опіків, хоча останні здатні спричинити ускладнення у вигляді загального впливу, відомого як опікова хвороба. З досвіду практикуючих лікарів ветеринарної медицини відомі численні випадки опіків собак та котів різного ступеня тяжкості, а також теплового чи сонячного удару, внаслідок чого тварини можуть гинути. Кримінальні провадження в таких випадках можуть відкриватися з метою встановлення осіб, які внаслідок своїх дій або бездіяльності можуть бути причетними до захворювання або загибелі тварин. Наведено найпоширеніші ситуації, за яких тварини можуть бути уражені тепловим та сонячним ударами, а саме висока температура повітря, безвітряна погода, відсутність чи недостатність вентиляції, перебування тварин під дією прямих сонячних променів, відсутність тіні, води, ожиріння тварин та інші. Вказані породи собак та котів, представники яких найбільш сприйнятливі до даної патології. Надано перелік найхарактерніших клінічних ознак, які спостерігають в живих уражених тварин, а також характерні макроскопічні та мікроскопічні зміни за теплового і сонячного удару, принципи диференціації вказаних уражень від інших хвороб та патологічних станів. Детально охарактеризовано термічні опіки, що можуть траплятися у собак та котів, їх причини, механізми розвитку опіків та опікової хвороби. Вказані морфологічні зміни, характерні для опіків різних ступенів: гіперемія та еритема для першого ступеня, утворення пухирів із серозним вмістом для другого ступеня, поверхневий некроз шкіри, сухий чи вологий для третього ступеня, глибокий некроз із обвуглюванням для четвертого ступеня. Надано принципи судово-ветеринарного встановлення джерела, яким спричинено термічний опік, особливості опіків відкритим полум'ям, нагрітими предметами, гарячими рідинами та парою.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, собаки, коти, гіпертермія, тепловий удар, сонячний удар, опік.

Бібліографічний опис для цитування: Гаркуша С. Є., Бокотько Р. Р., Кручиненко О. В., Передера О. О. Судово-ветеринарна експертиза загибелі собак та котів від випадків високих температур. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 99–104.

В навколишньому середовищі, протягом всього життя, тварини можуть піддаватися впливу найрізноманітніших фізичних чинників, що спричиняють значну патогенну дію на організм. Одні з них здійснюють патогенний вплив за будь-яких їх фізичних характеристик, інші – лише за певних їх значень, діапазонів. До таких чинників належать і вплив високих температур [1, 2, 3]. У разі ураження чи можливої загибелі тварини внаслідок дії високих температур можуть виникнути питання судового характеру, пов'язані із встановленням осіб, що відповідалі за отримання твариною пошкоджень, пов'язаних із впливом високих температур [4, 5], а також із встановленням причин смерті за раптової загибелі тварини [6].

Температура тіла в тварин залежить від виду, фізіологічного стану, віку, статі, кліматичної зони. Так, середньою температурою тіла в котів є 38,0–39,5 °С, а у собак 37,4–38,3 °С. Протягом всього життя тварини в її організмі генерується теплопродукція, яка підтримується на відносно постійному рівні. Тепловіддача з організму тварин здійснюється завдяки тепловипроміненню, теплопровідності, видиханню повітря, потовиділенню. Зміна температури тіла в бік збільшення призводить до функціональних розладів в організмі, а інколи й до смерті тварини [7–9].

Дію температурних чинників на організм прийнято розглядати як:

- 1) загальну (перегрівання і переохолодження);
- 2) місцеву (опіки, відмороження, комбінація перегрівання з опіком, переохолодження з відмороженням).

Відповідно дані процеси в організмі тварин можуть спричинити як загальні зміни, так і місцеві пошкодження. Термічна травма, спричинена собаці чи коту впливом високої температури, може бути у вигляді теплового чи сонячного удару або ж опіку [6].

Тепловий та сонячний удари є наслідками перегрівання усього організму повністю. У спекотну погоду організм не в змозі підтримувати нормальну температуру тіла. Неможливість адекватної терморегуляції призводить до суттєвих поліорганичних порушень [10, 11, 12]. Це зневоднення, порушення процесу зсідання крові, серцево-судинні розлади, набряк мозку [13, 14]. Не варто недооцінювати можливу фатальність наслідків [15].

Так званою групою ризику серед собак та котів до теплового удару є собаки-брахіцефали (мопси, пекінеси, ши-тцу, японські хіни, бостон-тер'єри, брюссельські грифони, німецькі боксери, французькі та англійські бульдоги) та коти (перської, гімалайської, екзотичної, британської або шотландської породи), тварини із захворюваннями серцево-судинної та дихальної систем, зайвою вагою [16].

В такої породи собак, як лабрадор-ретривер, є генетичний дефект, через який вони не відчувують сильне підвищення температури навколишнього середовища й можуть довго бути активними навіть при тепловому ударі.

Тепловий удар – це термічна травма внаслідок загального перегрівання організму, що розвивається за температури зовнішнього середовища, яка

набагато вища за температуру тіла тварини [15, 17, 18]. Чинниками, що сприяють виникненню теплового удару є [19]: висока температура повітря навколишнього середовища або ж у приміщенні, де знаходиться тварина; безвітряна погода; відсутність або недостатність штучної чи природної вентиляції в місцях перебування тварин; велика скупченість тварин на невеликій території; перевезення тварин у закритому транспорті (класична ситуація: собаку чи kota закривають в легковому автомобілі, який стоїть на сонці); посилене фізичне навантаження тварин у спекотну погоду [20]; занижений ступінь адаптації тварин до теплого клімату; індивідуальні особливості організму тварин; зневоднення організму; сезон, пора року; зволоженість і запиленість повітря в тій місцині, де перебувають тварини [21].

Під час судово-ветеринарного дослідження трупа kota чи собаки, що за попередньо встановленим клінічним діагнозом та анамнестичними даними загинули від теплового удару, при зовнішньому огляді буде помітно швидко настання трупного задубіння, трупні плями, які реєструються на депігментованій шкірі. При проведенні безпосередньо розтину звертають увагу на виражений набряк головного мозку та його оболонки, субендокардіальні крововиливи у шлуночках серця, повнокрів'я внутрішніх органів і особливо легень, які набувають майже чорного кольору; наявність крові, що не зсілася, в відділах серця і великих судинах, скупчення слизу в дихальних шляхах, геморагічний діатез, набряк легень і головного мозку, переповнення шлуночків головного мозку ліквором [6, 22, 23].

При мікроскопічному дослідженні зразків тканин тварин, що загинули від теплового удару, спостерігають стази в капілярах, периваскулярний і периневральний набряки, дистрофія клітин нервових гангліїв, фокуси некрозів і дистрофічні зміни в паренхіматозних органах [20].

Ці морфологічні зміни не є патогномонічними для смерті від теплового удару, тому необхідно проаналізувати обставини смерті. Проводячи експертизу загибелі тварин від теплового удару, необхідно враховувати наявність у загиблих тварин інших хвороб серцево-судинної, дихальної, сечовидільної систем, а також виключити самостійні причини смерті – травми, отруєння, врахувати погодні умови та характер фізичного навантаження у тварин напередодні загибелі [20, 24].

Достовірний висновок про причину смерті від теплового удару експерт робить лише в результаті комплексного підходу до проблеми: дослідивши обставини загибелі тварини, досконально проаналізувавши клінічну картину і результати патологоанатомічного розтину трупа [14].

Різновидом термічної травми, що спричинені дією високої температури, окрім теплового удару, є й сонячний удар [15].

Сонячний удар – це пошкодження головного мозку і його оболонки дією інтенсивної променевої енергії, яка проникає через тканини голови. Деякі вчені вважають сонячний удар різновидом теплового удару [25]. Сонячний удар супроводжується загальною гіпертермією організму, коли загальна дія

тепла поєднується з дією променевої енергії сонячного проміння, результатом цієї шкідливої дії є порушення центральної нервової системи та опіки [25].

Чинниками, що сприяють виникненню сонячного удару, є тривале перебування тварин під дією прямих сонячних променів; відсутність тінювих укриттів у сонячну погоду; тривале фізичне навантаження тварин на відкритому повітрі під сонцем (наприклад, заняття з дресирування собак); відсутність доступу до води; стан ожиріння в тварин [25].

Під час розтину трупа тварини, що загинула від сонячного удару, констатують наявність трупних плям, опіків, а під час внутрішнього дослідження трупа зміни, подібні до тих, що характерні для теплового удару [25].

Проводячи експертизу загибелі тварини від сонячного удару, необхідно віддиференціювати інфекційні захворювання з надгострим перебігом, такі як сказ, парвовірусна інфекція (в котів – панлейкопенія) тощо. Також під диференціацію потрапляють отруєння рослинами та хімічними речовинами, укуси отруйних змій і комах [25].

Опіком називають пошкодження, заподіяне локальною дією високої температури, місцева реакція організму на вплив полум'я, гарячих рідин і пари, розпечених твердих тіл і розплавлених металів, світлового та променевого випромінювання, хімічних речовин [26].

Опіки можуть бути заподіяні фізичними і хімічними агентами. В залежності від виду енергії, що спричиняє ураження, розрізняють термічні, електричні, променеві і хімічні опіки [27]. Спільним для всіх них є більш-менш розповсюджене за площею поверхні й глибиною ураження пошкодження тканин.

Внаслідок отриманих опіків у собак та котів можуть розвинути загальні зміни – опікова хвороба [28, 29]. Небезпека опіків для життя тварини залежить від розмірів обпаленої поверхні. Опіки площею поверхні понад 40 % вважають несумісними із життям.

Розрізняють такі періоди розвитку опікової хвороби: опіковий шок, опікова токсемія, період інфекційних ускладнень, опікове виснаження, завершення, що закінчується або одужанням чи смертю. Опіковий шок виникає у перші 1–2 доби після отримання опіків. Він зумовлений надмірним подразненням центральної нервової системи, що призводить до порушення рефлекторних судинних реакцій. Це призводить до мікроциркуляторних порушень, наслідком яких є підвищена проникність судин. Зменшується об'єм циркулюючої крові, руйнуються її форменні елементи, розвивається олігурія. Це може спричинити такі ускладнення, як: інфаркт міокарда, гострі виразки шлунка, ниркову недостатність [30–32]. Опікова токсемія починається з 3–4 доби. Вона зумовлена інтоксикацією організму продуктами розпаду білків, токсинами бактерій і токсичними речовинами, що всмоктуються з ушкоджених тканин. На 5–7 добу в разі ускладнень опіків секундарною інфекцією може настати смерть від септикопемії, септицемії, порушень функцій печінки та нирок. Як результат значних дистрофічних змін внутрішніх органів, порушення процесів обміну,

які спричинені інтоксикацією, септицемією, бактеріемією може призвести до опікового виснаження [30].

Опіки можуть виникати як від місцевої дії високої температури, так і на віддаленні під час вдихання розпеченого повітря, пари чи газу [33]. Відповідно, такі опіки називаються місцевими та інгаляційними.

В залежності від глибини ураження шкіри або слизових оболонок і підлеглих їм тканин розрізняють чотири ступені опіків, а саме:

Опіки I ступеня характеризуються еритемою і припухлістю шкіри та болючістю. Ці симптоми, згодом, минають безслідно. Їх на трупі виявити досить важко [34].

Опіки II ступеня, в свою чергу, характеризуються утворення пухирів з серозним вмістом, який через 3–4 дні загустіває й набуває желеподібної консистенції. Подальше загоєння відбувається без формування рубця, безслідно. На трупі експерти можуть виявити луснуті, підсохлі, бурого кольору міхури у вигляді саден [34].

За опіків III ступеня розвивається некроз шкіри, іноді з'являються товстостінні міхури, епідерміс відшаровується від внутрішнього шару шкіри і звисає у вигляді струпа. Виникає вологий некроз шкіри у разі опіків рідинами чи паром; сухий некроз шкіри, в свою чергу розвивається в разі опіків полум'ям чи розжареними предметами з частковим ураженням базального шару епітелію або усїєї товщі шкіри з ураженням потових і сальних залоз. В результаті після загоювання завжди лишаються рубці [34].

За опіків IV ступеня некротизується не лише шкіра, але й підлегли тканини (м'язи, кістки). Відбувається обуглювання тканин. Загоєння відбувається довго з утворенням стягуючих рубців, що обмежують рухливість в суглобах і спотворюють зовнішній вигляд собак чи котів [34].

Смерть від опіків у тварини може наставати в різні терміни. Безпосередньою причиною швидкої смерті на місці контакту з джерелом опіків, може бути отруєння оксидом Карбону, опіковий шок, дихальна недостатність внаслідок ураження дихальних шляхів. У більш пізні терміни смерть настає від сепсису, кровотечі [34].

Термічні опіки бувають заподіяні відкритим полум'ям, гарячою, киплячою або палаючою рідиною, паром чи розжареними газами. Такі опіки найчастіше трапляються в практиці лікарів як людської, так і ветеринарної медицини. Тяжкість та наслідки опіків залежать від виду, тривалості дії, температури джерела опіку, агрегатним станом травмуючого агента, площею і глибиною ураження, тривалістю тканинної гіпертермії [34].

Нагрівання шкіри і розвиток термічних опіків відбувається по-різному залежно від джерел температури, одним з можливих способів переносу тепла, а саме: або шляхом конвекції – за впливу гарячої пари або газу, або шляхом теплопередачі – за прямого контакту з нагрітим предметом або гарячою рідиною. Миттєвий вплив дуже високих температур вражає тканини на невелику глибину. Тривалий контакт навіть з не дуже гарячими джерелами (гаряча вода, пара) нерідко

супроводжується загибеллю не лише шкіри, але й підлеглих тканин [33].

Денатурацію білка спричиняє температура 60–70 °С, але клітини можуть гинути і від менших температур. Загибель епідермоцитів настає за нагрівання до 44 °С протягом не менше 6 годин. Підвищення температури на 1 °С скорочує цей термін удвічі, а за температури 51 °С і вище швидкість розвитку незворотних змін стає ще більшою. Нагрівання до температури 70 °С спричиняє практично миттєву загибель клітин, що пояснюється незворотними змінами білків і ліпідів, інактивацією клітинних ферментів, порушеннями обміну речовин і окислювально-відновних процесів [33].

Зміни в тканинах обумовлені рівнем їх нагрівання. Дія температури менш 60 °С утворює вологий некроз. Більш високі температури спричиняють висихання тканин, і розвивається сухий некроз. Оскільки інтенсивність прогрівання тканин опікової рани на різних ділянках неоднакова, то ці різновиди комбінуються в різних поєднаннях з наявністю перехідних форм [33].

Механізм утворення опіків 1-го ступеня наступний: в результаті короточасної дії невисокої температури травмуючого агента за температури 50–70 °С відбувається розширення капілярів шкіри, і вона набуває червоного забарвлення. Внутрішньо-тканинна рідина виходить в оточуючі тканини, які припухають і стають болючими. Наслідки опіку проявляються лушенням поверхневих шарів шкіри, після якого на короткий час з'являється незначно виражена пігментація [33, 34].

В свою чергу, послідовність виникнення опіків 2-го ступеня проявляється триваючим або різким впливом високої температури, що в ділянці контакту утворює випаровування вологи, розвивається гострий серозний дерматит. Епідерміс розшаровується ексудатом, і в товщі його виникають пухирі, що містять прозору жовтувату рідину з невеликою кількістю клітинних елементів. Вона швидко каламутніє і в результаті зсідання білка перетворюється в драглисту масу. У найближчі години після опіку розвивається лейкоцитарна інфільтрація. Через деякий час пухирі лопаються. Змертвілі тканини відторгаються (явище мутиляції), утворюється виразкова поверхня. Оточуюча шкіра різко гіперемійована, припухла. Через 3–4 доби розлад кровообігу і ексудативні явища зменшуються, рідина всмоктується. На дні пухирів відбувається посилений поділ клітин базального шару епідермісу, і до 7–10 доби епідерміс відновлюється. За інфікування умовно-патогенної мікрофлори загоєння затримується. У таких випадках рана загоєється, як правило, з утворенням рубця [35].

Тривалий вплив високої температури, при опіках 3-го ступеня спричиняє випаровування вологи і зсідання білка, внаслідок чого відбувається некроз шкіри. Дія гарячої рідини або пари призводить до вологого некрозу. У місці контакту – шкіра жовта, набрякла, іноді вкрита пухирями. Змертвілі тканини і виділена рідина утворюють кірку (струп). Навколо некротизованих тканин помітно судини, заповнені тромботичними масами [34].

Сухий некроз заподіюють полум'я і розжарені тверді тіла. За сухого некрозу шкіра суха, щільна, бурого або чорного кольору. Ділянка відмерлих тканин чітко відмежована запальним валиком. Навколо вогнища некрозу розвивається демаркаційне запалення. Розплавлення струпа і секвестрація триває 2–3 тижнів, після чого оголюється сформована грануляційна тканина, яка за опіків третього ступеня епітелізується з країв зі збережених компонентів шкіри [35].

З часом некротичні маси відпадають. По краях розростається нова шкіра. Загоєння закінчується утворенням рубця. За розвитку інфекції ранові поверхні нагноюються, й загоєння триває місяцями. Надалі утворюються великі, нерідко стягуючі рубці, що спричиняють спотворення і порушення функції. Загоєння збережених невеликих ділянок базального шару епітелію відбувається шляхом епітелізації [35].

Більш тривала дія високої температури за опіків 4 ступеня спричиняє випаровування вологи, зсідання білка і обуглювання м'яких тканин і кісток. Зазвичай такі опіки заподіюються відкритим полум'ям. Після відторгнення некротичних тканин оголюється дно рани, яким є підшкірна клітковина або м'язи. Ці рани, зазвичай, нагноюються. Загоєння відбувається дуже повільно з виникненням стягуючих рубців, що обмежують рухливість в суглобах. Самостійного загоєння обширних, глибоких опіків взагалі не настає. Для їх закриття потрібно оперативне відновлення шкірного покриву [36].

При визначенні джерела опіку з'ясовано, що серед термічних уражень найбільш часто трапляються опіки полум'ям [35, 36]. Вони виникають під час пожеж і вибухів. Відрізняються відкладанням кіптяви, випаданням і обгоранням волосся, поширенням ушкоджень за ходом язиків полум'я, значною глибиною, ураженням великих ділянок поверхні тіла. При огляді трупа тварини шкіра суха, щільна, від темно-червоного до чорного кольору, кінці волосся колбоподібно роздуті.

За опіків полум'ям палаючого бензину та інших легких рідин характерними є рівномірність поверхневого некрозу шкіри, по краях оточеного світло-сірою облямівкою змертвілого епідермісу [37].

Опіки гарячими рідинами і парою («ошпарювання») утворюють ділянки сіруватого кольору, що нагадують варене м'ясо. Опіки гарячою або киплячою рідиною відрізняються від інших опіків великою кількістю пухирів, без слідів кіптяви і опалення волосся, великою площею ураження. Обпалена шкіра м'яка, тістоподібної консистенції. Опікові пухирі з безбарвним або світло-жовтим вмістом. Поверхня шкіри в цьому місці жовто-червона, з просвічуючою єдиною мережею по краях опіку та уривками епідермісу сірого кольору. Шкіра з опіками III ступеня попелясто-сіра. Опіки парою зазвичай локалізуються у відкритих областях верхньої половини тіла. Обпечена парою шкіра на вигляд нагадує рожево-білий мармур [33, 34].

Опіки палаючими смолами займаючи зазвичай невелику площу, призводять до опіків IV ступеня. В глибині ран можуть зберегтися частинки агента [34].

Розпечені тіла заподіюють опіки різного ступеня залежно від їх температури і часу контакту. Опіки розжареними металевими побутовими предметами в більшості випадків неглибокі і повторюють форму контактної поверхні нагрітого предмета.

Вдихання розпеченого повітря, пари, газу спричиняє опіки дихальних шляхів [32, 33, 36]. Перебіг їх обтяжують дим, токсичні продукти горіння, нестача кисню в атмосфері, вміст у ній оксиду та діоксиду Карбону. Підвищена вологість збільшує теплопровідність гарячого повітря, яке повільно остигає і спричиняє тяжчі ураження слизової оболонки дихальних шляхів. Пошкодження зазвичай розташовуються у початкових відділах дихальних шляхів. У обпечених тварин виникає респіраторна недостатність, в основі якої лежить спазм дрібних бронхів і бронхіол. На розтині просвіт їх або щілиноподібний, або фестончастий.

Висновки

В галузі судової ветеринарної медицини трапляються випадки ураження тварин тепловим та сонячним ударами, та термічними опіками різного ступеня тяжкості. Частина з них завершується загибеллю постраждалих тварин. У наведеній праці подано огляд методологічних підходів та теоретичних засад щодо проблеми судово-ветеринарної експертизи ураження та загибелі собак і котів від високотемпературного впливу. Кримінальні провадження в таких випадках можуть відкриватися представниками правоохоронних органів з метою встановлення осіб, які внаслідок своїх дій або бездіяльності можуть бути причетними до захворювання або загибелі тварин. Судово-ветеринарному експерту за надходження подібних експертиз на виконання потрібно ретельно проаналізувати обставини, за яких тварина могла отримати тепловий чи сонячний удар або опіки, в живих тварин визначити відповідні клінічні симптоми, оцінити адекватність та обґрунтованість лікувально-профілактичних заходів (якщо такі тварині надавалися), якщо об'єктом експертизи є труп тварини – виявити відповідний комплекс патолого-анатомічних змін за результатами судово-ветеринарного розтину та додаткових досліджень (якщо в цьому виникне потреба).

Перспективами подальших досліджень вважаємо накопичення фактичного матеріалу за подібних випадків, подальше вивчення симптоматики та морфології клініко-анатомічних змін за даної патології, дослідження їх особливостей згідно видів тварин, порід, віку тощо.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Morrell, J. M. (2020). Heat stress and bull fertility. *Theriogenology*, 153, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.014>
2. Nuñez, F. R., Garcia, M. F., Rearte, R., Stornelli, M. C., Corrada, Y. A., de la Sota, R. L., & Stornelli, M. A. (2022). Heat stress and sperm production in the domestic cat. *Theriogenology*, 187, 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.05.004>
3. West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86 (6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
4. Cox, B., Gasparini, A., Catry, B., Delcloo, A., Bijnens, E., Vangronsveld, J., & Nawrot, T. S. (2016). Mortality related to cold and heat. What do we learn from dairy cattle? *Environmental Research*, 149, 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.018>
5. Thongprayoon, C., Qureshi, F., & Petnak, T. (2020). Impact of acute kidney injury on outcomes of hospitalizations for heat stroke in the United States. *Diseases*, 8 (3), 28. <https://doi.org/10.3390/diseases8030028>
6. Wohlsein, P., Peters, M., Schulze, C. & Baumgärtner, W. (2016). Thermal injuries in eterinary Forensic pathology. *Veterinary Pathology*, 53 (5), 1001–1017. <https://doi.org/10.1177/0300985816643368>
7. Rabaiotti, D., Groom, R., McNutt, J. W., Watermeyer, J., O'Neill, H. M. K., & Woodroffe, R. (2021). High temperatures and human pressures interact to influence mortality in an African carnivore. *Ecology and Evolution*, 11 (13), 8495–8506. <https://doi.org/10.1002/ece3.7601>
8. Bruchim, Y., Kelmer, E., Cohen, A., Codner, C., Segev, G., & Aroch, I. (2017). Hemostatic abnormalities in dogs with naturally occurring heatstroke. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 27 (3), 315–324. <https://doi.org/10.1111/vec.12590>
9. Bruchim, Y., Klement, E., Saragusty, J., Finkeilstein, E., Kass, P., & Aroch, I. (2006). Heat stroke in dogs: a retrospective study of 54 cases (1999–2004) and analysis of risk factors for death. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20, 38–46. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2006\)20\[38:hsidar\]2.0.co](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2006)20[38:hsidar]2.0.co)
10. Abriat, A., Brosset, C., Bregiegeon, M., & Sagui, E. (2014). Report of 182 cases of exertional heatstroke in the french armed forces. *Military Medicine*, 179 (3), 309–314. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00315>
11. Fan, H., Zhao, Y., Zhu, J., Song, F.-C., Ye, J.-H., Wang, Z., & Le, J.-W. (2015). Thrombocytopenia as a predictor of severe acute kidney injury in patients with heat stroke. *Renal Failure*, 37 (5), 877–881. <https://doi.org/10.3109/0886022X.2015.1022851>
12. Hausfater, P., Megarbane, B., Dautherville, S., Patzak, A., Andronikof, M., Santin, A., André, S., Korchia, L., Terbaoui, N., Kierzek, G., Doumenc, B., Leroy, C., & Riou, B. (2009). Prognostic factors in non-exertional heatstroke. *Intensive Care Medicine*, 36 (2), 272–280. <https://doi.org/10.1007/s00134-009-1694-y>
13. Satirapoj, B., Kongthaworn, S., Choovichian, P., & Supasyndh, O. (2016). Electrolyte disturbances and risk factors of acute kidney injury patients receiving dialysis in exertional heat stroke. *BMC Nephrology*, 17 (1). <https://doi.org/10.1186/s12882-016-0268-9>
14. Yanai, M., Klainbart, S., Dafna, G., Segev, G., Aroch, I., & Kelmer, E. (2024). Thromboelastometry for assessment of hemostasis and disease severity in 42 dogs with naturally-occurring heatstroke. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 38 (3), 1483–1497. <https://doi.org/10.1111/jvim.17041>
15. Leon, L. R., & Bouchama, A. (2015). Heat Stroke. *Comprehensive Physiology*, 611–647. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140017>
16. Bruchim, Y., Horowitz, M., & Aroch, I. (2017). Pathophysiology of heatstroke in dogs – revisited. *Temperature*, 4 (4), 356–370. <https://doi.org/10.1080/23328940.2017.1367457>
17. Epstein, Y., & Yanovich, R. (2019). Heatstroke. *New England Journal of Medicine*, 380 (25), 2449–2459. <https://doi.org/10.1056/nejmra1810762>
18. Filep, E. M., Murata, Y., Endres, B. D., Kim, G., Stearns, R. L., & Casa, D. J. (2020). Exertional heat stroke, modality cooling rate, and survival outcomes: a systematic review. *Medicina*, 56 (11), 589. <https://doi.org/10.3390/medicina56110589>

19. Yamamoto, T., Fujita, M., Oda, Y., Todani, M., Hifumi, T., Kondo, Y., Shimazaki, J., Shiraishi, S., Hayashida, K., Yokobori, S., Takauji, S., Wakasugi, M., Nakamura, S., Kanda, J., Yagi, M., Moriya, T., Kawahara, T., Tonouchi, M., Yokota, H., & Tsuruta, R. (2018). Evaluation of a novel classification of heat-related illnesses: a multicentre observational study (Heat Stroke STUDY 2012). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (9), 1962. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091962>
20. Zeller, L., Novack, V., Barski, L., Jotkowitz, A., & Almog, Y. (2011). Exertional heatstroke: clinical characteristics, diagnostic and therapeutic considerations. *European Journal of Internal Medicine*, 22 (3), 296–299. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2010.12.013>
21. Bruchim, Y., Loeb, E., Saragusty, J., & Aroch, I. (2009). Pathological findings in dogs with fatal heatstroke. *Journal of Comparative Pathology*, 140 (2–3), 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2008.07.011>
22. Imaizumi, K. (2015). Forensic investigation of burnt human remains. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 67. <https://doi.org/10.2147/rrfms.s75141>
23. Leon, L. R., & Helwig, B. G. (2010). Heat stroke: Role of the systemic inflammatory response. *Journal of Applied Physiology*, 109 (6), 1980–1988. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00301.2010>
24. Segev, G., Bruchim, Y., Berl, N., Cohen, A., & Aroch, I. (2018). Effects of fenoldopam on kidney function parameters and its therapeutic efficacy in the management of acute kidney injury in dogs with heatstroke. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32 (3), 1109–1115. <https://doi.org/10.1111/jvim.15081>
25. Petrushevskaya, L., & Summers, A. (2016). The Sunstroke. *The Baffler*, 30, 78–82.
26. Nielson, C. B., Duethman, N. C., Howard, J. M., Moncure, M., & Wood, J. G. (2017). Burns. *Journal of Burn Care & Research*, 38 (1), e469–e481. <https://doi.org/10.1097/bcr.0000000000000355>
27. Pavletic, M. M., & Trout, N. J. (2006). Bullet, bite, and burn wounds in dogs and cats. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 36 (4), 873–893. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2006.02.005>
28. Stawski, C., & Doty, A. C. (2019). A physiological understanding of organismal responses to fire. *Current Biology*, 29 (5), R146–R147. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.01.025>
29. Varghese, G. M. (2005). Predictors of multi-organ dysfunction in heatstroke. *Emergency Medicine Journal*, 22 (3), 185–187. <https://doi.org/10.1136/emj.2003.009365>
30. Bathini, T., Thongprayoon, C., Chewcharat, A., Petnak, T., Cheungpasitporn, W., Boonpheng, B., Prasitlumkum, N., Chokesuwattanasakul, R., Vallabhajosyula, S., & Kaewput, W. (2020). Acute myocardial infarction among hospitalizations for heat stroke in the United States. *Journal of Clinical Medicine*, 9 (5), 1357. <https://doi.org/10.3390/jcm9051357>
31. Bathini, T., Thongprayoon, C., Petnak, T., Chewcharat, A., Cheungpasitporn, W., Boonpheng, B., Chokesuwattanasakul, R., Prasitlumkum, N., Vallabhajosyula, S., & Kaewput, W. (2020). Circulatory failure among hospitalizations for heatstroke in the United States. *Medicine*, 7 (6), 32. <https://doi.org/10.3390/medicines7060032>
32. Prat, N. J., Herzig, M. C., Kreyer, S., Montgomery, R. K., Parida, B. K., Linden, K., Scaravilli, V., Belenkiy, S. M., Cancio, L. C., Batchinsky, A. I., & Cap, A. P. (2017). Platelet and coagulation function before and after burn and smoke inhalation injury in sheep. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 83 (1), S59–S65. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000001472>
33. Vaughn, L., & Beckel, N. (2012). Severe burn injury, burn shock, and smoke inhalation injury in small animals. Part 1: Burn classification and pathophysiology. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 22 (2), 179–186. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2012.00727.x>
34. Żwierzeło, W., Piorun, K., Skórka-Majewicz, M., Maruszewska, A., Antoniewski, J., & Gutowska, I. (2023). Burns: classification, pathophysiology, and treatment: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 24 (4), 3749. <https://doi.org/10.3390/ijms24043749>
35. Offiah, C. E. (2023). Fire-damage findings in post-mortem CT. *Clinical Radiology*, 78 (11), 812–821. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2023.03.005>
36. Sharpe, A. N., Gunther-Harrington, C. T., Epstein, S. E., Li, R. H. L., & Stern, J. A. (2020). Cats with thermal burn injuries from California wildfires show echocardiographic evidence of myocardial thickening and intracardiac thrombi. *Scientific Reports*, 10 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59497-z>
37. Burke, M., González, F., Baylis, P., Heft-Neal, S., Baysan, C., Basu, S., & Hsiang, S. (2018). Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Climate Change*, 8 (8), 723–729. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0222-x>

ORCID

- S. Harkusha  <https://orcid.org/0000-0002-7677-696X>
- R. Bokotko  <https://orcid.org/0000-0002-6217-5266>
- O. Kruchynenko  <https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>
- O. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-8613-6827>



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

Forensic veterinary examination of defeat of the dogs, cats and other animals as a result of electric shock

R. Bokotko¹ | S. Harkusha¹ | O. Kruchynenko² | O. Peredera²

Article info

Correspondence Author

O. Kruchynenko

E-mail:

oleg.kruchynenko@pdaa.edu.ua

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony St., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

²Poltava State Agrarian University, Skovorody St., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Bokotko, R., Harkusha, S., Kruchynenko, O., & Peredera, O. (2024). Forensic veterinary examination of defeat of the dogs, cats and other animals as a result of electric shock. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 105–110. doi: 10.31210/spi2024.27.02.18

One of the harmful physical factors that negatively affect a living organism is electric current. It affects animals through both direct and indirect contact. The purpose of the study is to systematize the currently available information on electric shocks to animals in terms of forensic veterinary research. There are two types of electric shocks: technical and natural. The most common type of electrocution is by technical current, either direct or alternating. It occurs when the body of animals comes into contact with objects that are conductors of live current, with faulty electrical appliances and electrical equipment. In the area of powerful electromagnetic fields due to damage to high-voltage electrical equipment, damage can occur even in the absence of direct contact. There are three types of effects of technical electric current on a living organism: electrochemical, thermal, and mechanical. Both in living animals and in dead animals, specific changes in the discharge gate (electromark), burns, mechanical damage to the skin, muscles and internal organs, tissue stratification at the microscopic level, and in case of death, signs of primary cardiac arrest, lack of blood clotting, venous and arterial hyperemia of internal organs are detected on the body. In the case of an atmospheric electric discharge, tissue carbonization, lightning, mechanical damage, charring, tearing of body parts, and tearing of the body into separate fragments are detected. The forensic veterinarian should keep in mind that death from electrocution is often sudden and there is no history. Damage from electric shock is difficult to treat and difficult to prevent. Therefore, it is necessary to differentiate electrocution of animals from diseases of a different nature and pathological processes that can also lead to sudden death. Inspection of the scene is also important, especially in the case of natural electric shock. The question arises as to the presence or absence of criminal negligence in the actions of persons responsible for the serviceability of electrical equipment in places where animals are kept. Thus, the effect of electric current on animals is a set of specific clinical and anatomical changes in the animal's body that occur under the influence of an electric discharge of man-made or natural origin.

Keywords: forensic veterinary, dogs, cats, electrical trauma, pathological processes, death.

Судово-ветеринарне дослідження за ураження собак, котів та інших тварин електричним струмом

Р. Р. Бокотько¹ | С. Є. Гаркуша¹ | О. В. Кручиненко² | О. О. Передера²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Одним із шкідливих фізичних чинників, що негативно впливають на живий організм, є електричний струм. Він впливає на тварин як через прямий, так і через непрямий контакт. Метою дослідження є систематизація наявних на сьогодні відомостей про ураження тварин електричним струмом в аспекті судово-ветеринарного дослідження. Розрізняють ураження технічним та природним електричним струмом. Найчастіше трапляється ураження технічним струмом, постійним або змінним. Виникає воно за контакту тіла тварин із предметами-провідниками струму, що знаходиться під напругою, із несправними електроприладами та електрообладнанням. В зоні виникнення потужних електромагнітних полів за пошкодження високовольтного електрообладнання ураження може виникнути навіть за відсутності прямого контакту. Відомо три типи дії технічного електричного струму на живий організм: електрохімічна, термічна, механічна дія. Як в живих тварин, так і в мертвих, на тілі виявляють специфічні зміни у вхідних воротах розряду (електромітки), опіки, механічні пошкодження шкіри, м'язів та внутрішніх органів, розшарування тканин на мікроскопічному рівні, у разі смерті, крім того – ознаки первинної зупинки серця, відсутність зсідання крові, венозну та артеріальну гіперемію внутрішніх органів. За ураження атмосферним електричним розрядом, тобто блискавкою, виявляють механічні ушкодження, обвуглювання, відрив частин тіла, розриви тіла на окремі фрагменти. Судово-ветеринарному експерту слід пам'ятати, що смерть від ураження електричним струмом часто буває раптовою, анамнестичні дані відсутні. Ушкодження від ураження електричним струмом важко піддаються лікуванню і важко попередити. Тому необхідно диференціювати ураження тварин електричним струмом від хвороб іншої природи і патологічних процесів, які також можуть призвести до раптової смерті. Важливе значення має і огляд місця подій, особливо за ураження природним електричним струмом. Постає питання про наявність чи відсутність злочинної недбалості в діях осіб, які відповідають за справність електрообладнання у місцях утримання тварин. Отже, дія електричного струму на тварин – це комплекс специфічних клініко-анатомічних змін в організмі тварини, які виникають під впливом електричного розряду техногенного чи природного походження.

Ключові слова: судова ветеринарія, собаки, коти, електротравма, патологічні процеси, смерть.

Бібліографічний опис для цитування: Бокотько Р. Р., Гаркуша С. Є., Кручиненко О. В., Передера О. О. Судово-ветеринарне дослідження за ураження собак, котів та інших тварин електричним струмом. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 105–110.

Електро травми у тварин найчастіше трапляються випадково. Вони включають в себе контакт з різними формами струму – змінним та постійним. Залежно від різних параметрів струму (включаючи тип ланцюга, напругу, силу струму і тривалість впливу) і стану тварини (наприклад, мокрого або сухого волосяного покриву і шляху проходження струму через тіло), ураження можуть бути відсутніми або включати ранній чи локальний розвиток трупного задубіння, ознак гострої недостатності кровообігу або важких термоелектричних опіків. Такі опіки можуть проявлятися у вигляді зовнішніх слідів струму, посіченого волосся або пір'я, металізації шкіри або, іноді, внутрішньої електропорації, що призводить до некрозу м'язів, гемолізу, пошкодження судин з тромбозом, пошкодження головного і спинного мозку або переломів кісток скелета. Крім того, удари блискавки трапляються у тварин, що випасаються на пасовищах й мають більший ризик загибелі від крокового потенціалу (струму землі) на додаток до прямих ударів і контактних травм. У таких випадках на підшвах копит або коронарних смугах можуть бути відсутні будь-які ушкодження, зовнішні ознаки лінійних або точкових опіків, вихідні опіки. Окрім детальної інформації про обставини на місці, де було знайдено тварину, електро травми у тварин вимагають ретельного морфологічного дослідження, включаючи додаткові дослідження в поєднанні з певними знаннями про можливий спектр ураження.

Розрізняють ураження технічним та природним електрострумом.

Більшість випадків уражень спричиняє технічний електрострум за контакту тварини з оголеним дротом під напругою, пошкодженими електричними розетками, електроприладами побутового характеру, безпосередньо при дотику до електроогорожі, електропастуха та іншими предметами, які несуть загрозу ураженням електричним струмом тварин [1–4]. Нерідко тварини стають жертвами з власної ініціативи, наприклад, перегризаючи електропроводи, нападаючи на людину, озброєної засобами на кшталт електрошокера. Кримінальні провадження, пов'язані із ураженням та загибеллю тварин від дії технічного електроструму, виникають у випадку підозри на прояв злочинної недбалості технічного персоналу, що відповідає за справність електрообладнання, підозри на здійснення катування тварин електрострумом, використання електро струму як засобу незаконної риболовлі тощо.

Електричний струм поділяють на струм постійного та змінного характеру [5]. За дії електричного струму патогенез ураження як постійним, так і змінним струмом може бути подібний між собою за загальними ознаками, А при достатньо високих температурах уже несе величезну загрозу для організму його життя саме постійний струм. [5, 6]. В умовах господарств, промислових підприємств, домогосподарств в основному трапляється ураження змінним струмом [7–10].

Дія електричного струму залежить безпосередньо від таких характеристик, як частота струму, його сила та напруга [11–15].

Напруга електричного струму від 3000 вольт і більше є найбільш небезпечною для живого організму [15, 16]. В усіх мережах побутового користування зазвичай використовують електричний струм, який має напругу 220 В або, рідше, 380 В, тобто є двофазним чи трифазним [17–19]. Найчастіше ураження виникають за дії струму напругою 100–1500 вольт [5, 18].

Вважається що електричний струм є безпечним для життя тварини та людини з величиною 40–60 Гц. Коли частота струму збільшується, то ризик пошкодження живого організму буде зменшуватися, при високих частотах електричного струму 10000 Гц чи 20 000 Гц патологічна дія на живі тканини організму зазвичай взагалі не виявляється, адже високочастотні електричні струми часто використовуються у терапевтичних цілях [20–23].

Ампер – це одиниця виміру сили струму. Летальність є високою ймовірною за ураження струмом силою від 100 до 500 мА [19, 24, 27].

Вплив електричного струму на організм залежить від умов, в яких знаходиться тварина, від стану опірності організму до електричного струму, від матеріалів, з яких виготовлено провідник [19, 25, 27, 35].

Струм в організмі тварини може розповсюджуватися при наявності відповідних умов що супроводжуються входом та виходом електричного розряду [23, 28]. Якщо відбувається контакт одночасно з декількома електродами, виникає двополосне чи трьохполосне включення, тому при контакті з різними частинами тіла організму тварини з одним електродом та із заземленням спостерігається однополосне включення [19, 29, 30]. За наявності контакту двох різнойменних полюсів з різними ділянками тіла тварини спостерігається повне включення, з однією й тою самою частиною тіла – часткове включення [32, 33]. Коли спостерігається ураженням струмом високої напруги, може мати місце як безпосередній контакт з провідником, так і розряд іншого характеру, коли провідником стає повітря внаслідок іонізації електричним струмом [34, 35]. Електрична дуга може сягати в довжину 35 см, а коли вологість повітря висока, її довжина може зростати. [28, 30, 33]. Крокове ураження напругою супроводжується дотиком тварини до точок ґрунту із різними електричними потенціалами [29]. Це спостерігається при заземленні пошкодженого кабелю, при падінні на землю високовольтною технічної споруди або високовольтного електропроводу [33–35]. Тому тварин не рекомендується випасати, вигулювати, утримувати поруч з високовольтними лініями електропередач [5, 11].

Реєструється три типи дії електричного струму на організм тварин і людей: електрохімічна дія, термічна дія, та механічна дія [12].

Електрохімічний вплив зумовлений подібністю електричного струму та нервового імпульсу в організмі тварин. Нервова тканина, по суті, стає провідником струму, нервова регуляція органів, які знаходяться на шляху електричного струму в організмі тварини доволі сильно порушується [1, 5, 12, 13, 27].

Дезінервація життєво важливих органів зумовлює раптову смерть (коли петля електричного струму буде проходити у першу чергу через серце або органи центральної нервової системи) [1, 2, 7, 13, 17]. Також вплив електричного струму зумовлює порушення іонної рівноваги в тканинах організму, що призводить до відмирання клітин і тканин [1, 2, 10, 13, 27]. В ділянці впливу аноду спостерігається тотальна коагуляція тканин, а біля катода вологий некроз [5, 13, 27].

Опікова дія на організм тварини буде виникати за дуги спалаху електроструму в основному при коротких замкненнях, тоді електрична енергія частково переходить у теплову [33–35]. Виникають опіки, різні мітки на тілі, обвуглювання тканини. Цікаво, що обвуглена тканина набуває властивостей діелектрика і надалі перешкоджає подальшому надходженню в тканини електричного струму [33–35].

При впливі струму високої напруги спостерігається механічна дія на організм, коли електрична енергія частково перетворюється на кінетичну. Крім цього, струм ініціює скорочення м'язів із виникненням судом, а отже, їх масове розтягнення в організмі тварини, а також розриви, надриви та навіть переломи кісток [4, 11, 20, 33].

Підсилює ураження велика вологість повітря, перебування в воді, наявність захворювань серцево-судинної, ендокринної, сечовидільної систем, анемії, перегрівання тощо [7–9].

За ураження електричним струмом тварин в переважній більшості випадків ураження настає раптова смерть тварини. Незначні ураження струмом можуть часто перебігати без будь-яких клінічних ознак та морфологічних змін [1, 8, 9]. Стан організму при ураженні струмом як шоківий. Електрошок завжди буде супроводжуватися больовими відчуттями, за походженням він є нейрогенним [11, 20, 34]. Внаслідок ураження електричним струмом відбувається больове подразнення рецепторів, нервів, сплетінь, спазми скелетних м'язів, серця, судин [12, 20, 29]. Смерть може настати не одразу після ураження, а протягом певного тривалого періоду чи часу, бо можуть бути уражені вазомоторний та/або дихальний центри довгастого мозку чи кори великих півкуль [2, 7, 9]. Також в момент розряду скорочення м'язів експіраторів, як правило, є сильнішим, ніж в інспіраторів, що спричиняє затруднення дихання, гіпоксію [3, 4, 9, 25, 33, 34].

За клінічних обстежень виявляють сліди контакту безпосередньо на поверхні тіла, тобто електромітки, які виникають у місці входу струму, термічні опіки та механічні ушкодження тканин [2, 10, 14, 33, 34].

Судово-ветеринарна експертиза трупів тварин. Загибель тварин при ураженні електрострумом настає внаслідок тотального паралічу центрів дихання у головному мозку тварини або тимчасовим первинною зупинкою серця, що ініційована параліч судинно-рухових центрів головного мозку у шлуночках серця [27, 33, 35].

При огляді трупа потрібно звертати увагу на наявність вхідних воріт електричного розряду, де виникає електрична мітка. Електромітка має округлу або овальну форму. У даній ділянці шкіра на дотик суха, ущільнена, шерсть може бути підпалена.

Електромітка має вигляд западини, краї завжди будуть підняті догори, валикоподібні [11, 33–35].

В тканинах, що оточують електромітку, майже ніколи не спостерігають запалення. Забарвлення електроміток сіро-біле, як в тканин при коагуляційному некрозі, але може змінюватись за імпрегнації шкірного покриву металом, з якого був зроблений провідник [19, 20, 24]. Металізація шкірного покриву виникає шляхом дифузії іонів металу в ділянку шкіри в електромагнітному полі й буде спостерігатися навіть при дуговому розряді, коли немає безпосереднього контакту поверхні тіла тварини з електродом [6, 15, 16]. За кольором електромітка буде нагадувати метал якого був виготовлений сам провідник. Буро-коричневий колір характерний для сталевих провідників, сіро-жовтий для свинцевих, зеленуватий для мідних [24, 33, 34]. Електромітки можуть мати вигляд подряпин чи саден які можуть супроводжуватися змозолінням шкіри, пігментації, крапкових крововиливів [3, 8, 20, 28, 30].

У тканині підшкірної клітковини, скелетних м'язях, внутрішніх органах за ходом електричного струму можуть спостерігатися набряки, сухі та вологі некрози. Мікронадриви, надриви, розриви тканини, опіки I-IV ступенів також можуть мати місце [21, 34, 35].

В кістках можуть спостерігатися своєрідні утворення – «перлинне намисто». Це кульки діаметром 4-6 мм, виплавлені у кістковій тканині. Волога у місці проходження електричного струму випаровується, а розплавлені кристали фосфату кальцію залишатимуться у вигляді специфічних кульок [1, 8, 9].

Часто буде спостерігатися гостра гіперемія венозного характеру внутрішніх органів, численні крапкові крововиливи, під серозними оболонками, особливо під плеврою та перикардом. Кров має забарвлення темно-червоного кольору, розріджена, не зсідается [5, 22, 25, 27, 28, 35].

Мікроскопічні зміни спостерігають в шкірі, а особливо в ділянці електроміток, тому уражена шкіра підлягає гістологічному дослідженню [5, 20, 28]. В блискучому та роговому шарах епідермісу спостерігають множинні дрібні порожнини [34, 35]. Комірки є округлими, овальними чи полігональними, розташовані скупчено або окремо одна від одної. Ці шари епідермісу зазвичай відділені від зернистого шару [34, 35]. Можуть також бути виражені окремі порожнини в зернистому та остистому шарах епідермісу, інколи він повністю може відшаруватися від дерми і нависати над нею у міхуроподібному вигляді. Межі клітин епідермісу не чітко виражені, а ядра клітин базального та зернистого й остистого шарів розміщені на біля клітинних оболонок [6, 34, 35]. Частинки металу шкірного покриву можна спостерігати при застосуванні різних гістохімічних методів фарбування гістопрепаратів наприклад частинки заліза фарбуються за Перлсом чи за Тірманом [4, 12, 33]. Частинки металу в шкірі можна виявити також спектрографічними та рентгенографічними методами [6, 14, 20].

Ураження природною (атмосферною) електрикою. В практичній діяльності лікаря ветеринарної медицини може мати місце ураження тварин

природним атмосферним струмом [34, 35]. Такі ураження можуть кваліфікуватися юридично як нещасний випадок або ж злочинна недбалість внаслідок порушення техніки безпеки експлуатації тварин, наприклад, пастухи під час грози не заганяють тварин в приміщення, щоб сховати від удару атмосферного струму, залишають тварин під деревами, що підвищує ризик удару блискавки тощо [1, 8, 9, 18, 25, 33].

Блискавка – це електричний іскровий розряд з гігантським потенціалом, що може виникати між однаковими двома протилежними наелектризованими хмарами, або між хмарою і певним предметом на поверхні землі й характеризується яскраво-світлим спалахом природного світла та звуковим супроводом громовиці. Сила струму в блискавці складає сотні ампер, напруга десятки тисяч вольт [1, 34, 35].

Виникають блискавки зазвичай під час сильної грози. Удар блискавкою буде схожий на прямий контакт з електрострумом (безпосередньо у тіло тварини чи людини або поруч на відкритій ділянці земної поверхні). Відомі випадки ураження незаземлених будівель, де можуть перебувати тварини. Електричний струм від блискавки в такому разі може розповсюджуватися самою електромережею й здатен вражати тварин і людей через електрообладнання [18, 26, 35].

Кулясті блискавки здатні проходити через відкриті частини будівель в середину приміщень, де знаходяться тварини, через вікна, двері вентиляційні отвори та ліфтові шахти. Електрика атмосферного характеру має здатність накопичуватися біля високовольних споруд, дерев, будинків, мостів, виступів рельєфу [2, 12, 20].

Дія розряду блискавки триває в дуже обмеженому часі, від однієї мікросекунди до однієї секунди. Існують такі види впливу розряду блискавки на живий організм [34, 35]. Електрохімічна дія – це ураження, яке подібне до такого при дії технічного електроструму. Термічна дія спричиняє опіки, обуглювання ділянок тіла тварини [8, 12, 20]. Механічна дія – це ушкодження які будуть викликати травму тканин біологічного об'єкта. Акустична дія – це вплив звуку низької частоти із великим рівнем шуму на організм тварини. За удару блискавки тварина рідко залишається живою. Тобто смерть, як правило, настає раптово [34, 35]. Клінічні ознаки, таким чином, фіксують дуже рідко. Будуть спостерігатися опіки від першого до четвертого ступеня й утворення місць випадіння волосся [1, 8]. В перші 10-15 хвилин на шкірі тварини після удару блискавкою виникають лінії розгалуження на тілі тварини, темно-рожевого кольору зі світлим відтінком чи червоного кольору, так звані «фігури блискавки» або «громові фігури» [2, 9]. Ці утворення виникають внаслідок різкого розширення судин (вазомоторна гіперемія), в першу чергу артерій та артеріол шкірного покриву тварини за ходом руху електричного струму після удару блискавкою. Вони згодом, як правило, безслідно зникають без будь-якого прояву. В тварин фігури блискавки особливо важко спостерігати, тому що шкіра в тварин, як правило, пігментована, має розвинений

шерстний волосяний покрив [15, 30, 35]. Буде виражена чітка гіперестезія різних ділянок тіла ураженої тварини чи людини. Може спостерігатися оторагія, внаслідок розриву барабанних перетинок вуха. Часто можуть траплятися паралічі та парези кінцівок, параплегії, розлади серцебиття та дихання (серцеві аритмії, диспноє, апноє тощо) [5, 29, 30].

Дія на організм тварин і людей кулястої блискавки на даний час недостатньо вивчена, як і її причини та механізм виникнення. Куляста блискавка здатна вражати електричними розрядами абсолютно різного типу і наслідки ураження можуть бути дуже різноманітними – від відсутності будь-яких клінічних симптомів до миттєвої загибелі [6, 29, 33].

Важливе значення за ураження атмосферною електрикою має огляд місця подій. Топографічно при ураженні електричним розрядом блискавки тварини (людини) остання стає епіцентром зони ураження, яка може мати діаметр 6–9 м. В цьому місці виникають ознаки дії розряду на оточуючих уражену тварину чи людину формах рельєфу, предметах, рослинності тощо [11, 20, 34]. Може виявлятися заглиблення у місті входу розряду в земну породу, дерева й куші можуть бути посічені, розщеплені, обуглені, пошкоджені будівлі або інші конструкції, із слідами горіння, оплавлення тощо. Все це за наявності має бути зафіксовано у протоколах огляду місця подій, а також на фото та/або відео [3, 18, 28, 33].

Судово-ветеринарна експертиза трупа. Зовнішнім оглядом трупа виявляють опіки з різною площею ураження, ступенем від першого до четвертого [5, 10, 19, 29]. Часто опіки мають розгалужену форму. За характером змін вони ідентичні з термічними опіками аналогічного ступеня. У випадках дослідження трупа одразу після події можна спробувати виявити «фігури блискавки» [9, 18, 20, 33]. Дуже рідко в ділянках опіків можуть виявлятися округлі отвори із обугленими краями, дещо схожі на вхідні вогнепальні отвори [34]. Також виявляють механічні ушкодження у вигляді часткових чи повних розривів скелетних м'язів, розриви чи надриви внутрішніх органів, тріщини чи переломи кісток, відривів чи надривів частин тіла. Відомі випадки, коли тіла людей чи тварин внаслідок удару блискавки розривалися на кілька частин, які розкидалися в радіусі 2–5 м [2, 17, 29, 35].

Металеві предмети, які знаходяться всередині чи на поверхні тіла, (ланцюги, нашійники, штифти, у людей елементи одягу та вміст кишень) можуть бути розплавлені прямо на тілі з імпрегнацією тканин металом [8, 16, 25, 35]. Можуть траплятися опіки шкіри у вигляді «відбитків» металевих предметів. Відомі випадки й відсутності будь-яких ушкоджень на тілі загиблої від удару блискавкою тварини чи людини [7, 20, 35].

Більшість змін на мікроскопічному рівні за ураження блискавкою є подібними таких за ураження електричним струмом технічного характеру [1, 33, 35].

При контакті з кулястою блискавкою на шкірі інколи спостерігають рисунки, які нагадуватимуть предмети, що оточували її до ураження. Подібні явища описані в людини, але не в тварин [11, 20, 34, 35].

Висновки

Ураження тварин технічним та, особливо, природним електричним струмом на сьогодні залишаються маловивченим як в клінічній, так і в патоморфологічній практиці, а також в судово-ветеринарному аспекті. У більшості випадків причиною смерті є випадковий контакт з електричним струмом. Для визначення причини смерті та можливої причетності до смерті тварин певних осіб необхідна детальна інформація про обставини, за яких відбулася загибель тварини, особливості місця подій та ретельного морфологічного дослідження трупа у кожному окремому випадку. Часто лише незначні характерні зміни, можуть бути єдиною зачіпкою для встановлення характеру та обставин події, за наслідками якої відкривають кримінальні провадження. Описано та систематизовано основні клініко-морфологічні зміни за ураження природним та технічним електрострумом, особливості судово-експертного дослідження у подібних випадках. Лікар ветеринарної медицини – патоморфолог, судово-ветеринарний експерт повинен бути обізнаний зі спектром уражень, спричинених технічним електричним струмом та ударами блискавки, а також із особливостями та можливими результатами інших досліджень, що здатні підтвердити або заперечити наявність електротравми.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Adjutanitis, G., & Skalos, G. (1962). The identification of the electrical burn in cases of electrocution by the acroreaction test. *Journal of Forensic Medicine*, 9, 101–105.
2. Bedenice, D., Hoffman, A. M., McDonnel, J., & Parrott, B. (2001). Vestibular signs associated with suspected lightning strike in two horses. *Veterinary Record*, 149 (17), 519–522. <https://doi.org/10.1136/vr.149.17.519>
3. Jia-ke, C., Li-gen, L., Quan-wen, G., Xiao-peng, S., Hai-jun, Z., Zhi-yong, S., Zhi-qiang, W., & Cai, Z. (2009). Establishment of soft-tissue-injury model of high-voltage electrical burn and observation of its pathological changes. *Burns*, 35 (8), 1158–1164. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2009.02.010>
4. Evans, P. M., Armour, M. D., & Dubielzig, R. R. (2011). Ocular lesions following suspected lightning injury in a horse. *Veterinary Ophthalmology*, 15 (4), 276–279. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2011.00983.x>
5. Kinoshita, H., Nishiguchi, M., Ouchi, H., Minami, T., Kubota, A., Utsumi, T., Sakamoto, N., Kashiwagi, N., Shinomiya, K., Tsuboi, H., & Hishida, S. (2004). The application of a variable-pressure scanning electron microscope with energy dispersive X-ray microanalyser to the diagnosis of electrocution: a case report. *Legal Medicine*, 6 (1), 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2003.08.006>
6. Dees, D. D., & MacLaren, N. E. (2012). Presumptive electric cataracts in a Great Horned owl (*Bubo virginianus*). *Veterinary Ophthalmology*, 16 (1), 73–76. <https://doi.org/10.1111/j.1463-5224.2012.01013.x>
7. Acar, K., Boz, B., Kurtulus, A., Divrikli, U., & Elci, L. (2004). Using of atomic absorption spectrometry for diagnosis of electrical injuries (an experimental rat study). *Forensic Science International*, 146, S3–S4. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.09.007>
8. Andrews, C. (1995). Structural changes after lightning strike, with special emphasis on special sense orifices as portals of entry. *Seminars in Neurology*, 15 (03), 296–303. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1041035>
9. Bier, M., Chen, W., Bodnar, E., & Lee, R. C. (2005). Biophysical injury mechanisms associated with lightning injury. *Neuro Rehabilitation*, 20 (1), 53–62. <https://doi.org/10.3233/nre-2005-20110>
10. Boeve, M. H., Djajadiningrat-Laanen, S. C., Grinwis, G., & Huijben, R. (2004). Visual impairment after suspected lightning strike in a herd of Holstein-Friesian cattle. *Veterinary Record*, 154 (13), 402–404. <https://doi.org/10.1136/vr.154.13.402>
11. Cherington, M., McDonough, G., Olson, S., Russon, R., & Yarnell, P. R. (2007). Lichtenberg figures and lightning: case reports and review of the literature. *Cutis*, 80 (2), 141–143.
12. Cherington, M., Olson, S., & Yarnell, P. R. (2003). Lightning and Lichtenberg figures. *Injury*, 34 (5), 367–371. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(02\)00313-3](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(02)00313-3)
13. Cooper, M. A., Andrews, C. J., & Holle, R. L. (2007). Lightning injuries. *Wilderness Medicine*, 67–108. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-03228-5.50008-2>
14. Dettmeyer, R. B. (2011). *Forensic histopathology*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20659-7>
15. Ghandour, N. M., Refaiy, A. E., & Omran, G. A. (2014). Cardiac histopathological and immunohistochemical changes due to electric injury in rats. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 23, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2014.01.007>
16. Huang, Q.-Y., Chen, Y.-C., & Liu, S.-P. (2012). Reduction in Purkinje fiber number in rats undergone fatal electrocution. *American Journal of Forensic Medicine & Pathology*, 33 (1), 19–21. <https://doi.org/10.1097/paf.0b013e3181eafbe7>
17. Huang, Q. Y., Chen, Y. C., & Liu, S. P. (2012). Connexin 43, angiotensin II, endothelin 1, and type III collagen alterations in heart of rats having undergone fatal electrocution. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 33, 215–221. <https://doi.org/10.1097/paf.0b013e31823f04eb>
18. Karger, B., Suggeler, O., & Brinkmann, B. (2002). Electrocution-autopsy study with emphasis on "electrical petechiae". *Forensic Science International*, 126, 210–213. [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(02\)00061-0](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(02)00061-0)
19. Kroll, M. W., Fish, R. M., Lakkireddy, D., Luceri, R. M., & Panescu, D. (2012). Essentials of low-power electrocution: Established and speculated mechanisms. *2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. <https://doi.org/10.1109/embc.2012.6347297>
20. Knox, R. V., Shipley, C. F., & Bressner, G. E. (2014). Mortality, morbidity and fertility after accidental electrical shock in a swine breeding and gestation barn. *Journal of Swine Health and Production*, 22, 300–305.
21. Kroll, M. W., & Panescu, D. (2012). Physics of electrical injury. *Atlas of Conducted Electrical Weapon Wounds and Forensic Analysis*, 25–45. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3543-3_2
22. Lehman, R. N., Kennedy, P. L., & Savidge, J. A. (2007). The state of the art in raptor electrocution research: a global review. *Biological Conservation*, 136, 159–174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.015>
23. Muehlberger, T., Vogt, P. M., & Munster, A. M. (2001). The long-term consequences of lightning injuries. *Burns*, 27, 829–833. [https://doi.org/10.1016/S0305-4179\(01\)00029-8](https://doi.org/10.1016/S0305-4179(01)00029-8)
24. Melero, M., Gonzalez, F., & Nicola's, O. (2013). Detection and assessment of electrocution in endangered raptors by infrared thermography. *BMC Veterinary Research*, 9(1), 149. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-149>
25. Ohashi, M., Hosoda, Y., & Fujishiro, Y. (2001). Lightning injury as a blast injury of skull, brain, and visceral lesions: clinical and experimental evidences. *The Keio Journal of Medicine*, 50, 257–262. <https://doi.org/10.2302/kjm.50.257>
26. Ros, C., de la Fuente, C., & Pumarola, M. (2015). Spinal cord injury secondary to electrocution in a dog. *Journal of Small Animal Practice*, 56 (10), 623–625. <https://doi.org/10.1111/jsap.12325>
27. Kumar, V., & Kumar, V. (2015). Seasonal electrocution fatalities in free-range rhesus macaques (*Macaca mulatta*) of Shivalik hills area in northern India. *Journal of Medical Primatology*, 44, 137–142. <https://doi.org/10.1111/jmp.12168>
28. Ozmen, O., & Haligur, M. (2007). Heart lesions following accidental electrocution of dairy cattle. *Veterinary Record*, 161, 240–241. <https://doi.org/10.1136/vr.161.7.240>

29. Seo, C. H., Jeong, J. H., & Lee, D. H. (2012). Radiological and pathological evaluation of the spinal cord in a rat model of electrical injury-induced myelopathy. *Burns*, 38, 1066–1071. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2012.02.016>
30. Toygar, M., Demirel, B., & Karšlioglu, Y. (2010). Nuclear morphometry in epidermal changes due to electrical current and thermal energy: trial for usage of image analysis in histological sections. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 31, 227–231. <https://doi.org/10.1097/paf.0b013e3181e214a5>
31. Verhoeff, J., Hogendoorn, M. P., & Wouda, W. (2007). Vier melkkoeien dood door elektrocutie. *Tijdschr Diergeneeskd*, 132, 962–964.
32. Viner, T. C., Kagan, R. A., & Johnson, J. L. (2014). Using an alternate light source to detect electrically singed feathers and hair in a forensic setting. *Forensic Science International*, 234, 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.10.033>
33. Zack, F., Rothschild, M. A., & Wegener, R. (2007). Lightning strike-mechanisms of energy transfer, cause of death, types of injury. *Deutsches Ärzteblatt*, 104 (51–52), 3545–3549.
34. Zele, D., Bidovec, A., & Vengust, G. (2006). Atmospheric flash injuries in roe deer (*Capreolus capreolus*). *Acta Veterinaria Hungarica*, 54, 43–49. <https://doi.org/10.1556/avet.54.2006.1.5>
35. Price, T. G., & Cooper, M. A. (2013). Electrical and lightning injuries. In: J. Marx, R. Walls, R. Hockberger, (Eds.), *Rosen's Emergency Medicine-Concepts and Clinical Practice*, 8th ed. (pp. 1906–1914). PA: Elsevier Health Sciences, Philadelphia.

ORCID

- R. Bokotko  <https://orcid.org/0000-0002-6217-5266>
- S. Harkusha  <https://orcid.org/0000-0002-7677-696X>
- O. Kruchynenko  <https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>
- O. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-8613-6827>



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

On the issue of forensic examination of the corpses of dogs and cats killed as a result of falling from a height

B. Borysevich¹ | O. Kruchynenko² | O. Peredera²

Article info

Correspondence Author
Kruchynenko O.

E-mail:

oleg.kruchynenko@pdaa.edu.ua¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony St., 15, Kyiv, 03041, Ukraine²Poltava State Agrarian University, Skovorody St., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine**Citation:** Borysevich, B., Kruchynenko, O., & Peredera, O. (2024). On the issue of forensic examination of the corpses of dogs and cats killed as a result of falling from a height. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 111–116. doi: 10.31210/spi2024.27.02.19

The article provides an overview of the causes and circumstances of animal falls from a height in comparison with similar cases in humans. In forensic veterinary practice, there are cases of injury and/or death of animals due to falls from a height, as a rule, criminal proceedings are opened in the circumstances of falls from the windows of high-rise buildings. The main question that the investigation needs to answer in such cases is whether the animal fell out of the window on its own initiative or was thrown intentionally. In the latter case, such acts are considered cruelty to animals and the perpetrator of such a crime is liable under the Criminal Code of Ukraine. Four cases of dogs and cats falling from a height are considered, forensic veterinary examinations on which were carried out in specialized institutions in Kyiv. In three of these cases, the victims were dogs, and in the fourth case, a cat with kittens. In three of the four cases, the animals were thrown out of the window intentionally. The forensic veterinary examination was carried out by performing a forensic autopsy with a description, photographing the findings and drawing up a forensic expert's conclusions based on the results. The following consequences of falling from a height were found: spleen ruptures were observed in 57 % of cases, liver ruptures in 71.5 % of cases, fractures of various bones in 57 % of cases, hemoperitoneum in 86 % of cases, hemothorax in 14 % of cases, cranial hemorrhages in 28.5 % of cases, lung rupture in 14 % of cases, subcutaneous hematomas, hemorrhages in the thickness or under the capsule of internal organs, anemia, and exsanguination in 100 % of cases. One of the animals also had a ruptured bladder. Death in all cases occurred immediately or within hours of the fall due to fatal blood loss. The small number of bone injuries, usually of the peripheral skeleton, in animals compared to humans is explained by the ability of animals to group during a fall and the cushioning properties of thick hair. It is recommended that when performing forensic veterinary examinations of animal corpses that have died as a result of falling from a height, the presence of injuries caused by the mechanical impact of impact on a hard surface (wounds, bone fractures), injuries caused by concussion (tears of internal organs and blood vessels, hemorrhages), the presence or absence of other injuries or pathological processes should be taken into account.

Keywords: forensic veterinary examination, dogs, cats, falls from a height, trauma.

До питання судово-експертного дослідження трупів собак і котів, загиблих внаслідок падіння з висоти

Б. В. Борисевич¹ | О. В. Кручиненко² | О. О. Передера²¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Наведено огляд причин та обставин падіння тварин з висоти у порівнянні з подібними випадками в людей. У судово-ветеринарній практиці трапляються випадки травмування та/або загибелі тварин внаслідок падіння з висоти, як правило, кримінальні провадження відкривають за обставин падіння з вікон багатоповерхівок. Основним питанням, на яке слідству необхідна відповідь у подібних випадках, є таке: чи тварина випала з вікна з власної ініціативи, чи її скинули навмисно. В останньому випадку такі вчинки вважаються жорстоким поводженням з тваринами і особа, що скоїла такий злочин, несе відповідальність згідно Кримінального кодексу України. Розглянуто чотири випадки падіння собак та котів з висоти, судово-ветеринарні експертизи за якими виконувались в профільних установах м. Києва. В трьох з цих випадків жертвами були собаки, в четвертому – кішка з кошенятами. В трьох з чотирьох випадків тварин було викинуто з вікна навмисно. Судово-ветеринарну експертизу проводили шляхом виконання судово-ветеринарного розтину із описом, фотографуванням знахідок та складанням за одержаними результатами висновків судового експерта. Було встановлено такі наслідки падіння тварин з висоти: розриви селезінки спостерігали в 57 % випадків, розриви печінки в 71,5 % випадків, переломи різних кісток в 57 % випадків, гемоперитонеум в 86 % випадків, гемоторакс в 14 % випадків, крововиливи в черепно-мозкову порожнину в 28,5 % випадків, розрив легень в 14 % випадків, підшкірні гематоми, крововиливи в товщі або під капсулою внутрішніх органів, анемічність, знекровлення в 100 % випадків. В однієї з тварин було також виявлено розрив сечового міхура. Смерть в усіх випадках наставала одразу або протягом кількох годин після падіння внаслідок летальної крововтрати. Невелика кількість травм кісток, як правило, периферичного скелету, в тварин порівняно із людьми пояснюється здатністю тварин групуватися під час падіння а також амортизуючими властивостями густого волоссяного покриву. Рекомендовано при виконанні судово-ветеринарних експертиз трупів тварин, які загинули внаслідок падіння з висоти, враховувати наявність пошкоджень, спричинених механічною дією удару об тверду поверхню (рани, переломи кісток), пошкоджень, спричинених струсом (розриви внутрішніх органів та судин, крововиливи), наявність або відсутність інших пошкоджень чи патологічних процесів.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, собаки, коті, падіння з висоти, травма.**Бібліографічний опис для цитування:** Борисевич Б. В., Кручиненко О. В., Передера О. О. До питання судово-експертного дослідження трупів собак і котів, загиблих внаслідок падіння з висоти. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 111–116.

Вступ

Серед кримінальних проваджень щодо загибелі собак та котів значне місце посідають випадки судово-ветеринарної експертизи трупів цих видів тварин із такою причиною смерті, як травма. Тварини можуть отримувати травми внаслідок агресивних дій щодо них людей, інших тварин, при контакті з транспортним засобами, побутовими предметами та пристроями тощо. Як свідчить досвід судово-ветеринарної експертної діяльності, певний відсоток серед причин, за якими представниками органів правопорядку порушуються кримінальні провадження з приводу загибелі тварин або отримання тілесних пошкоджень тваринами, які вижили, припадає на випадки падіння тварин з висоти [1].

В судовій практиці зафіксована велика кількість випадків падіння з висоти як людей, так і тварин. Частіше це трапляється в людей [2]. Падіння з висоти людей може відбуватися з вікон багатоповерхових будинків, з дерев, висотних конструкцій, в гірській місцевості при потрапленні в прірви, внаслідок авіа-катастроф, за несправності обладнання при стрибках з парашутом тощо. Падіння може бути спонтанним, внаслідок нещасних випадків, та навмисним, у випадках страти (в добу середньовіччя в країнах як Європи, так і Азії практикувалося скидання засуджених до смерті зі скель, веж), вбивства (жертву скидають з вікна або з даху будівель), самогубства (самовикидання з вікон, мостів) [3]. Виникненню нещасних випадків, пов'язаних із падінням з висоти, сприяє перебування людей у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, психічні захворювання тощо [4, 5].

Серед тварин причин падіння з висоти значно менше. Відсутній чинник алкогольного чи наркотичного сп'яніння, чинник самогубства (тваринам в більшій мірі, ніж людям, притаманний інстинкт самозбереження), тварини відсутні на висотних конструкціях (башти, електроопори). Тварини, які мешкають в гірській місцевості, пристосовані до пересування по ній, і рідко коли зриваються в прірву. Тварини, які пристосовані до лазання по деревам, наприклад, коти свійські, мають певні пристосування до існування в такому середовищі, непристосовані – не лазають по деревам, тому падіння з дерева серед тварин також є рідкістю. Практика судової ветеринарної медицини в Україні свідчить, що випадки, в яких представниками правоохоронних органів призначаються судово-ветеринарні експертизи за обставин падіння тварин з висоти, стосуються, як правило, випадання тварин з вікон багатоповерхівок. Ключовим питанням, що в таких випадках розслідується слідчими, є таке: тварина випадково, з власної ініціативи вистригнула з вікна, або її навмисне скинуто якоюсь особою, із наявністю злого умислу [6–8]. В таких випадках особі, що вчинила подібний злочин, інкримінують статтю 299 Кримінального кодексу України «Жорстоке поводження з тваринами» [9–13].

Падіння може бути прямим, коли тіло тварини, що падає, не зустрічає на своєму шляху проміжних перешкод. В такому випадку його поділяють на скоординоване і нескоординоване. Як правило, тварини перед приземленням згрупповуються, і тому

летальні наслідки трапляються рідше, ніж в людей [14]. Котам при падінні частіше вдається згрупуватися, аніж собакам. Інший випадок, коли падіння є ступінчастим, тобто на шляху трапляються перешкоди. Це можуть бути карнизи будівель, схили гір чи пагорбів, дерева або кущі. Перешкоди можуть відіграти як позитивну роль (амортизувати падіння), так і негативну (завдати додаткових пошкоджень). Падіння з висоти може бути як одиничним (одна тварина), так і груповим (дві й більше тварини). В останньому випадку деякі тварини можуть вижити, приземлившись на тіло тварини, яка досягла поверхні землі раніше [15, 16]. Розрізняють також падіння вільне (тільки тіло тварини) і невільне (разом з іншими предметами, наприклад, віконною рамою).

Травми, які тварина отримує при падінні з висоти, можуть виникати з двох причин: пошкодження від удару об поверхню, на яку тварина впала, та пошкодження від струсу внутрішніх органів в момент контакту з поверхнею. Практика свідчить, що частіше в тварин виникають травми останнього типу. Пошкодженнями від удару можуть бути забиття, вивихи, переломи. Від струсу відбуваються розриви внутрішніх органів, що призводить до появи внутрішніх кровотеч і загибелі від летальної кровотрати. Зауважимо, що тварина після падіння з висоти може вижити, тому об'єктом судово-ветеринарної експертизи може бути як труп тварини, так і жива тварина [17]. Пошкодження значною мірою залежать від висоти падіння та характеру поверхні, на яку тварина приземляється (асфальт, бетон, ґрунт, рослинність тощо), що необхідно враховувати в процесі огляду місця подій [18].

Мета дослідження

Метою даного дослідження є аналіз випадків падіння тварин з висоти, за наслідками яких були відкриті кримінальні провадження та призначені судово-ветеринарні експертизи. Для досягнення мети було поставлено такі завдання: проаналізувати експертні випадки падіння тварин з висоти, що виникли останнім часом, та за результатами дослідження встановити загальні закономірності змін, які виникають внаслідок травмування тварин.

Матеріали і методи

Досліджено 4 випадки судово-ветеринарних експертиз, пов'язаних із падінням собак та котів з висоти, з них в трьох випадках жертвами були собаки, в четвертому – кішка із трьома новонародженими кошенятами. Таким чином, було досліджено трупи 7 тварин. Ці випадки трапилися у м. Києві та Київській області протягом 2021–2024 років. В усіх випадках тварини внаслідок падіння з висоти гинули, тому результати досліджених експертиз ґрунтувалися на даних патолого-анатомічного дослідження. В усіх випадках падіння відбувалося з вікон багатоповерхових будинків на асфальтову поверхню прибудинкової території. В трьох з чотирьох випадків слідством було доведено злий умисел особи, що здійснила викидання живої тварини з вікна.

Три експертизи були виконані на базі кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, одна – на базі КП «Київська міська лікарня ветеринарної медицини», м. Київ. В усіх випадках дослідження об'єктів експертизи та оформлення висновку судового експерта виконав доцент кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат ветеринарних наук Сердюков Я. К.

Патолого-анатомічне дослідження (судово-ветеринарний розтин) виконувалось згідно загально-прийнятих методів [19–21]. Виявлені зміни описували, фотографували, отриману інформацію було використано для оформлення відповідних висновків судового експерта [20, 21].

Результати та їх обговорення

У випадку № 1 собаку було скинуто з висоти 4 поверху. Під час розтину було виявлено: розрив селезінки (рис. 1); розрив правої частки печінки (рис. 2); гемоперитонеум; косий епіфізарний проксимальний перелом променевої кістки правої грудної кінцівки; підшкірні гематоми в ділянці черева та правого ліктя.



Рис. 1. Собака, випадок № 1. Поперечний розрив селезінки (показано стрілкою)

Розрив селезінки відбувся в ділянці вентрального краю, мав поперечний напрямок, його довжина – 2,4 см.



Рис. 2. Собака, випадок № 1. Множинні розриви печінки

Розриви печінки були множинними, мали вигляд сітки тріщин, що вкривали усю вентральну поверхню правої частки, їх довжина коливалася від 0,5 до 3,1 см.

У випадку № 2 собаку було скинуто з висоти 7 поверху. Під час розтину було виявлено: множинні розриви та розміщення капсули й паренхіми печінки (рис. 4); гемоперитонеум (рис. 3); підшкірні гематоми в ділянці грудей та черева.

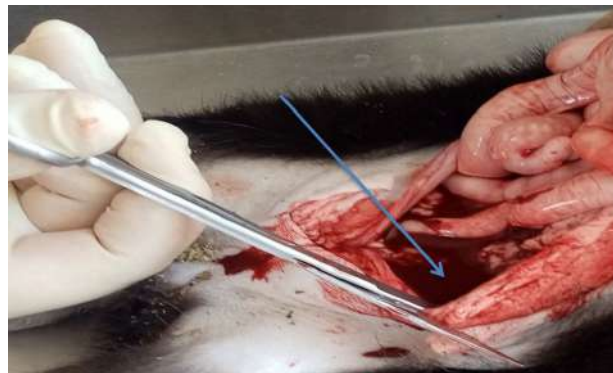


Рис. 3. Собака, випадок № 2. Крововилив у черевну порожнину (показані стрілкою)

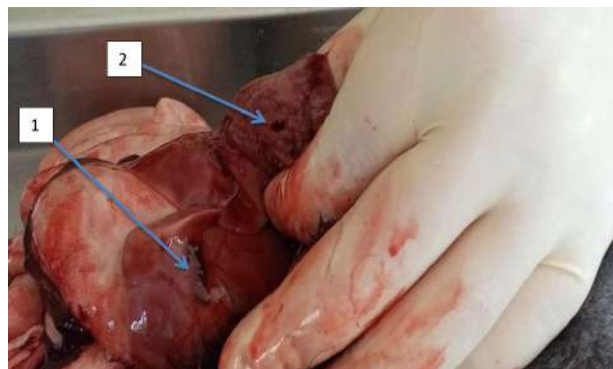


Рис. 4. Собака, випадок № 2. Розрив (1) та розміщення (2) тканини печінки (показані стрілками)

У випадку № 3 собака вистригнула з вікна самотійно, з якої саме висоти – невідомо. Під час розтину було виявлено: розриви печінки, селезінки, легень (рис. 5), сечового міхура (рис. 6); гемоперитонеум; гемоторакс; субдуральну гематому мозкових оболонок (рис. 7); підшкірні гематоми в ділянці черева; роздроблений перелом кісток лівого зап'ястя (рис. 8).

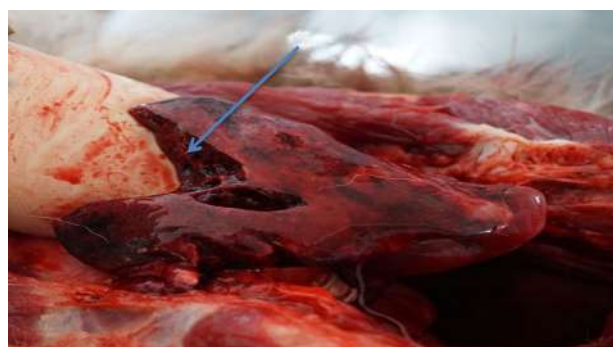


Рис. 5. Собака, випадок № 3. Розрив легені (показано стрілкою)

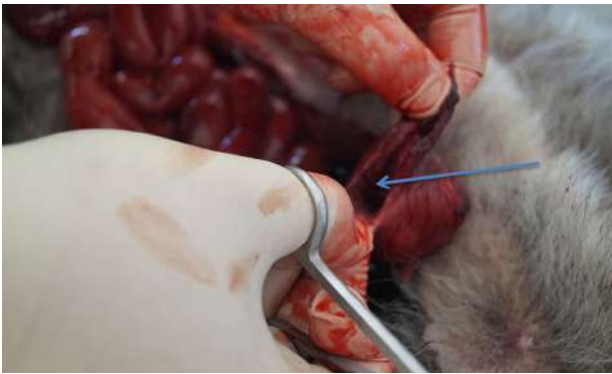


Рис. 6. Собака, випадок № 3.
Розрив верхівки сечового міхура
(показано стрілкою)



Рис. 7. Собака, випадок № 3.
Кров у субдуральному просторі

При цьому цілісність кісток черепа та тканини головного мозку була збережена, вочевидь, внаслідок струсу зруйнувалися судини павутинної оболонки.



Рис. 8. Собака, випадок № 3.
Перелом лівого зап'ястя

Окрім розривів печінки та селезінки, був розірваний сечовий міхур в ділянці верхівки та кілька розривів тканини легень, переважно діафрагмальних часток.

У випадку № 4 кішку з чотирма кошенятами було скинуто з висоти 7 поверху. Одне з кошенят залишилося живим і неушкодженим, приземлившись на тіло кішки. Решта тварин загинули. Під час розтину було виявлено: розриви печінки (двоє кошенят) та селезінки (одне з кошенят і кішка); гемоперитонеум (одне з кошенят і кішка); переломи 5 ребер в ділянці головок (одне з кошенят, **рис. 9**); тріщина черепа та крововилив у головний мозок (одне з кошенят, **рис. 10**). У всіх тварин спостерігали підкапсулярні крововиливи в органах паренхімної будови та підшкірні гематоми в різних ділянках.

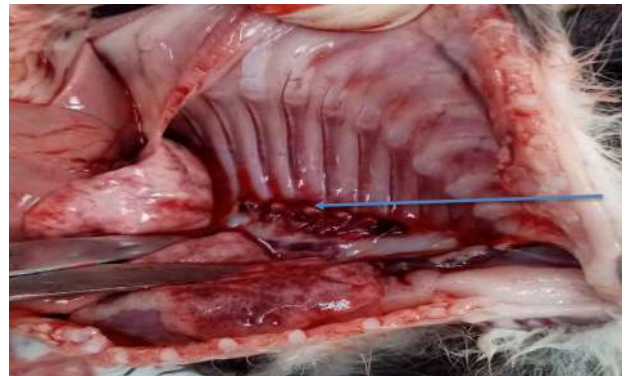


Рис. 9. Кошеня, випадок № 4. Переломи ребер
(показано стрілкою)



Рис. 10. Кошеня, випадок № 4.
Тріщина склепіння черепа.

У всіх досліджених тварин, окрім вищеперерахованих змін, спостерігали анемічність видимих слизових оболонок та знекровлення. Смерть у всіх випадках наставала внаслідок летальної крововтрати, що була спричинена кровотечами в природні порожнини тіла (черевну, грудну, черепно-мозкову) з пошкоджених внутрішніх органів [4].

Розриви селезінки, таким чином, спостерігали в 4 тварин (57 % від загальної кількості досліджених трупів), розриви печінки в 5 тварин (71,5 %), переломи різних кісток в 4 тварин (57 %); гемоперитонеум в 6 тварин (86 %), гемоторакс в 1 тварини (14 %), крововиливи в черепно-мозкову порожнину в 2 тварин (28,5 %), розрив легень в 1 тварини (14 %), підшкірні гематоми та крововиливи в товщі або під

капсулою внутрішніх органів в усіх досліджених тварин (100 %).

Нечасто траплялися переломи кісток, які могли б загрозувати життю тварини. До таких належить тільки тріщина склепіння черепа в сагітальній площині, яку спостерігали в одного з загиблих кошенят. Переломи ребер і, тим більше, кінцівок, є потенційно небезпечними, але не загрозливими для життя. Це явище можна пояснити тим, що тварини за падіння з висоти інстинктивно згрупповуються перед приземленням. Крім того, механічний вплив на кістки, особливо черепа та осового скелету, зменшується внаслідок амортизації шкірою та волоссяним покривом тварин. Тому серед пошкоджуючих чинників при загибелі від падіння з висоти на перше місце виходить струс (комоція). Саме внаслідок струсу виникають розриви внутрішніх органів, кровеносних судин (як у випадку №3, коли крововилив у черепно-мозкову порожнину був виявлений, але кістки черепа при цьому не були пошкоджені), підкапсулярні та субплевральні крововиливи, підшкірні гематоми тощо. Наявність крововиливів дозволяє диференціювати смерть внаслідок падіння з висоти від випадків, коли скидають вже мертву тварину, що загинула від інших причин. Можна відзначити також те, що в жодному випадку не було зафіксовано інших травм, нехарактерних для падіння з висоти (наприклад пошкоджень, спричинених частинами тіла особи, яка здійснювала викидання тварин з вікон, різними знаряддями пошкодження тощо). Слід зазначити також відсутність в досліджених тварин інших патологічних процесів, нетравматичного характеру, а отже, ці тварини були клінічно здоровими, і, якби не падіння з висоти, могли б нормально продовжувати свою життєдіяльність [13].

Висновки

У практиці судової ветеринарної медицини доволі часто трапляються випадки травмування та, частіше, загибелі тварин внаслідок падіння з висоти. Більшість їх є результатом насильницьких дій людей відносно тварин, що є прикладом жорстокого поводження з тваринами. Рідше тварина може стрибнути з висоти з власної ініціативи. При здійсненні судово-ветеринарної експертизи трупів тварин, що загинули внаслідок падіння з висоти, слід враховувати наявність пошкоджень, спричинених механічною дією удару об тверду поверхню (рани, переломи кісток), пошкоджень, спричинених комоцією (розриви внутрішніх органів та судин, крововиливи), наявність або відсутність інших пошкоджень чи патологічних процесів.

Перспективами подальшого дослідження є накопичення фактичного матеріалу за подібними випадками, що трапляються у судово-ветеринарній практиці, дослідження морфологічних змін та співвіднесення результатів дослідження із обставинами відповідних кримінальних проваджень.

Подяки

Автори висловлюють подяку доценту кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка Сердюкову Я. К. за надані матеріали виконаних ним судових експертиз.

References

1. Lockwood, R., & Arkow, P. (2016). Animal Abuse and Interpersonal Violence. *Veterinary Pathology*, 53 (5), 910–918. <https://doi.org/10.1177/0300985815626575>
2. Choi, J. H., Kim, S. H., Kim, S. P., Jung, K. Y., Ryu, J. Y., Choi, S. C., & Park, I. C. (2014). Characteristics of intentional fall injuries in the ED. *The American Journal of Emergency Medicine*, 32 (6), 529–534. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2014.01.053>
3. Ottinger, T., Rasmusson, B., Segerstad, C. H. A., Merck, M., Goot, F. V. D., Olsén, L., & Gavier-Widén, D. (2014). Forensic veterinary pathology, today's situation and perspectives. *Veterinary Record*, 175 (18), 459–459. <https://doi.org/10.1136/vr.102306>
4. Papadakis, S. A., Pallis, D., Galanakis, S., Georgiou, D. F., Kateros, K., Macheras, G., & Sapkas, G. (2020). Falls from height due to accident and suicide attempt in Greece. A comparison of the injury patterns. *Injury*, 51 (2), 230–234. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.12.029>
5. Piazzalunga, D., Rubertà, F., Fugazzola, P., Allievi, N., Ceresoli, M., Magnone, S., Pisano, M., Coccolini, F., Tomasoni, M., Montori, G., & Ansaloni, L. (2019). Suicidal fall from heights trauma: difficult management and poor results. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 46 (2), 383–388. <https://doi.org/10.1007/s00068-019-01110-8>
6. Doukas, D. (2022). Non-accidental injuries in dogs and cats: review of post-mortem forensic evaluations and the social significance of small animal practice. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 73 (1), 3543–3552. <https://doi.org/10.12681/jhvms.23296>
7. Rebollada-Merino, A., Bárcena, C., Mayoral-Alegre, F. J., García-Real, I., Domínguez, L., & Rodríguez-Bertos, A. (2020). Forensic cases of suspected dog and cat abuse in the Community of Madrid (Spain), 2014–2019. *Forensic Science International*, 316, 110522. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110522>
8. Salvagni, F. A., de Siqueira, A., Fukushima, A. R., Landi, M. F. de A., Ponge-Ferreira, H., & Maiorka, P. C. (2016). Animal serial killing: The first criminal conviction for animal cruelty in Brazil. *Forensic Science International*, 267, e1–e5. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.08.033>
9. Criminal codex of Ukraine. (2001). *Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text>
10. Pro zakhyst tvaryn vid zhorstokoho povodzhennia. Zakon Ukrainy № 3447-IV. (2006). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text> [in Ukrainian]
11. McEwen, B. (2017). Eternally vulnerable: the pathology of abuse in domestic animals. *Academic Forensic Pathology*, 7 (3), 353–369. <https://doi.org/10.23907/2017.032>
12. Munro, R., & Munro, H. M. C. (2008). Fundamentals of Animal Abuse. *Animal Abuse and Unlawful Killing*, 3–5. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7020-2878-6.50011-8>
13. Newland, X., Boller, M., & Boller, E. (2019). Considering the relationship between domestic violence and pet abuse and its significance in the veterinary clinical and educational contexts. *New Zealand Veterinary Journal*, 67 (2), 55–65. <https://doi.org/10.1080/00480169.2018.1559108>
14. Parry, N. M. A., & Stoll, A. (2020). The rise of veterinary forensics. *Forensic Science International*, 306, 110069. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.110069>
15. Watson, E., & Baucom, K. J. (2020). Two case studies in veterinary forensic imaging and a brief literature review. *Forensic Imaging*, 21, 200382. <https://doi.org/10.1016/j.fri.2020.200382>
16. Perper, J. (2006). Time of death and changes after death. In: W. U. Spitz, D. J. Spitz, (Eds.). *Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation*. 4th ed. (pp. 87–183). Springfield
17. Lew, E. O., & Matshes, E. W. (2005). Postmortem changes. In: D. Dolinak, E. W. Matshes, E. O. Lew (Eds.). *Forensic Pathology: Principles and Practice* (pp. 527–554). New York: Elsevier/Academic Press
18. Ely, S. F., Keyes, K., & Gill, J. R. (2023). The scene investigation, postmortem changes, and time of death. *Principles of Forensic Pathology*, 65–101. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91796-4.00030-1>
19. Martínez, R. M., Hetzel, U., Thali, M. J., & Schweitzer, W. (2015). Cat CAT-scan: Postmortem imaging and autopsy of two cats. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 3 (1), 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.jofri.2014.11.004>
20. Serdioucov, Ya. K., Yatsenko, I. V., & Bohatko, N. M. (2016). Sudovo-veterynarna ekspertyza u vypadkakh asfiksii. Kyiv: «TsR «Komprynt» [in Ukrainian]

21. Yatsenko, I. V., & Kazantsev, R. H. (2021). The procedure of conducting an animal's corpse forensic veterinary examination in the dissecting room of specialized expert institution. *Veterinary Science, Technologies of Animal Husbandry and Nature Management*, 7, 179–191. <https://doi.org/10.31890/vttp.2021.07.28>

ORCID

- B. Borysevich  <https://orcid.org/0000-0002-0015-6350>
O. Kruchynenko  <https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>
O. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-8613-6827>



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

Distribution of digestive tract nematodes in dogs in the territory of the city of Kharkiv

A. Kitichenko¹ | V. Melnychuk^{1,2}

Article info

Correspondence Author

V. Melnychuk

E-mail:

melnichyk86@gmail.com

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

² Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

Citation: Kitichenko, A., & Melnychuk, V. (2024). Distribution of digestive tract nematodes in dogs in the territory of the city of Kharkiv. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 117–121. doi: 10.31210/spi2024.27.02.20

The study of the parasitofauna of small domestic animals is relevant both for veterinary specialists and for medical services in connection with the significant spread of invasive diseases, their ability to cause severe pathologies in carnivores and the danger of transmitting the invasion to humans. Being in close contact with humans, dogs are carriers of dangerous helminthiasis, they contaminate the environment with parasite eggs and pose a potential danger both to the owners themselves and to the environment. Therefore, epizootological monitoring of canine helminthiasis is a relevant area of research. The aim of the research was to establish the distribution of nematodes of the digestive tract in dogs of different ages and breeds in the territory of the city of Kharkiv. The work was performed in the private veterinary clinic "Dovira" (Kharkiv) and at the Laboratory of the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination of the Poltava State Agrarian University (Poltava). Parasitism of causative agents of toxocarosis, toxascarosis, trichurosis and strongyloidosis of the digestive organs has been established in dogs. In puppies up to 6 months of age, depending on the breed, the extent of infestation ranged from 25.7 to 48.2 %, from 6.9 to 23.1 %, from 15.8 to 24.1 %, and from 2.0 up to 22.6 %. In young dogs aged from 6 to 12 months, the indicators of their invasion by pathogens of toxocarosis, toxascarosis, trichurosis and strongyloidosis of the digestive organs were 9.2–33.3 %, 3.7–20.4 %, 29.4–36.1 %, respectively and 3.7–36.1 %. In dogs aged 1 to 3 years, the extensity of infestation was 1.9–10.7 %, 2.7–15.5 %, 26.4–31.1 %, and 1.9–21.4 %, respectively, and in dogs aged 3 to 6 years – 0–5.1 %, 1.0–5.9 %, 14.3–17.6 % and 0–10.3 %. In dogs older than 6 years, the indicators of the extensity of invasion for toxocarosis, toxascarosis, trichurosis, and strongyloidosis of the digestive organs were 2.4–8.9 %, 0–4.8 %, 6.3–8.9 %, and 0.8–4.8 %, respectively. The obtained results expand the already existing data on the specifics of lesions of dogs of different ages and breeds by causative agents of nematodes of the digestive tract, which will allow to increase the effectiveness of diagnostic and treatment-prophylactic measures.

Keywords: parasitology, nematodes, dogs, spread, extensity of infestation.

Поширення нематодозів травного тракту в собак на території міста Харків

A. С. Кітіченко¹ | В. В. Мельничук^{1,2}

¹Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

²Інститут ветеринарної медицини НААН України,
м. Київ, Україна

Вивчення паразитофауни дрібних свійських тварин є актуальним як для ветеринарних фахівців, так і для медичних служб у зв'язку зі значним поширенням інвазійних хвороб, їх здатністю викликати тяжкі патології у м'ясоїдних тварин та небезпекою передачі інвазії людині. Перебуваючи у тісному контакті з людиною, собаки є носіями небезпечних гельмінтозів, вони забруднюють навколишнє середовище яйцями паразитів і становлять потенційну небезпеку як для самих власників, так і для навколишнього середовища. Тому епізоотологічний моніторинг гельмінтозів собак є актуальним напрямом досліджень. Метою досліджень було встановити поширення нематодозів травного тракту у собак різного віку та різних порід на території міста Харків. Роботу виконували в умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків) та на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету (м. Полтава). Встановлено паразитування у собак збудників токсокарозу, токскаркозу, трихурузу та стронгілідозів органів травлення. У цуценят до 6-місячного віку залежно від породи екстенсивність інвазії відповідно коливалися у межах від 25,7 до 48,2 %, від 6,9 до 23,1 %, від 15,8 до 24,1 % та від 2,0 до 22,6 %. У молодяку собак віком від 6 до 12 міс показники їх інвазованості збудниками токсокарозу, токскаркозу, трихурузу та стронгілідозів органів травлення становили відповідно 9,2–33,3 %, 3,7–20,4 %, 29,4–36,1 % та 3,7–36,1 %. У собак віком від 1 до 3 років екстенсивність інвазії становила відповідно 1,9–10,7 %, 2,7–15,5 %, 26,4–31,1 % та 1,9–21,4 %, а у собак віком від 3 до 6 років – 0–5,1 %, 1,0–5,9 %, 14,3–17,6 % та 0–10,3 %. У собак старших 6-річного віку показники екстенсивності інвазії за токсокарозу, токскаркозу, трихурузу та стронгілідозів органів травлення становили відповідно 2,4–8,9 %, 0–4,8 %, 6,3–8,9 % та 0,8–4,8 %. Отримані результати розширюють вже існуючі дані щодо особливостей ураження собак різного віку та породи збудниками нематодозів травного тракту, що дозволить підвищити ефективність проведення діагностичних та лікувально-профілактичних заходів.

Ключові слова: паразитологія, нематодози, собаки, поширення, екстенсивність інвазії.

Бібліографічний опис для цитування: Кітіченко А. С., Мельничук В. В. Поширення нематодозів травного тракту в собак на території міста Харків. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 117–121.

Вступ

Собаки відіграють значну роль у допомозі людям покращити якість їх життя. Домашні собаки можуть допомагати людям у стресових ситуаціях, інвалідам у самостійному житті та пошуково-рятувальні місії, при виявленні наркотиків, вибухівки тощо. Крім того, люди можуть мати собак з різних причин, таких як бізнес, полювання, випасання худоби та охорона [1–4].

Хоча собаки стали незамінним компаньоном, вони також є потенційним джерелом різноманітних паразитарних захворювань, де домашні м'ясоїдні тварини можуть бути носіями збудників паразитозів, що передаються людині [5–10].

Собаки виділяють разом з фекаліями яйця або личинки зоонозних паразитів у навколишнє середовище, і люди заражаються безпосередньо через контакт із собакою чи фекаліями, що містять інвазійну стадію паразитів, або опосередковано через споживання зараженої води або їжі [11]. Повідомляється, що нематода *Ancylostoma caninum* є збудником еозинофільного ентериту у людей, а *Toxocara canis* є причиною вісцеральних і очних мігруючих личинок у людей, особливо у дітей [12, 13].

Збільшення популяції собак призводить до збільшення забруднення навколишнього середовища пропативними стадіями розвитку шлунково-кишкових гельмінтозів, що створює потенційний ризик до значного поширення інвазійних захворювань тварин і людини у всьому світі, що підтверджується науковими працями [14–20]. Зокрема, на території Нігерії інвазованість собак збудниками шлунково-кишкових паразитів становила 43,3 %, де виявлено нематод *Ancylostoma* sp. (24,6 %), *Toxocara* sp. (9,8 %), *Uncinaria* sp. (2,5 %) і *Strongyloides* sp. (3,9 %) [21]. У Фінляндії поширеність шлунково-кишкових гельмінтів у собак становила 5,9 %. У зразках фекалій виявлено яйця чотирьох паразитів: *Toxocara canis* (3,1 %), *Uncinaria stenocephala* (2,6 %), *Diphyllobothrium latum* (0,4 %), *Trichuris vulpis* (0,2 %) [22]. В Португалії поширеність гельмінтів шлунково-кишкового тракту склала 57,2 %, де діагностовано *Ancylostoma caninum* (33 %), *T. canis* (29 %), *Dipylidium caninum* (6 %),

Capillaria spp. (3 %), *T. vulpis* (1,66 %) [23]. В Ефіопії при проведенні копроскопії собак виявлено, що 51 % тварин були позитивними на різні типи яєць нематод, а саме: *A. caninum* (32 %), *T. canis* (21 %), *Spirocerca lupi* (7 %) і *T. vulpis* (3 %) [24].

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити поширення нематодозів травного тракту у собак різного віку та різних порід на території міста Харків.

Матеріали і методи

Роботу виконували впродовж 2022–2023 рр. в умовах приватної ветеринарної клініки «Довіра» (м. Харків) та на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету (м. Полтава).

Лабораторну діагностику нематодозів травного каналу собак проводили за загальноприйнятою флотаційною методикою [25]. Основним показником зараження собак було значення екстенсивності інвазії (ЕІ, %).

Всього досліджено 1967 собак різних порід (декоративних, службових, мисливських), метисів, безпородних собаках та різних вікових груп (до 6 міс., 6–12 міс., 1–3 р., 3–6 р. та старших 6 років).

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що у місті Харків при копроовоскопічних дослідженнях собак, що надходили до ветеринарної клініки «Довіра», виявлено збудників трихуризу, токсакарозу, токсаскарозу та стронгілідозів органів травлення, де показники ЕІ залежно від віку та породи тварин коливалися в межах відповідно від 8,5 до 32,1 %, від 3,8 до 39,7 %, від 4,3 до 23,1 % та від 2,1 до 14,1 %. Причому у цуценят до 6-місячного віку ЕІ за трихуризу, токсакарозу, токсаскарозу та стронгілідозів у мисливських порід відповідно становили 21,8 %, 39,7 %, 23,1 % та 1,1 % (рис. 1).

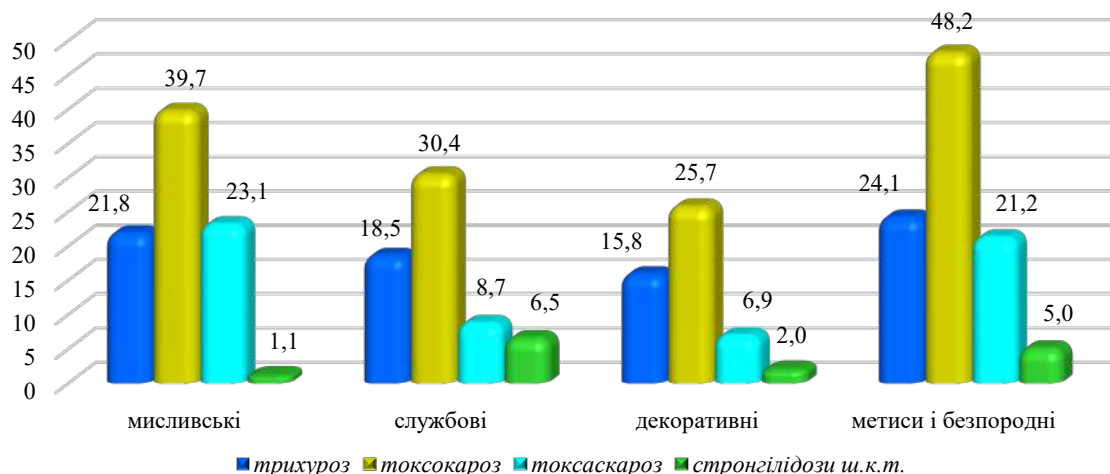


Рис. 1. Показники екстенсивності інвазії цуценят до 6-місячного віку збудниками нематодозів травного тракту (%)

У цуценят службових порід ЕІ відповідно становила 18,58 %, 30,4 %, 8,7 % та 6,5 %, декоративних – 15,8 %, 25,7 %, 6,9 % та 2,0 %, метисів і безпородних тварин – 24,1 %, 48,2 %, 21,2 % та 5,0 %.

У молодняку віком від 6 до 12 міс. ЕІ за трихурузу, токсокарозу, токсамарозу та стронгілідозів

у мисливських порід відповідно становили 32,1 %, 14,3 %, 19,6 % та 14,3 %, службових порід – 31,3 %, 11,9 %, 7,5 % та 9,0 %, декоративних – 29,4 %, 9,2 %, 3,7 % та 2,0 %, метисів і безпородних тварин – 36,1 %, 33,3 %, 20,4 % та 36,1 % (рис. 2).

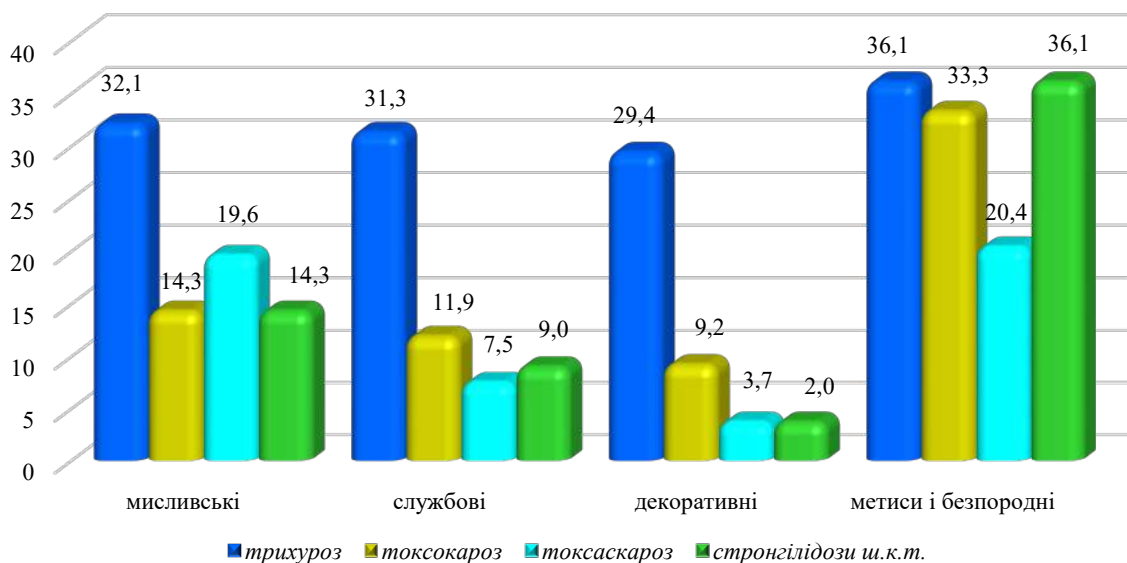


Рис. 2. Показники екстенсивності інвазії молодняку собак віком 6–12 місяців збудниками нематодозів травного тракту (%)

У собак віком від 1 до 3 років ЕІ за трихурузу, токсокарозу, токсамарозу та стронгілідозів у мисливських порід відповідно становили 29,2 %, 6,7 %, 7,9 % та 9,0 %, службових порід – 27,9 %, 2,7 %, 2,8 % та 4,5 %, декоративних – 26,4 %, 1,9 %, 2,8 % та 2,0 %, метисів і безпородних тварин – 31,1 %, 10,7 %, 15,5 % та 21,4 % (рис. 3).

2,7 %, 2,7 % та 4,5 %, декоративних – 26,4 %, 1,9 %, 2,8 % та 1,9 %, метисів і безпородних тварин – 31,1 %, 10,7 %, 15,5 % та 21,4 % (рис. 3).

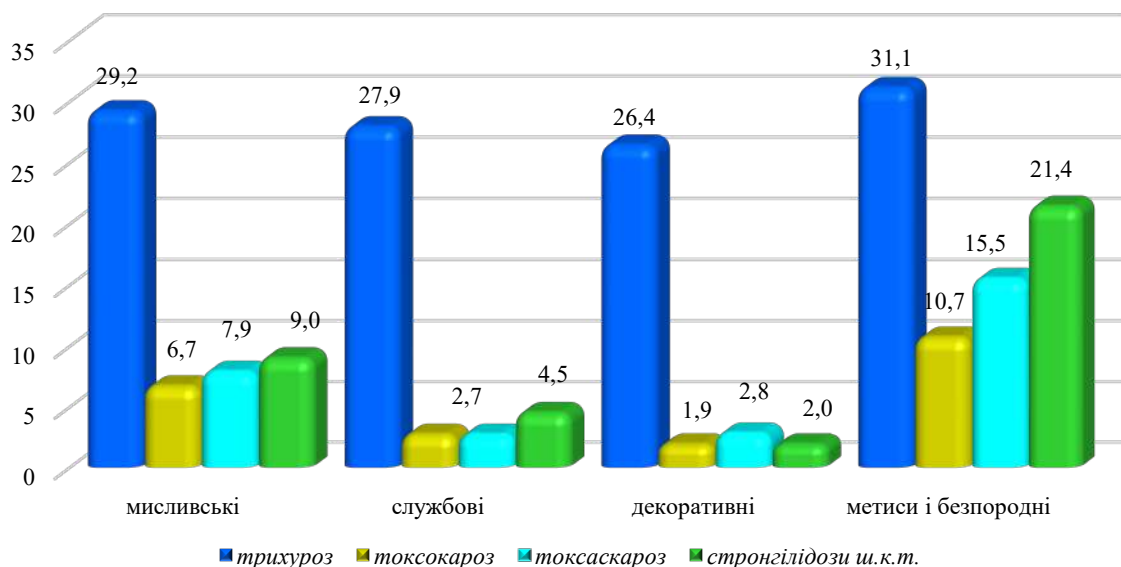


Рис. 3. Показники екстенсивності інвазії собак віком 1–3 роки збудниками нематодозів травного тракту (%)

У собак віком від 3 до 6 років ЕІ за трихурузу, токсокарозу, токсамарозу та стронгілідозів у мисливських порід відповідно становили 17,0 %, 3,8 %, 5,7 % та 2,8 %, службових порід – 15,6 %, 2,1 %, 2,1 % та 1,0 %, декоративних – 14,3 %, 0 %, 1,0 % та 0 %, метисів і безпородних тварин – 17,6 %, 5,1 %, 5,9 % та 10,3 % (рис. 4).

У собак старших 6-річного віку ЕІ за трихурузу, токсокарозу, токсамарозу та стронгілідозів у мисливських порід відповідно становили 8,5 %, 6,4 %, 4,3 % та 2,1 %, службових порід – 6,5 %, 2,6 %, 1,3 % та 1,3 %, декоративних – 6,3 %, 2,4 %, 0 % та 0,8 %, метисів і безпородних тварин – 8,9 %, 8,9 %, 4,8 % та 4,8 % (рис. 5).

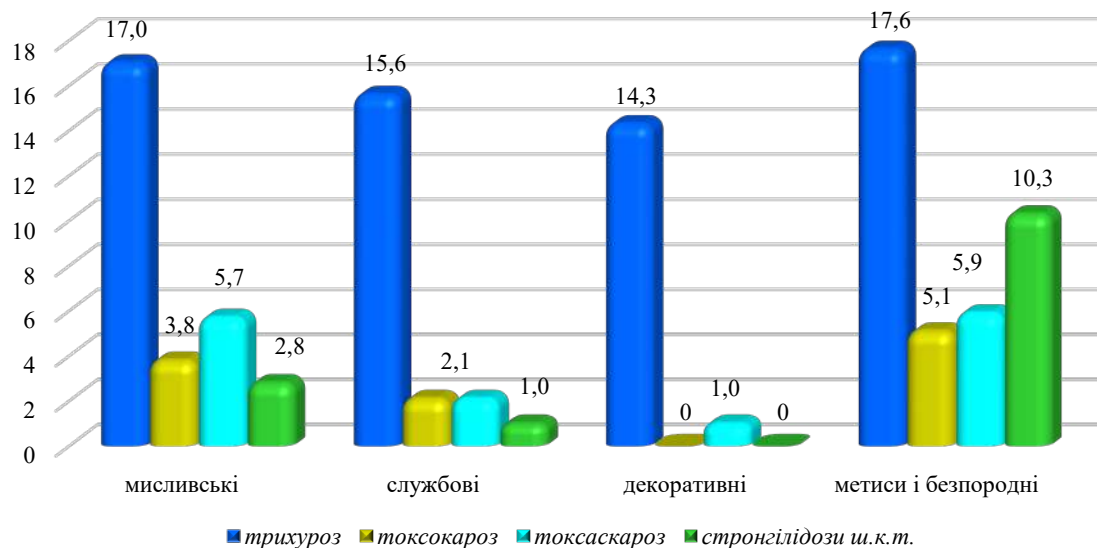


Рис. 4. Показники екстенсивності інвазії собак віком 3–6 років збудниками нематодозів травного тракту (%)

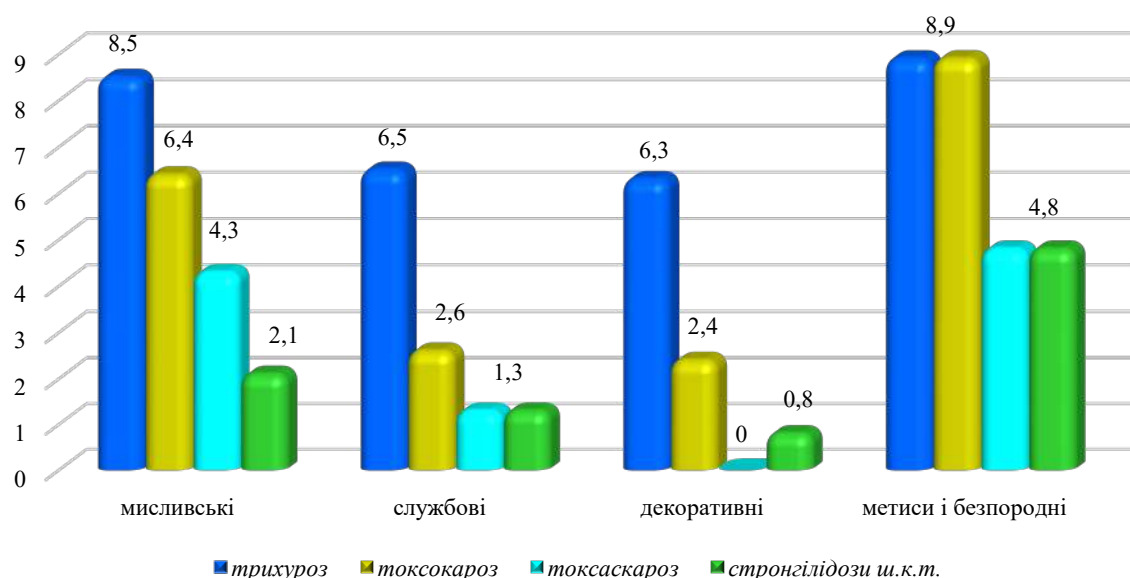


Рис. 5. Показники екстенсивності інвазії собак старших 6-річного віку збудниками нематодозів травного тракту (%)

Науковці всього світу свідчать про значне поширення гельмінтозів шлунково-кишкового тракту собак, у тому числі й зооантропонозів, що доводить актуальність даного питання [14–20]. Тому, метою наших досліджень було встановити поширення нематодозів травного тракту у собак різного віку та різних порід на території міста Харків. Проведеними дослідженнями встановлено, що на території дослідженого регіону в собак виявлено збудників трихуросу, токсокарозу, токсаскарозу та стронгілідозів органів травлення, де показники ЕІ залежно від віку та породитварин коливалися в межах відповідно від 8,5 до 32,1 %, від 3,8 до 39,7 %, від 4,3 до 23,1 % та від 2,1 до 14,1 %. У цуценят до 6-місячного віку залежно від породи екстенсивність інвазії відповідно коливалися у межах від 25,7 до 48,2 %, від 6,9 до 23,1 %, від 15,8 до 24,1 % та від 2,0 до 22,6 %. У молодяку собак віком від 6 до 12 міс показники їх інвазованості збудниками токсокарозу, токсаскарозу, трихуросу та стронгілідозів органів травлення

становили відповідно 9,2–33,3 %, 3,7–20,4 %, 29,4–36,1 % та 3,7–36,1 %. У собак віком від 1 до 3 років екстенсивність інвазії становила відповідно 1,9–10,7 %, 2,7–15,5 %, 26,4–31,1 % та 1,9–21,4 %, а у собак віком від 3 до 6 років – 0–5,1 %, 1,0–5,9 %, 14,3–17,6 % та 0–10,3 %. У собак старших 6-річного віку показники екстенсивності інвазії за токсокарозу, токсаскарозу, трихуросу та стронгілідозів органів травлення становили відповідно 2,4–8,9 %, 0–4,8 %, 6,3–8,9 % та 0,8–4,8 %.

Отримані нами дані узгоджуються з більшістю наукових праць, де у собак автори діагностували кишкових нематод, але водночас фауна збудників залежно від клімато-географічних особливостей регіону різняться [21–24].

Отримані результати розширюють вже існуючі дані щодо особливостей ураження собак різного віку та породи збудниками нематодозів травного тракту, що дозволить підвищити ефективність проведення діагностичних та лікувально-профілактичних заходів.

Висновки

Встановлено, що на території міста Харків собаки уражені збудниками нематодозів травного тракту, де показники екстенсивності інвазії за трихуридозу становили 8,5–32,1 %, токсокарозу – 3,8–39,7 %, токсаскарозу – 4,3–23,1 % та стронгілідозів органів травлення – 2,1–14,1 %. Показники екстенсивності виявлених інвазій залежать від віку та породи собак.



Конфлікт інтересів

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

References

1. Wells, D. L. (2007). Domestic dogs and human health: An overview. *British Journal of Health Psychology*, 12 (1), 145–156. <https://doi.org/10.1348/135910706x103284>
2. Anderson, W. P., Reid, C. M., & Jennings, G. L. (1992). Pet ownership and risk factors for cardiovascular disease. *Medical Journal of Australia*, 157 (5), 298–301. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.1992.tb137178.x>
3. Serpell, J. (1991). Beneficial effects of pet ownership on some aspects of human health and behaviour. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 84 (12), 717–720. <https://doi.org/10.1177/014107689108401208>
4. Headey, B., & Grabka, M. M. (2006). Pets and human health in Germany and Australia: national longitudinal results. *Social Indicators Research*, 80 (2), 297–311. <https://doi.org/10.1007/s11205-005-5072-z>
5. Soriano, S. V., Pierangeli, N. B., Roccia, I., Bergagna, H. F. J., Lazzarini, L. E., Celescinco, A., Saiz, M. S., Kossman, A., Contreras, P. A., Arias, C., & Basualdo, J. A. (2010). A wide diversity of zoonotic intestinal parasites infects urban and rural dogs in Neuquén, Patagonia, Argentina. *Veterinary Parasitology*, 167 (1), 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.048>
6. Sharma, R., Singh, B. B., Gill, J. P. S., Jenkins, E., & Singh, B. (2017). Canine parasitic zoonoses in India: status and issues. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 36 (3), 817–830. <https://doi.org/10.20506/rst.36.3.2717>
7. Ntampaka, P., Niragire, F., Nyaga, P. N., & Habarugira, G. (2021). Canine gastrointestinal nematodiasis and associated risk factors in Kigali city, Rwanda. *Journal of Parasitology Research*, 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2021/9956256>
8. Ntampaka, P., Niragire, F., Nkurunziza, V., Uwizeyimana, G., & Shyaka, A. (2022). Perceptions, attitudes and practices regarding canine zoonotic helminthiasis among dog owners in Nyagatare district, Rwanda. *Veterinary Medicine and Science*, 8 (4), 1378–1389. Portico. <https://doi.org/10.1002/vms3.787>
9. Zhu, X.-Q., Korhonen, P. K., Cai, H., Young, N. D., Nejsun, P., von Samson-Himmelstjerna, G., Boag, P. R., Tan, P., Li, Q., Min, J., Yang, Y., Wang, X., Fang, X., Hall, R. S., Hofmann, A., Sternberg, P. W., Jex, A. R., & Gasser, R. B. (2015). Genetic blueprint of the zoonotic pathogen *Toxocara canis*. *Nature Communications*, 6 (1). <https://doi.org/10.1038/ncomms7145>
10. Ziarati, M., Zorriehzahra, M. J., Hassantabar, F., Mehrabi, Z., Dhawan, M., Sharun, K., Emran, T. B., Dhama, K., Chaicumpa, W., & Shamsi, S. (2022). Zoonotic diseases of fish and their prevention and control. *Veterinary Quarterly*, 42 (1), 95–118. <https://doi.org/10.1080/01652176.2022.2080298>
11. Himswoorth, C. G., Thompson, R. C. A., Chaban, B., Wagner, B. A., Jenkins, E., Skinner, S., Leighton, F. A., Harms, N. J., & Hill, J. E. (2010). Multiple zoonotic pathogens identified in canine feces collected from a remote Canadian indigenous community. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 83 (2), 338–341. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2010.10-0137>
12. Prociw, P., & Croese, J. (1990). Human eosinophilic enteritis caused by dog hookworm *Ancylostoma caninum*. *The Lancet*, 335 (8701), 1299–1302. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(90\)91186-e](https://doi.org/10.1016/0140-6736(90)91186-e)
13. Kyei, G., Ayi, I., Boampong, J., & Turkson, P. (2015). Sero-epidemiology of *Toxocara canis* infection in children attending four selected health facilities in the central region of Ghana. *Ghana Medical Journal*, 49 (2), 77. <https://doi.org/10.4314/gmj.v49i2.3>
14. Tarsitano, E., Greco, G., Decaro, N., Nicassio, F., Lucente, M. S., Buonavoglia, C., & Tempesta, M. (2010). Environmental monitoring and analysis of faecal contamination in an urban setting in the city of Bari (Apulia region, Italy): health and hygiene implications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7 (11), 3972–3986. <https://doi.org/10.3390/ijerph7113972>
15. Deplazes, P., van Knapen, F., Schweiger, A., & Overgaauw, P. A. M. (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>
16. Mateus, T., Castro, A., Ribeiro, J., & Vieira-Pinto, M. (2014). Multiple zoonotic parasites identified in dog feces collected in Ponte de Lima, Portugal – a potential threat to human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11 (9), 9050–9067. <https://doi.org/10.3390/ijerph110909050>
17. Mukaratirwa, S., & Busayi, R. M. (1995). Survey of patent gastrointestinal parasites of stray dogs in Bulawayo urban area. *Zimbabwe Veterinary Journal*, 26 (1), 19–27.
18. 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)
19. Saror, D. I., Van Veen, T. W. S., & Adeyanju, J. B. (1979). The haemogram of dogs with intestinal parasites in Zaria, Nigeria. *Journal of Small Animal Practice*, 20 (4), 243–247. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1979.tb06714.x>
20. Ugbomoiko, U. S., Ariza, L., & Heukelbach, J. (2008). Parasites of importance for human health in Nigerian dogs: high prevalence and limited knowledge of pet owners. *BMC Veterinary Research*, 4 (1). <https://doi.org/10.1186/1746-6148-4-49>
21. 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. <https://doi.org/10.4314/gmj.v50i4.2>
22. Pullola, T., Vierimaa, J., Saari, S., Virtala, A.-M., Nikander, S., & Sukura, A. (2006). Canine intestinal helminths in Finland: Prevalence, risk factors and endoparasite control practices. *Veterinary Parasitology*, 140 (3–4), 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.009>
23. Silva, V., Silva, J., Gonçalves, M., Brandão, C., & Vieira e Brito, N. (2020). Epidemiological survey on intestinal helminths of stray dogs in Guimarães, Portugal. *Journal of Parasitic Diseases*, 44 (4), 869–876. <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01252-2>
24. Yacob, H. T., Ayele, T., Fikru, R., & Basu, A. K. (2007). Gastrointestinal nematodes in dogs from Debre Zeit, Ethiopia. *Veterinary Parasitology*, 148 (2), 144–148. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.06.007>
25. Kotelnikov, G. A. (1984). *Helminthological studies of animals and environment*. Moscow: Kolos

ORCID

- A. Kitichenko  <https://orcid.org/0009-0004-2724-6745>
V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>



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

Influence of the developed agent "Sanskin" on the microflora of the skin of cow udder teats

T. Trukhanovych | Yu. Perkiy✉

Article info

Correspondence Author

Yu. Perkiy

E-mail:

yperkiy@ukr.net

Terнопільський експериментальний станція Інституту ветеринарної медицини НААН,
12, Тrolleybusna Str.,
Terнопіль, 46027, Ukraine

Citation: Trukhanovych, T., & Perkiy, Yu. (2024). Influence of the developed agent "Sanskin" on the microflora of the skin of cow udder teats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 122–127. doi: 10.31210/spi2024.27.02.21

The experimental variant of the agent Sanskin for pre-milking treatment of cow udder with the low content of nisin 1 % and lactic acid 2 % was developed. The work aimed at conducting a production study of the agent Sanskin, in particular, detecting the reduction of the microflora of the skin of udder teats while using the agent before milking. The study was conducted in the spring period on a dairy farm with livestock of more than 500 cows with a stable-free range cow breeding system. In the first group of animals: the right anterior and the right posterior teats of the udder were treated using agent Oxy Foam and the left anterior and the left posterior teats were treated using water (control). Pre-milking treatment of the studied teats using disinfectant included foam application, keeping it for 30 seconds, and further wiping dry using disposable paper towels. In the second group of animals, the right teats were treated by analogue with Sanskin with the help of a cup for disinfection by immersion for the whole teat length. Washes from the skin of udder teats were taken using sterile tampons before pre-milking treatment and repeatedly after the end of the milking process. The treatment using only water was found to reduce the number of microorganisms on the teat skin by 6.3 times ($p \leq 0.01$), while the use of disinfectant Oxy Foam – by 15.3 times ($p \leq 0.001$), and newly developed Sanskin by 13.4 times ($p \leq 0.001$). Washing with the use of warm water enables the reduction of 84 % of microorganisms from the teat skin to 14.3 ± 2.1 CFU/ml of wash, while agents containing antibacterial substances enable reducing this number by 2–2.3 times more ($p \leq 0.01$). The use of disinfectant for pre-milking treatment – Oxy Foam contributed to the reduction in the number of bacteria of genus *Staphylococcus* by 5.1 times ($p \leq 0.001$), and of genus *Streptococcus* – by 4.3 times ($p \leq 0.001$) to 231 ± 19 and 226 ± 21 CFU/ml of the wash accordingly, which approximately corresponded to their number of bacteria 77 and 79 bacteria on 1 cm² of the skin of cow udder teats. Treatment of skin of cow udder teats with the new agent Sanskin contributed to the reduction of staphylococci by 4.8 times ($p \leq 0.001$) and streptococcus by 4.5 times ($p \leq 0.001$) to 244 ± 26 and 218 ± 22 CFU/ml of the wash accordingly. After pre-milking treatment of the udder using both agents, the number of coliforms was reduced by hundreds of times to single cultures (3 ± 0.5) per 1 ml of the wash of teat skin. Thus, while being used the developed agent Sanskin removes up to 79.3 % of microorganisms of the genus *Staphylococcus*, up to 77.6 % of bacteria of the genus *Streptococcus* and practically all coliforms from the skin of the cow udder teats and ensures perfect cleanness of udder teats before their milking. While used before milking, the agent Sanskin is not inferior in effectiveness compared to Oxy Foam.

Key words: dairy cows, «Sanskin» product, udder skin microflora.

Вплив розробленого засобу «Санскін» на мікрофлору шкіри дійок вимені корів

Т. С. Труханович | Ю. Б. Перкій

Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН,
м. Тернопіль, Україна

Створено дослідний варіант засобу Санскін для переддільної обробки вимені корів з вмістом нізину – 1 % та молочної кислоти – 2 %. Метою роботи було провести виробничі випробування засобу Санскін, зокрема, визначити зменшення мікрофлори шкіри дійок вимені при застосуванні засобу перед доїнням корів. Дослідження проводили у весняний період року на молочної фермі з поголів'ям більше 500 корів зі стійлово-вигульною системою утримування тварин. У першій групі тварин праву передню та праву задню дійки вимені обробляли засобом Оху Фоам, а ліву передню і ліву задню – водою (контроль). Переддільна обробка дослідних дійок дезінфікуючим засобом включала нанесення піни, витримка 30 секунд та витирання насухо одноразовим паперовим рушником. У другій групі тварин аналогічно праві дійки обробляли засобом Санскін за допомогою стаканчика для дезінфекції вимені шляхом занурення на всю довжину дійки. Змиви зі шкіри дійок вимені відбирали стерильним тампоном до обробки перед доїнням та повторно після доїння корів. Встановлено, що обробка лише водою дозволяє зменшити кількість мікроорганізмів на шкірі дійок у 6,3 раза ($p \leq 0,01$), засобом Оху Фоам – у 15,3 раза ($p \leq 0,001$) та новоствореним засобом Санскін – у 13,4 раза ($p \leq 0,001$). Миття теплою водою дозволяє видалити зі шкіри дійок 84 % мікроорганізмів до $14,3 \pm 2,1$ КУО/см² змиву, а засоби з вмістом антибактеріальних речовин зменшити цю кількість ще у 2–2,3 раза ($p \leq 0,01$). Застосування дезінфікуючого засобу для переддільної обробки Оху Фоам сприяло зменшенню кількості бактерій роду *Staphylococcus* у 5,1 раза ($p \leq 0,001$) та роду *Streptococcus* – у 4,3 раза ($p \leq 0,001$) до 231 ± 19 і 226 ± 21 КУО/см² змиву відповідно, що приблизно відповідало їх кількості 77 та 79 бактерій на 1 см² шкіри дійок вимені корів. Обробка шкіри дійок вимені корів новим засобом Санскін сприяла зменшенню кількості стафілококів у 4,8 раза ($p \leq 0,001$) і стрептококів у 4,5 раза ($p \leq 0,001$) до 244 ± 26 і 218 ± 22 КУО/см² змиву відповідно. Кількість БГКП після проведення переддільної обробки вимені обома засобами зменшувалася у сотні разів до поодиноких культур ($3 \pm 0,5$) в 1 см³ змиву з шкіри дійок. Отже, розроблений засіб Санскін при застосуванні видаляє зі шкіри дійок вимені корів перед доїнням до 79,3 % мікроорганізмів роду *Staphylococcus*, до 77,6 % бактерій роду *Streptococcus* та практично усі бактерії групи кишкових паличок і забезпечує відміну чистоту дійок вимені перед їх доїнням. Засіб Санскін при застосуванні перед доїнням корів не поступається за ефективністю засобу порівняння Оху Фоам.

Ключові слова: дійні корови, засіб «Санскін», мікрофлора дійок вимені.

Бібліографічний опис для цитування: Труханович Т. С., Перкій Ю. Б. Вплив розробленого засобу «Санскін» на мікрофлору шкіри дійок вимені корів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 122–127.

Вступ

Виробництво безпечної і якісної молочної продукції неможливо без якісного та безпечного молока-сировини. Основними джерелами забруднення молока-сировини мікроорганізмами є хворі на мастит корови, шкіра дійок вимені та доїльне обладнання. Санітарна обробка вимені корів перед доїнням має важливе значення для зниження поширення патогенних мікроорганізмів і появи нових випадків інфекцій молочної залози, а також є важливим заходом у виробництві високоякісного молока [1–6].

Згідно з програмою боротьби з маститом Національної ради з боротьби з маститом (National Mastitis Council), рекомендується щоденне застосування дезінфікуючих засобів для обробки шкіри дійок вимені перед і після кожного доїння. Засоби для дезінфекції шкіри дійок вимені повинні відповідати декільком вимогам: не подразнювати шкіру при застосуванні; знижувати загальну кількість мікрофлори на шкірі дійок та проявляти бактерицидну дію на мікроорганізми збудники маститу; бути безпечними для корів та персоналу; не потрапляти у молоко [7, 8]. Сучасні засоби для обробки дійок вимені перед доїнням містять різні хімічні речовини, зокрема, йод, хлоргексидин, бензалконій хлорид, перекис водню, кислоти та гіпохлорит натрію. Дані засоби є досить ефективні, але вони можуть спричинити подразнення шкіри вимені, потрапляти у молоко і бути шкідливими для споживачів та забруднювати навколишнє середовище [7, 9, 10]. Тому розробка засобів для обробки шкіри дійок корів з речовинами, які містяться в молоці або молочних продуктах, є цікавим рішенням для здоров'я вимені, оскільки зведено до мінімуму побоювання щодо залишків у молоці [11, 12].

В результаті теоретичного аналізу вмісту анти-мікробних речовин у складі засобів для переддоїльної обробки вимені корів та результатів лабораторного дослідження [13] нами було створено дослідний варіант засобу з вмістом нізину – 1 %, молочної кислоти – 2 %, гліцерину – 4 %, алантоїну – 0,5 % та води до 100 %. Даний розчин засобу є прозора рідина з жовтуватим відтінком та специфічним запахом, рН становить 4,2 од. Засіб у концентрації 50 % проявляє інгібуючу дію на тест-культури мікроорганізмів *S. aureus*, *E. coli* і *Str. uberis* протягом 30 секунд експозиції. Даний засіб для санації шкіри дійок вимені корів перед доїнням отримав назву «Санскін». За результатами токсикологічних досліджень засіб Санскін згідно з вимог [14] належить до 4-го класу небезпеки (токсичності), тобто, малонебезпечні речовини. Засіб не спричиняє подразнюючу, сенсibiliзуючу та резорбтивну дії, проявляє незначну шкідливу дію на слизову оболонку ока кролів. Одержані токсикологічні результати підтверджують безпечність засобу Санскін для зовнішнього застосування для обробки шкіри вимені корів перед доїнням при виробничих дослідженнях на молочних фермах.

Для того щоб новостворений засіб був зареєстрований у Державному науково-дослідному контрольному інституті ветеринарних препаратів та кормових добавок він повинен відповідати усім вимогам, які

ставляться до засобів для обробки вимені перед доїнням, та пройти лабораторні і виробничі дослідження.

Мета дослідження

Метою досліджень було провести виробничі випробування засобу Санскін, зокрема, визначити зменшення мікрофлори шкіри дійок вимені при застосуванні засобу перед доїнням корів.

Матеріали і методи

Експериментальні дослідження проводили в лабораторіях Тернопільської дослідної станції Інституту ветеринарної медицини НААН та в господарстві ПАП «Агропродсервіс» Тернопільської області. Дослідження проводили у весняний період року на молочної фермі з поголів'ям більше 500 корів зі стійлово-вигульною системою утриманням тварин. Було сформовано 2 групи корів по 20 тварин у кожній (n=40). Санітарний стан приміщень корівника – задовільний, тварини були доглянуті та чисті, мали достатню кількість якісної підстилки. У першій групі тварин праву передню та праву задню дійки вимені обробляли засобом Оху Foam, а ліву передню і ліву задню – водою (контроль). Засіб Оху Foam – це активна піна на основі перекису водню і молочної кислоти (виробник: Ecolab, США). Переддоїльна обробка дослідних дійок дезінфікуючим засобом включала нанесення піни, витримка 30 секунд та витирання насухо одноразовим паперовим рушником. Обробку проводили лише візуально чистих дійок, якщо шкіра вимені була забруднена, то попередньо проводили миття теплою водою з подальшою обробкою засобом. Ліву передню і ліву задню дійки мили теплою водою та витирали насухо одноразовим паперовим рушником. У другій групі тварин праві дійки обробляли засобом Санскін за допомогою стаканчика для дезінфекції вимені шляхом занурення на всю довжину дійки з наступною витримкою 30 секунд та витирання насухо одноразовим паперовим рушником.

Змиви зі шкіри дійок вимені відбирали стерильним тампоном до обробки перед доїнням та повторно після доїння корів. Відбір змивів, доставку їх в лабораторію та мікробіологічні дослідження проводили згідно з загальноприйнятими методиками [15]. У змивах визначали загальну кількість мікроорганізмів, кількість бактерій роду *Staphylococcus* і *Streptococcus*, а також бактерії групи кишкових паличок (БГКП). Для виділення мікроорганізмів проводили посіви проб на середовища: стафілококів – *BD Baird-Parker Agar* (HiMedia, Індія), коліформних бактерій – агар Ендо (Фармактив, Україна), стрептококів – *Streptococcus Selection Agar* (HiMedia, Індія). Культивування проводили за температури 37 °С, результати оцінювали через 24 год. Ідентифікацію чистих культур проводили за морфологічними, тинкторіальними, культуральними та біохімічними властивостями [16].

Отримані дані піддавалися статистичним обрахункам з використанням програми Statistica 9.0

(StatSoft Inc., USA). Різницю між порівнюваними величинами вважали достовірною при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ та $p \leq 0,001$.

Результати та їх обговорення

Засоби для переддоїльної обробки вимені корів, як водні розчини при застосуванні змивають зі шкіри дійок певну кількість мікрофлори, а частину мікроорганізмів інгібують антибактеріальні речовини засобу. Тому ми у контролі застосовували обробку

шкіри дійок теплою водою, для того щоб розуміти яку кількість бактерій буде змивати зі шкіри засіб, а для порівняння використовували засіб аналог – Оху Foam. Здебільшого дослідники [17] для визначення, чи впливає обробка розчинами з наступним витиранням насухо одноразовим паперовим рушником на мікрофлору шкіри дійок вимені, у контролі використовують стерильний фосфатно-сольовий буфер. Результати досліджень впливу обробки засобом Санскін на загальну кількість мікрофлори шкіри дійок вимені корів наведено на **рис. 1**.

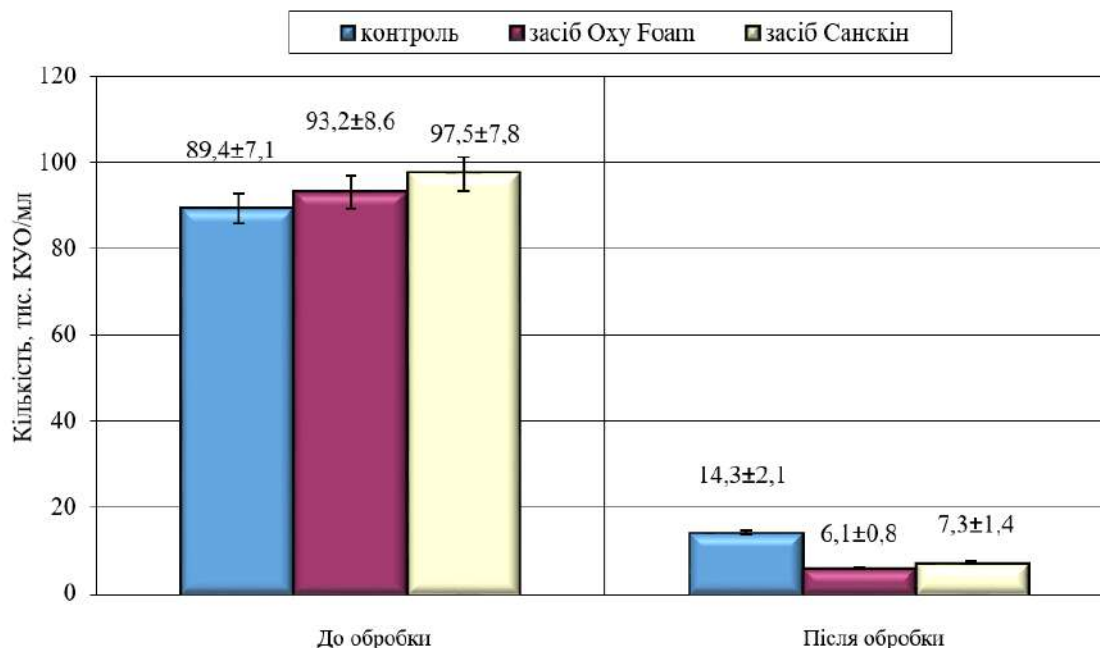


Рис. 1. Загальна кількість мікроорганізмів на шкірі дійок вимені корів після обробки засобом Санскін

Як видно з **рис. 1**, що переддоїльна обробка вимені корів суттєво зменшує бактеріальне навантаження на шкіру дійок. Так, обробка лише водою дозволяє зменшити кількість мікроорганізмів на шкірі дійок у 6,3 раза ($p \leq 0,01$), засобом Оху Foam – у 15,3 раза ($p \leq 0,001$) та новоствореним засобом Санскін – у 13,4 раза ($p \leq 0,001$). Миття теплою водою дозволяє видалити зі шкіри дійок 84 % мікроорганізмів до 14,3 ± 2,1 КУО/см³ змиву, а засоби з вмістом антибактеріальних речовин зменшити цю кількість ще у 2–2,3 раза ($p \leq 0,01$). Засіб Оху Foam проявляв кращу бактерицидну дію на мікрофлору шкіри дійок вимені та зменшував їх кількість більше у 1,2 раза ($p \leq 0,05$), порівнюючи з засобом Санскін. Очевидно наявність перекису водню у засобі є сильнішим бактерицидом, ніж нізин та проявляє швидше бактерицидну дію протягом 30 секунд обробки шкіри дійок вимені. Отже, засіб Санскін не поступається засобу аналогу Оху Foam щодо зменшення загальної кількості мікроорганізмів на шкірі дійок вимені корів, а різниця становила лише 1,2 тис. КУО/см³ змиву.

Аналогічні дані були отримані і іншими дослідниками [18], які також спостерігали зменшення загальної кількості бактерій на шкірі дійок до 6 тис. КУО/мл при застосуванні засобів з діоксидом

хлору та 0,5 % йоду. У нашому випадку застосування засобу Санскін дозволяло зменшити кількість мікрофлори шкіри дійок перед доїнням на 92,5 %, тоді як використання засобів з вмістом йоду, гіпохлориту та на спиртовій основі, лише на 67–78 % [19].

Результати дослідження наявності мікроорганізмів різних родів на шкірі дійок вимені корів за використання новоствореного засобу для переддоїльної обробки Санскін наведено на **рис. 2**.

Очевидно, що звичайна гігієна вимені дозволяє значно зменшити кількість мікроорганізмів на шкірі дійок вимені корів перед доїнням, але ще значна частина мікрофлори залишається. Так, після миття дійок водою і витирання насухо одноразовою серветкою кількість стафілококів зменшувалася у 3,4 раза ($p \leq 0,001$), стрептококів у 3,5 раза ($p \leq 0,001$), а кількість бактерій групи кишкових паличок зменшувалася у 46 разів ($p \leq 0,001$) та залишалася у незначній кількості – 38 ± 3 КУО/см³ змиву. Це свідчить про те, що проведення звичайної обробки вимені корів протягом 30 секунд водою є не достатньою в умовах великих молочних ферм з інтенсивним виробництвом молока.

Застосування дезінфікуючого засобу для переддоїльної обробки Оху Foam сприяло зменшенню

кількості бактерій роду *Staphylococcus* у 5,1 раза ($p \leq 0,001$) та роду *Streptococcus* – у 4,3 раза ($p \leq 0,001$) до 231 ± 19 і 226 ± 21 КУО/см³ змиву відповідно, що приблизно відповідало їх кількості 77 та 79 бактерій

на 1 см² шкіри дійок вимені корів. Кількість БГКП після проведення переддоїльної обробки вимені зменшувалася у сотні разів до поодиноких культур в 1 см³ змиву з шкіри дійок.

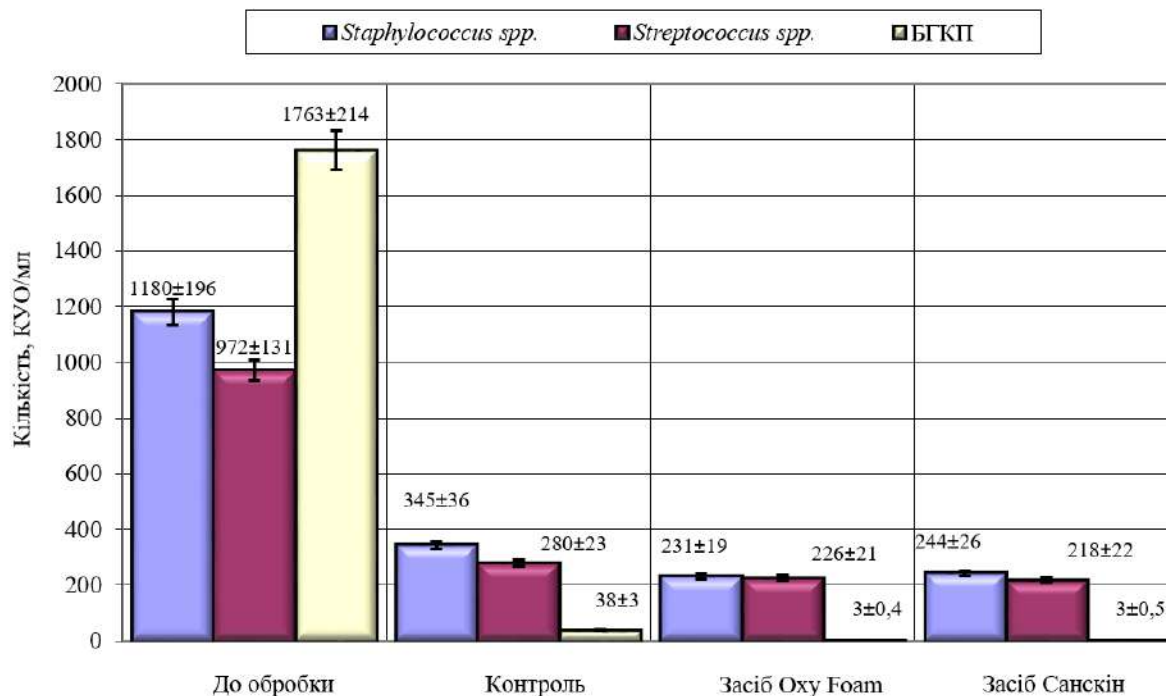


Рис. 2. Мікрофлора шкіри дійок вимені корів до і після обробки засобом Санскін

Обробка шкіри дійок вимені корів новим засобом Санскін сприяла зменшенню кількості стафілококів у 4,8 раза ($p \leq 0,001$), стрептококів у 4,5 раза ($p \leq 0,001$), а БГКП у сотні разів до поодиноких культур в 1 см³ змиву. При цьому з 40 відібраних змивів з шкіри дійок вимені після обробки засобом Санскін лише у 9 (22,5%) виділялися бактерії групи кишкових паличок.

Мікроорганізми родів *Staphylococcus* і *Streptococcus* є нормальною мікрофлорою шкіри дійок вимені корів і навіть при ефективній обробці, коли практично вони видаляються усі, частина їх залишається у протоках сальних та потових залоз і змиваються при повторному взятті змиву з дійок. Заразом БГКП, які є транзитною мікрофлорою вимені [20], практично усі видаляються зі шкіри дійок корів за ефективної обробки дезінфікуючими засобами для переддоїльної обробки. Отже, як видно з вищенаведеного, що розроблений засіб Санскін при застосуванні дозволяє видаляти зі шкіри дійок вимені корів перед доїнням до 79,3% мікроорганізмів роду *Staphylococcus*, до 77,6% бактерій роду *Streptococcus* та практично усі бактерії групи кишкових паличок і забезпечити відміну чистоту дійок вимені перед їх доїнням. Засіб Санскін при застосуванні перед доїнням корів не поступається за ефективністю засобу порівняння Оху Foam.

Наші дані також узгоджуються з дослідженнями інших вчених [21], які вказують, що вісім протестованих засобів для обробки вимені корів перед доїнням, в середньому, зменшують кількість стафілококів на шкірі дійок на 76%, стрептококів – на 73%.

Однак відрізняються при застосуванні засобу з вмістом молочної кислоти і перекису водню. Він призводить до зменшення кількості стрептококів на шкірі дійок корів на 89,9% і стафілококів на 59,4% [17].

У нашому дослідженні кількість мікроорганізмів БГКП, які виділялися зі шкіри дійок вимені, була найбільшою, порівнюючи з стафілококами та стрептококами. Це очевидно пов'язано з утриманням корів у приміщеннях із задовільним санітарним станом. Підстилка, підлога та навколишнє середовище корівника є найбільшим джерелом БГКП [22]. Водночас бактерії роду *Staphylococcus* виділялися у змивах зі шкіри дійок вимені корів частіше, ніж роду *Streptococcus*. Дані літератури щодо цього питання різні. Так, ряд дослідників [18] найчастіше виділяли стафілококи зі шкіри дійок вимені корів, тоді як інші [21] стрептококи. На рівень природного бактеріального забруднення поверхні шкіри дійок корів впливають фактори навколишнього середовища корівника, а також мікробіоценоз певної окремої молочної ферми [23].

Відповідно до методичних рекомендацій [24, 25] ефективність переддоїльної обробки шкіри дійок корів оцінюють за титром БГКП змивів відібраних до та після застосування сануючих засобів. Вважається, що засіб ефективний та переддоїльна обробка дійок проведена добре, коли титр БГКП змивів зі шкіри дійок становить більше 1. Враховуючи такі рекомендації було проведено дослідження з визначення ефективності засобу Санскін за титром БГКП (рис. 3).

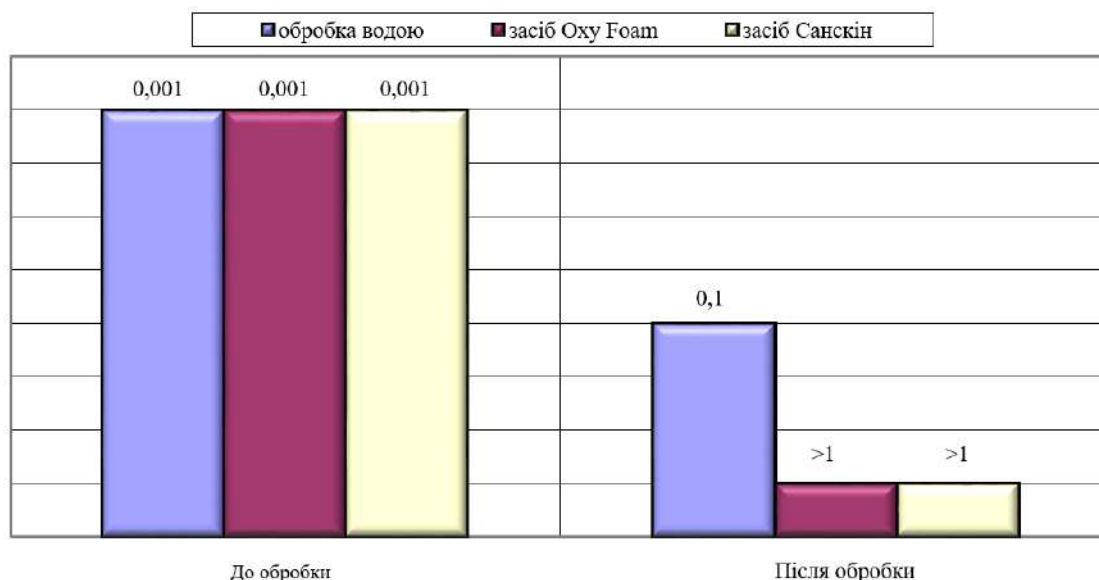


Рис. 3. Титр БГКП змивів зі шкіри дійок вимені корів до та після переддоїльної обробки засобом Санскін

З рис. 3. спостерігаємо зменшення титру БГКП на шкірі дійок за трьох застосованих переддоїльних обробок, водночас у контролі при застосуванні тільки води титр БГКП хоч і зменшився на два порядки, проте становив 0,1 мл, що є більшим від допустимого нормативу відповідно до рекомендацій «Ветеринарні санітарно-гігієнічні правила для господарств з виробництва молока коров'ячого незбираного» [24]. Проведення переддоїльної обробки засобом Санскін забезпечило добрий мийний і бактерицидний ефект, оскільки санітарно-показові БГКП в 1 мл змиву не виявлялися, що було аналогічно як за використання засобу Оху Фоам. Тому отримані дані вказують, що запропонований нами засіб для переддоїльної обробки забезпечує дію, яка відповідає вимогам щодо сануючих засобів для шкіри дійок вимені корів.

Висновки

Застосування засобу Санскін дозволяє зменшити кількість мікроорганізмів на шкірі дійок вимені корів у 13,4 раза ($p \leq 0,001$) до $7,3 \pm 1,4$ тис. КУО/см³ змиву. Встановлено, що розроблений засіб Санскін при застосуванні видаляє зі шкіри дійок вимені корів перед доїнням до 79,3 % мікроорганізмів роду *Staphylococcus*, до 77,6 % бактерій роду *Streptococcus* та практично усі бактерії групи кишкових паличок і забезпечує відміну чистоту дійок вимені перед їх доїнням. Засіб Санскін при застосуванні перед доїнням корів не поступається за ефективністю засобу порівняння Оху Фоам.

Перспективи подальших досліджень. Буде з'ясовано вплив засобу Санскін на поширення субклінічного маститу та якість молока сирого збірного.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Mišeikienė, R., Rudejeviene, J., & Gerulis, G. (2015). Effect of pre-milking antiseptic treatment on the bacterial contamination of cow teats' skin. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 159–166. <https://doi.org/10.15547/bjvm.833>
2. Kukhtyn, M., Horiuk, Y., Salata, V., Klymyk, V., Vorozhbit, N., & Rushchinskaya, T. (2021). *Staphylococcus aureus* of raw cow's milk. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23 (102), 53–59. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10208>
3. Fitzpatrick, S. R., Garvey, M., Flynn, J., O'Brien, B., & Gleeson, D. (2021). Effect of pre-milking teat foam disinfection on the prevention of new mastitis rates in early lactation. *Animals*, 11 (9), 2582. <https://doi.org/10.3390/ani11092582>
4. Ntuli, V., Sibanda, T., Elegbeleye, J. A., Mugadza, D. T., Seifu, E., & Buys, E. M. (2023). Dairy production: microbial safety of raw milk and processed milk products. *Present Knowledge in Food Safety*, 439–454. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819470-6.00076-7>
5. Kotelevich, V., Gural'ska, S., & Honcharenko, V. (2023). Actual problems of the quality and safety of milk and dairy products. *Naukovij Visnik Veterinarної Medicini*, 1 (180), 24–39. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-180-1-24-39>
6. Gleeson, D., Paludetti, L., O'Brien, B., & Beresford, T. (2022). Effect of 'chlorine-free' cleaning of milking equipment on the microbiological quality and chlorine-related residues in bulk tank milk. *International Journal of Dairy Technology*, 75 (2), 262–269. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12853>
7. Ózsvári, L., & Ivanyos, D. (2022). The use of teat disinfectants and milking machine cleaning products in commercial Holstein-Friesian farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.956843>
8. Ruegg, P. L. (2017). A 100-year review: mastitis detection, management, and prevention. *Journal of Dairy Science*, 100 (12), 10381–10397. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13023>
9. Borucki Castro, S. I., Berthiaume, R., Robichaud, A., & Lacasse, P. (2012). Effects of iodine intake and teat-dipping practices on milk iodine concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (1), 213–220. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4679>
10. Sadakane, K., & Ichinose, T. (2015). Effect of the hand antiseptic agents benzalkonium chloride, povidone-iodine, ethanol, and chlorhexidine gluconate on atopic dermatitis in NC/Nga mice. *International Journal of Medical Sciences*, 12 (2), 116–125. <https://doi.org/10.7150/ijms.10322>
11. Godden, S. M., Royster, E., Knauer, W., Sorg, J., Lopez-Benavides, M., Schukken, Y., Leibowitz, S., & French, E. A. (2016). Randomized noninferiority study evaluating the efficacy of a postmilking teat disinfectant for the prevention of naturally occurring intramammary infections. *Journal of Dairy Science*, 99 (5), 3675–3687. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10379>

12. Bennett, S., Fliss, I., Ben Said, L., Malouin, F., & Lacasse, P. (2022). Efficacy of bacteriocin-based formula for reducing staphylococci, streptococci, and total bacterial counts on teat skin of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105 (5), 4498–4507. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21381>
13. Trukhanovych, T., & Perkiy, Yu. (2024). Development of the product for pre-milking cow-udder care on the basis of nisin and lactic acid. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (113), 114–119. <https://doi.org/10.32718/nvvet11317>
14. Kotsiumbas, I. Ya., Malyk, O. H., Patereha, I. P., Tishyn, O. L., & Kosenko, Yu. M. (2006). *Preclinical studies of veterinary medicinal products*. Lviv: Triada plus.
15. Kukhtyn, M. D., Kryzhanivskiy, Ya. Y., & Danylenko, I. P. (2009). *Microbiological studies of the secretion of the udder of cows for the isolation and identification of pathogens of mastitis*. Ternopil: TDS IBM.
16. Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T., & Williams, S. T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ninth Edition*. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins.
17. Fitzpatrick, S. R., Garvey, M., Flynn, J., O'Brien, B., & Gleeson, D. (2021). The effect of disinfectant ingredients on teat skin bacteria associated with mastitis in Irish dairy herds. *Irish Veterinary Journal*, 74 (1). <https://doi.org/10.1186/s13620-020-00179-7>
18. Baumberg, C., Guarín, J. F., & Ruegg, P. L. (2016). Effect of 2 different premilking teat sanitation routines on reduction of bacterial counts on teat skin of cows on commercial dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 2915–2929. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10003>
19. Gibson, H., Sinclair, L. A., Brizuela, C. M., Worton, H. L., & Protheroe, R. G. (2008). Effectiveness of selected pre-milking teat-cleaning regimes in reducing teat microbial load on commercial dairy farms. *Letters in Applied Microbiology*, 46, 295–300. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2007.02308.x>
20. Perkiy, Yu. B. (2007). Rol bakterii hrupy kyslykovykh palychok u sanitarii moloka. *Candidate's thesis*. Kyiv. [in Ukrainian]
21. Fitzpatrick, S. R., Garvey, M., Flynn, J., Jordan, K., & Gleeson, D. (2019). Are some teat disinfectant formulations more effective against specific bacteria isolated on teat skin than others? *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61 (1). <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0455-3>
22. Rowbotham, R. F., & Ruegg, P. L. (2016). Bacterial counts on teat skin and in new sand, recycled sand, and recycled manure solids used as bedding in freestalls. *Journal of Dairy Science*, 99 (8), 6594–6608. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10674>
23. Verdier-Metz, I., Gagne, G., Bornes, S., Monsallier, F., Veisseire, P., Delbès-Paus, C., & Montel, M.-C. (2012). Cow teat skin, a potential source of diverse microbial populations for cheese production. *Applied and Environmental Microbiology*, 78 (2), 326–333. <https://doi.org/10.1128/aem.06229-11>
24. Kryzhanivskiy, Ya. Y., Kukhtyn, M. D., & Danylenko, I. P. (2006). *Veternarni sanitarno-hihienichni pravyla dlia hospodarstv z vyrobnystva moloka koroviachoho nezbyranoho (Metodychni rekomendatsii)*. Ternopil: TDS IVM. [in Ukrainian]
25. Kukhtyn, M. D. (2010). The concept of development and application of standards for the production of raw milk of the "Extra" grade according to the content of microorganisms. *Veterinary Medicine of Ukraine*, 10, 42–43. [in Ukrainian]

ORCID

T. Trukhanovych  <https://orcid.org/0000-0002-7635-8813>
 Yu. Perkiy  <https://orcid.org/0000-0001-8599-4857>



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

Features of the course of otodectosis in mixtinvasions of dogs and cats

A. Melezhyk | L. Korchan | N. Dmitrenko | A. Zamazyi

Article info

Correspondence Author

A. Melezhyk

E-mail:

melezikandrij955@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
Skovorody St., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine

Citation: Melezhyk, A., Korchan, L., Dmitrenko, N., & Zamazyi, A. (2024). Features of the course of otodectosis in mixtinvasions of dogs and cats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 128–132. doi: 10.31210/spi2024.27.02.22

Increased contact between domestic dogs and cats as a result of population migration, imports from other regions that are not adapted to local conditions, unsanitary conditions of places where they walk, and an uncontrolled number of homeless animals undoubtedly affect the spread of various ectoparasitic diseases. Most often, among such diseases of dogs and cats, acaroses caused by acariform mites are registered, among which the causative agent of otodectosis *Otodectes cynotis* is one of the most common. Ticks are localized on the inner surface of the auricle and in the external auditory canal and can lead to the development of various types of otitis, and in case of complications, the process often spreads to the middle and inner ear and then to the meninges, which can lead to the death of animals. The purpose of the research was to establish the peculiarities of the course of otodectosis in dogs and cats as part of mixtinvasions. Parasitological studies established that otodectosis in cats mostly (64.7 %) occurred in the form of monoinvasion, while otodectosis in dogs – on the contrary, in 55.3 % of animals occurred in the form of mixtinvasions. Mixtinvasions in cats with otodectosis consisted of two and three causative agents of helminthoses of the digestive tract. Otodecto-toxocarosis was diagnosed more often (50 %), otodecto-dipilidiosis (33.3 %) and otodecto-dipilidiosis-toxocarosis (16.7 %) invasions were diagnosed less often. Mixtinvasions in dogs with otodectosis consisted of two, three, and four causative agents of helminth infections of the digestive tract. Otodecto-toxocarosis (23.1 %) and otodecto-trichuriasis (26.9 %) invasions were diagnosed more often. A smaller share was otodecto-dipilidiosis (15.4 %), otodecto-uncinariasis (11.5 %) and otodecto-trichuriasis-toxocarosis (11.5 %) infestations. Two associations consisting of *Otodectes cynotis*, *Trichuris vulpis* and *Uncinaria stenocephala* (7.8 %) and *Otodectes cynotis*, *Toxocara canis*, *Trichuris vulpis* and *Uncinaria stenocephala* (3.8 %) were rarely found. The obtained results will make it possible to take into account the peculiarities of the course of otodectosis of cats and dogs as part of helminthiasis of the digestive tract of animals in order to increase the effectiveness of treatment measures.

Keywords: parasitology, otodectosis, dogs, cats, associative course.

Особливості перебігу отодектозу в складі мікстінвазій собак і котів

А. В. Мележик | Л. М. Корчан | Н. І. Дмитренко | А. А. Замазій

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Збільшення контактів між домашніми собаками і котами внаслідок міграції населення, ввезення з інших регіонів, не адаптованих до місцевих умов, антисанітарний стан місць їх виходу та неконтрольована кількість безпритульних тварин безперечно впливають на поширення різних ектопаразитарних захворювань. Найчастіше серед таких захворювань собак і котів реєструють акарози, зумовлені акариформними кліщами, з-поміж яких одним з найпоширеніших є збудник отодектозу *Otodectes cynotis*. Кліщі локалізуються на внутрішній поверхні вухної раковини і у зовнішньому слуховому проході та можуть призводити до розвитку отиту різного характеру, а при ускладненні – нерідко процес поширюється на середнє та внутрішнє вухо й далі – на мозкові оболонки, що може призвести до загибелі тварин. Метою досліджень було встановити особливості перебігу отодектозу собак і котів у складі мікстінвазій. Паразитологічними дослідженнями встановлено, що отодектоз у котів здебільшого (64,7 %) перебігав у вигляді моноінвазії, а отодектоз у собак – навпаки, у 55,3 % тварин перебігав у вигляді мікстінвазій. Мікстінвазії у хворих на отодектоз котів склалися з двох та трьох збудників гельмінтозів травного тракту. Частіше діагностували отодектозно-токсокарозну інвазію (50 %), рідше – отодектозно-дипілідіозну (33,3 %) та отодектозно-дипілідіозно-токсокарозну (16,7 %) інвазії. Мікстінвазії у хворих на отодектоз собак склалися з двох, трьох та чотирьох збудників гельмінтозів травного тракту. Частіше діагностували отодектозно-токсокарозну (23,1 %) та отодектозно-трихурозну (26,9 %) інвазії. Меншу частку становили отодектозно-дипілідіозна (15,4 %), отодектозно-унцинаріозна (11,5 %) та отодектозно-трихурозно-токсокарозну (11,5 %) інвазії. Рідко виявляли дві асоціації, які склалися з *Otodectes cynotis*, *Trichuris vulpis* і *Uncinaria stenocephala* (7,8 %) та *Otodectes cynotis*, *Toxocara canis*, *Trichuris vulpis* та *Uncinaria stenocephala* (3,8 %). Отримані результати дозволять враховувати особливості перебігу отодектозу котів та собак у складі гельмінтозів травного тракту тварин з метою підвищення ефективності проведення лікувальних заходів.

Ключові слова: паразитологія, отодектоз, собаки, коти, асоціативний перебіг.

Бібліографічний опис для цитування: Мележик А. В., Корчан Л. М., Дмитренко Н. І., Замазій А. А. Особливості перебігу отодектозу у складі мікстінвазій собак і котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 128–132.

Вступ

Отодектоз є інвазійним захворюванням м'ясоїдних тварин, в тому числі собак та котів. Науковці зазначають, що дана інвазія значно поширена серед свійських тварин, де ступінь їх інвазування пов'язаний з умовами утримання, годівлі та проведенням відповідних санітарно-гігієнічних заходів. Найчастіше акароз реєструється у великих містах, де кількість безпритульних тварин значно більша, ніж у невеликих населених пунктах [1–4].

Otodectes cynotis є основною причиною паразитарного отиту, що вражає зовнішній слуховий прохід собак, котів, лисиць і тхорів, викликаючи сильне подразнення. Внаслідок життєдіяльності *O. cynotis*, відбувається порушення цілісності епідермального шару слухового проходу, виникає еритема, свербіж, запалення [5–7]. У собак за паразитування невеликої кількості кліщів *O. cynotis* при виникненні запального процесу може відбуватися їх загибель, внаслідок ексудації [8]. При тяжких випадках виникає середній отит, а також може виникати дерматит на голові, шиї, хвості та тулубі [9].

Науковці зазначають, що паразитування *O. cynotis* є причиною 5–50 % випадків зовнішнього отиту в собак та котів незалежно від їх статі чи породи [10–12]. Кошенята часто заражаються через матір, а окремі тварини можуть бути безсимптомними носіями. Хоча паразит уражає всіх котів, його частіше виявляють у тварин, які утримуються в притулках, і у безпритульних котів, оскільки контакт з ними і домашніми котами більш імовірний [13–16].

Про значне поширення отодектозу серед котів окремих регіонів Європи свідчать науковці, які зазначають про високу інвазованість кошенят і безпритульних тварин. Зокрема, в Греції у 25,5 % домашніх котів виявлено *O. cynotis*. Причому даного збудника виявлено у 14 % кошенят віком до 6 місяців з міської місцевості без зовнішніх ознак отиту [17, 18]. В іншому дослідженні, проведеному в Італії, *O. cynotis* було визначено як основну причину зовнішнього отиту в 53,3 % з 1087 обстежених безпритульних котів [19].

На території Греції виявлено, що екстенсивність отодектозної інвазії у котів становила 14,02 %. Поширеність інвазії була достовірно ($p < 0,05$) вищою у котів віком від 3 до 6 місяців (17,58 %), ніж у котів віком до 3 місяців (11,38 %). Інтенсивність зараження коливалася від 7 до 85 екз. кліщів на тварину. Причому в кошенят від 3 до 6 місяців інтенсивність інвазії (47,19 екз.) виявилася вищою ($p < 0,05$), ніж у кошенят віком до 3 місяців (22,36 екз.) [20]. В Бразилії *O. cynotis* виявлено у 13,9 % котів, де кокобактерії та паличкоподібні бактерії виявилися вторинними факторами у 34,3 та 22,9 % котів хворих на отодектоз відповідно. Рід *Malassezia* був допоміжним фактором у 57,1 % хворих на отодектоз котів [21].

Мета дослідження

Метою досліджень було встановити особливості перебігу отодектозу собак і котів у складі мікстинвазій.

Матеріали і методи

Дослідження проводилися впродовж 2023–2024 рр. на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи Полтавського державного аграрного університету та в умовах приватної клініки ветеринарної медицини смт. Лохвиця.

У процесі епізоотичного обстеження тварин основним показником ураження собак і котів кліщами була екстенсивність інвазії (EI, %).

Акарологічні дослідження зіскрібків зі шкіри проводили загальновідомим методом [22]. З метою виявлення співчленів мікстинвазій у інвазованих збудником отодектозу собак і котів проводили гельмінтоооскопію проб фекалій за флотажною методикою [23].

Всього досліджено 76 собак та 62 kota з клінічними ознаками ураження вушних раковин та шкіри в ділянці голови та вушних раковин.

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що отодектоз діагностовано у 61,8 та 54,8 % досліджених собак і котів. Виявлено, що отодектоз у котів здебільшого (64,7 %) перебігав у вигляді моноінвазії, а отодектоз у собак – навпаки, у 55,3 % тварин перебігав у вигляді мікстинвазій. Причому, у 35,3 % хворих на отодектоз котів, акароз перебігав у вигляді мікстинвазій (рис. 1 а). Водночас, у 44,7 % хворих на отодектоз собак акароз перебігав у вигляді моноінвазії (рис. 1 б).

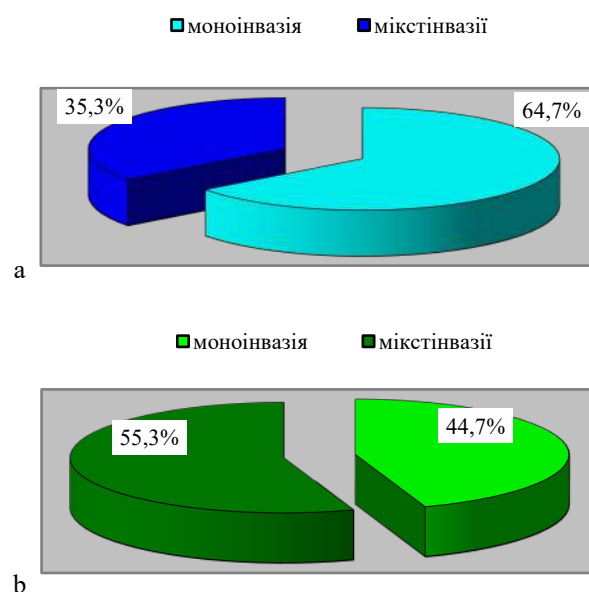


Рис. 1. Форми перебігу отодектозу: а – у котів, б – у собак

У котів мікстінвазії були представлені двокомпонентними (83,3 %) та трикомпонентними (16,7 %) асоціаціями отодектесів та гельмінтів травного тракту (рис. 2 а). Водночас, у собак мікстінвазії були представлені двокомпонентними (76,9 %), трикомпонентними (19,3 %) та чотирьохкомпонентними (3,8 %) асоціаціями отодектесів та гельмінтів травного тракту (рис. 2 б).

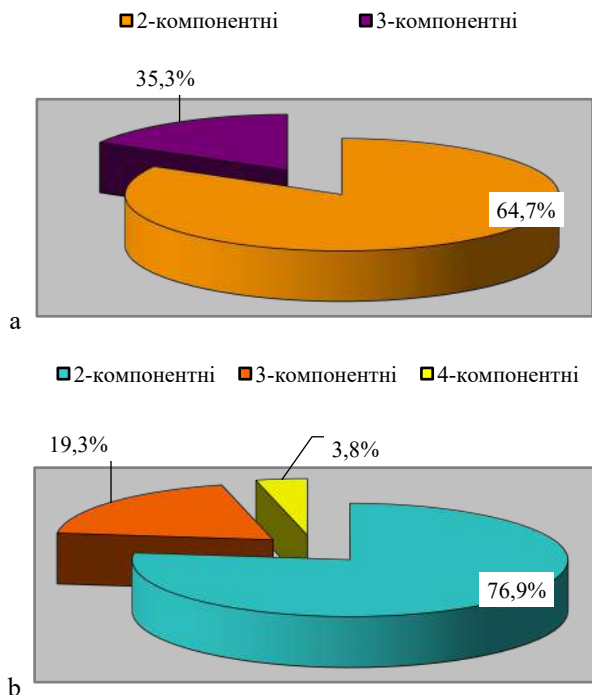


Рис. 2. Види різнокомпонентних мікстінвазій за отодектозу: а – у котів, б – у собак

Мікстінвазії у хворих на отодектоз котів були представлені 3 різновидами паразитів, де частіше діагностували отодектозно-токсокарозну інвазію (50 %), рідше – отодектозно-дипілідіозну (33,3 %) та отодектозно-дипілідіозно-токсокарозну (16,7 %) інвазії (рис. 3 а). Причому найбільш частими співчленами *O. cynotis* виявилися нематоди *Toxocara*

cati (23,5 %), рідше виявляли цестод *Dypilidium caninum* (17,6 %) (рис. 3 б).

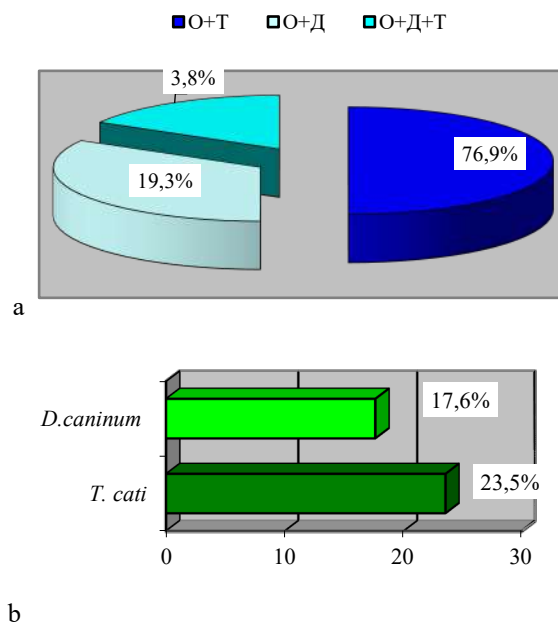


Рис. 3. Види мікстінвазій за отодектозу котів: а – комбінації паразитів, б – співчлени *O. cynotis*; О – отодектоз, Т – токсокароз, Д – дипілідіоз

Мікстінвазії у хворих на отодектоз собак були представлені 7 різновидами паразитів, де частіше діагностували отодектозно-токсокарозну (23,1 %) та отодектозно-трихурозну (26,9 %) інвазії. Меншу частку становили отодектозно-дипілідіозна (15,4 %), отодектозно-унцинаріозна (11,5 %) та отодектозно-трихурозно-токсокарозна (11,5 %) інвазії. Рідко виявляли дві асоціації, які склалися з отодектесів, трихурисів і унцинарій (7,8 %) та отодектесів, токсокар, трихурисів та унцинарій (3,8 %) (рис. 4 а). Причому найбільш частими співчленами *O. cynotis* виявилися нематоди *Trichuris vulpis* (27,7 %) та *Toxocara canis* (21,3 %), рідше виявляли нематод *Uncinaria stenocephala* (12,8 %) та цестод *Dypilidium caninum* (8,5 %) (рис. 4 б).

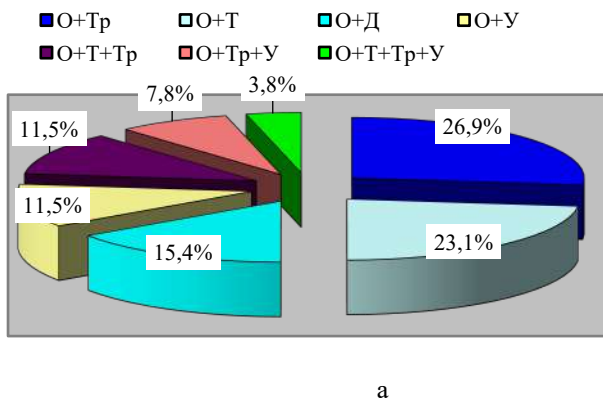


Рис. 4. Види мікстінвазій за отодектозу собак: а – комбінації паразитів, б – співчлени *Otodectes cynotis*; О – отодектоз, Tr – трихуроз, Т – токсокароз, Д – дипілідіоз, У – унцинаріоз

Науковцями доведено, що отодектоз є поширеною акароною інвазією у більшості країн світу, де здебільшого можуть уражатися як коти, так і собаки [2, 4, 24]. Причому, небезпечність даної інвазії зумовлена тим, що *Otodectes cynotis* є основною причиною паразитарного отиту, який може призводити до тяжких наслідків і, навіть, до загибелі тварин [5–7]. Тому, нами були проведені дослідження щодо особливостей перебігу отодектозної інвазії у собак і котів.

Паразитологічними дослідженнями встановлено, що отодектоз у котів здебільшого (64,7 %) перебігав у вигляді моноінвазії, а отодектоз у собак – навпаки, у 55,3 % тварин перебігав у вигляді мікстінвазій. Мікстінвазії у хворих на отодектоз котів склалися з двох та трьох збудників гельмінтозів травного тракту. Частіше діагностували отодектозно-токсокарозу інвазію (50 %), рідше – отодектозно-дипілідіозну (33,3 %) та отодектозно-дипілідіозно-токсокарозу (16,7 %) інвазії. Мікстінвазії у хворих на отодектоз собак склалися з двох, трьох та чотирьох збудників гельмінтозів травного тракту. Частіше діагностували отодектозно-токсокарозу (23,1 %) та отодектозно-трихуруозну (26,9 %) інвазії. Меншу частку становили отодектозно-дипілідіозна (15,4 %), отодектозно-унцинаріозна (11,5 %) та отодектозно-трихуруозно-токсокарозу (11,5 %) інвазії. Рідко виявляли дві асоціації, які склалися з *O. cynotis*, *Trichuris vulpis* і *Uncinaria stenocephala* (7,8 %) та *O. cynotis*, *Toxocara canis*, *Trichuris vulpis* та *Uncinaria stenocephala* (3,8 %).

Про асоціативний перебіг отодектозу разом з дріжджовими грибами роду *Malassezia*, а також кокобактеріями та паличкоподібними бактеріями, які ускладнюють перебіг інвазії, описано науковцями в науковій роботі [21].

Отримані результати дозволять враховувати особливості перебігу отодектозу котів та собак у складі гельмінтозів травного тракту тварин з метою підвищення ефективності проведення лікувальних заходів.

Висновки

Встановлено, що отодектоз у 64,7 % котів перебігає у вигляді моноінвазії, а у 55,3 % собак – у вигляді мікстінвазій. Мікстінвазії у хворих на отодектоз котів представлені 3 різновидами паразитів, які перебігають у вигляді дво- (83,3 %) та трикомпонентних (16,7 %) асоціацій паразитів, а у хворих на отодектоз собак – 7 різновидами паразитів, які перебігають у вигляді дво- (76,9 %), три- (19,3 %) та чотирьохкомпонентних (3,8 %) асоціацій паразитів. Найбільш частим співчленом *O. cynotis* у котів виявилися нематоди *Toxocara cati* (23,5 %), рідше виявляли цестод *Dypilidium caninum* (17,6 %). Разом з тим, найбільш частими співчленами *O. cynotis* у собак виявилися нематоди *Trichuris vulpis* (27,7 %) та *Toxocara canis* (21,3 %), рідше виявляли нематод

Uncinaria stenocephala (12,8 %) та цестод *Dypilidium caninum* (8,5 %).

Конфлікт інтересів

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

References

1. Tielemans, E., Prullage, J., Tomoko, O., Liebenberg, J., Capári, B., Sotiraki, S., Kostopoulou, D., Ligda, P., Ulrich, M., & Knaus, M. (2021). Efficacy of a novel topical combination of esafoxolaner, eprinomectin and praziquantel against ear mite (*Otodectes cynotis*) infestations in cats. *Parasite*, 28, 26. <https://doi.org/10.1051/parasite/2021022>
2. Thomson, P., Carreño, N., & Núñez, A. (2023). Main mites associated with dermatopathies present in dogs and other members of the Canidae family. *Open Veterinary Journal*, 13 (2), 131. <https://doi.org/10.5455/ovj.2023.v13.i2.1>
3. Grono, L. (1969). Studies of the ear mite, *Otodectes cynotis*. *Veterinary Record*, 85 (1), 6–8. <https://doi.org/10.1136/vr.85.1.6>
4. Powell, M. B., Weisbroth, S. H., Roth, L., & Wilhelmsen, C. (1980). Reaginic hypersensitivity in *Otodectes cynotis* infestation of cats and mode of mite feeding. *American Journal of Veterinary Research*, 41 (6), 877–882.
5. Bowman, D. D. (2006). *Parasitologia Veterinária de Georgis*. 8.ed. (pp. 68–69). São Paulo: Manole.
6. Farkas, R., Germann, T., & Szeidemann, Z. (2007). Assessment of the ear mite (*Otodectes cynotis*) Infestation and the efficacy of an imidacloprid plus moxidectin combination in the treatment of otoacariosis in a hungarian cat shelter. *Parasitology Research*, 101 (S1), 35–44. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0609-5>
7. Miller, J. R., Griffin, C. E., & Campbell, K. L. (2013). *Muller & Kirk's Small Animal Dermatology*. 7th edn. St Louis: Elsevier.
8. Gotthelf, L. N. (2005). Primary causes of ear disease. *Small Animal Ear Diseases*, 111–125. <https://doi.org/10.1016/b0-72-160137-5/50008-8>
9. Tonn, R. J. (1961). Studies on the ear mite *Otodectes cynotis*, including life cycle. *Annals of the Entomological Society of America*, 54 (3), 416–421. <https://doi.org/10.1093/aesa/54.3.416>
10. Rodriguez-Vivas, R. I., Ortega-Pacheco, A., Rosado-Aguilar, J. A., & Bolio, G. M. E. (2003). Factors affecting the prevalence of mange-mite infestations in stray dogs of Yucatán, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 115 (1), 61–65. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(03\)00189-4](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(03)00189-4)
11. Le Sueur, C., Bour, S., & Schaper, R. (2011). Efficacy and Safety of the Combination Imidacloprid 10 % / moxidectin 1.0 % Spot-on (Advocate® Spot-on for Small Cats and Ferrets) in the Treatment of ear mite infection (*Otodectes cynotis*) in Ferrets. *Parasitology Research*, 109 (S1), 149–156. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2411-7>
12. Yang, C., & Huang, H. (2016). Evidence-based veterinary dermatology: a review of published studies of treatments for *Otodectes cynotis* (ear mite) infestation in cats. *Veterinary Dermatology*, 27(4), 221. <https://doi.org/10.1111/vde.12340>
13. Dantas-Torres, F., & Otranto, D. (2014). Dogs, cats, parasites, and humans in Brazil: opening the black box. *Parasites & Vectors*, 7 (1), 22. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-22>
14. Norsworthy, G. D., Crystal, M. A., Grace, S. F., & Tilley, L. P. (2004). *O Paciente Felino*. 2.ed. (pp. 248–252). São Paulo: Roca.
15. Sotiraki, S. T., Koutinas, A. F., Leontides, L. S., Adamama-Moraitou, K. K., & Himonas, C. A. (2001). Factors affecting the frequency of ear canal and face infestation by *Otodectes cynotis* in the cat. *Veterinary Parasitology*, 96 (4), 309–315. [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00383-1](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00383-1)
16. Peterson, S., & Reintjes, S. (2016). Otitis externa, otitis media, and mastoiditis. In *Oxford Medicine Online*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med/9780199976805.003.0011>
17. Ahaduzzaman, Md. (2014). Ear mite (*Otodectes cynotis*) Induced otitis externa and complicated by staphylococci infection in a persian cat. *The Journal of Advances in Parasitology*, 1 (2), 21–23. <https://doi.org/10.14737/journal.jap/2014/2.2.21.23>

18. Lefkaditis, M. A., Koukeri, S. E., & Mihalca, A. D. (2009). Prevalence and intensity of *Otodectes cynotis* in kittens from Thessaloniki area, Greece. *Veterinary Parasitology*, 163 (4), 374–375. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.04.027>
19. Perego, R., Proverbio, D., Bagnagatti De Giorgi, G., Della Pepa, A., & Spada, E. (2013). Prevalence of otitis externa in stray cats in northern Italy. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 16(6), 483–490. <https://doi.org/10.1177/1098612x13512119>
20. Lefkaditis, M., Spanoudis, K., Panorias, A., & Sossidou, A. (2021). Prevalence, intensity of infestation, and risk factors for *Otodectes cynotis* in young dogs. *International Journal of Acarology*, 47 (4), 281–283. <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1900911>
21. Coelho, E. L. J., Antunes, H. M. R., Silva, T. F. da, Veggi, N. D. G., Sousa, V. R. F., & Almeida, A. do B. P. F. de. (2024). Prevalence and clinical findings of feline otitis externa in Midwest Brazil. *Topics in Companion Animal Medicine*, 60, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.tcam.2024.100876>
22. Yevstafieva, V. O., & Havryk, K. A. (2014). Improvement of methods of lifetime diagnostic of sarcoptoses, demodecoses and otodektoses of dogs. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 62–64. <https://doi.org/10.31210/visnyk2014.04.11>
23. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. (pp. 240–241). Koloss, Moscow.
24. Yevstafieva, V. O., & Havryk, K. A. (2015). Spryiniatlyvist sobak riznykh porid do zbudnykiv demodekozu, otodektozu ta sarkoptozu. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*. 7 (37), 35–139. [in Ukrainian]

ORCID

- A. Melezhyk  <https://orcid.org/0009-0004-4361-304X>
- L. Korchan  <https://orcid.org/0000-0002-6064-5922>
- N. Dmitrenko  <https://orcid.org/0000-0001-5336-2361>
- A. Zamazyi  <https://orcid.org/0000-0003-3138-0424>



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

Biochemical indicators of blood serum of dogs during toxocarous invasions

H. Pohorelova ✉

Article info

Correspondence Author

H. Pohorelova

E-mail:

hanna.pohorelova@pdau.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovorody St., 1/3, Poltava,
36003, Ukraine

Citation: Pohorelova, H. (2024). Biochemical indicators of blood serum of dogs during toxocarous invasions. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 133–137. doi: 10.31210/spi2024.27.02.23

Blood, as one of the types of tissues of the internal environment, is of great importance for the life of the animal organism. The composition of blood changes in certain physiological conditions, which allows obtaining laboratory information about the state of the body, using it for the benefit of diagnosing diseases, controlling the treatment of sick animals. A blood test allows you to detect hidden changes in organs and tissues that are not manifested clinically. To diagnose the subclinical form of the disease. When organ functions are impaired, local or general pathological processes develop, the biochemical composition of blood serum changes. In this regard, the study of animal blood is a necessary part of research during the diagnosis, especially for helminthiasis, in particular for toxocarosis, since the larvae of helminths migrate to various organs and tissues. The purpose of the research was to investigate the influence of helminths on certain biochemical parameters of the blood serum of dogs with toxocarosis, taking into account the intensity of infestation. Two experimental (patients with toxocarosis with different indicators of intensity of infestation, I – 63.80 ± 6.53 eggs/g, II – 259.40 ± 12.34 eggs/g) and control (clinically healthy) groups of dogs were formed. The conducted studies established the negative impact of toxocarous invasion on the activity of ALT, AST, alkaline phosphatase and the content of total bilirubin, and the higher the indicators of the intensity of the invasion, the more significant changes occurred in biochemical indicators. With a slight intensity of invasion in the blood serum of dogs, an increase in the activity of ALT by 2.0 times ($P < 0.001$), AST by 1.3 times ($P < 0.05$), alkaline phosphatase by 2.2 times ($P < 0.001$) and the content of total bilirubin – 1.9 times ($P < 0.05$) compared to clinically healthy dogs. With higher indicators of the intensity of toxocarosis invasion in the blood serum of dogs, the activity of ALT increased by 3.9 times ($P < 0.001$), AST – by 2.8 times ($P < 0.001$), alkaline phosphatase – by 2.4 times ($P < 0.001$), as well as the content of total bilirubin – 2 times ($P < 0.01$). The obtained research results expand the already existing data on the pathogenesis of toxocarosis in dogs and allow taking into account the detected changes in the blood when carrying out treatment measures.

Keywords: parasitology, toxocarosis, dogs, blood serum, biochemical indicators, intensity of invasion.

Біохімічні показники сироватки крові собак за токсокарозою інвазії

Г. М. Погорелова

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Кров як один із видів тканин внутрішнього середовища має велике значення для життя організму тварин. Склад крові змінюється при деяких фізіологічних станах, що дозволяє отримати лабораторну інформацію про стан організму, застосовувати її на користь діагностики захворювань, контролю над лікуванням хворих тварин. Дослідження крові дозволяє виявити приховані, що не проявляються клінічно, зміни в органах і тканинах, діагностувати субклінічну форму захворювання. При порушенні функцій органів, розвитку місцевих чи загальних патологічних процесів змінюється біохімічний склад сироватки крові. У зв'язку з цим дослідження крові тварин є необхідною частиною досліджень під час постановки діагнозу, особливо за гельмінтозів, зокрема за токсокарозу, оскільки личинки гельмінтів мігрують у різні органи і тканини. Метою досліджень було дослідити вплив гельмінтів на окремі біохімічні показники сироватки крові хворих на токсокароз собак з урахуванням показників інтенсивності інвазії. Було сформовано дві дослідні (хворі на токсокароз за різних показників інтенсивності інвазії, I – $63,80 \pm 6,53$ яєць/г, II – $259,40 \pm 12,34$ яєць/г) та контрольну (клінічно здорові) групи собак. Проведеними дослідженнями встановлено негативний вплив токсокарозою інвазії на активність АЛТ, АСТ, лужної фосфатази та вміст загального білірубину, і чим вищі були показники інтенсивності інвазії, тим більш значні зміни відбувалися з боку біохімічних показників. За незначної інтенсивності інвазії у сироватці крові собак встановлено підвищення активності АЛТ у 2,0 раза ($P < 0,001$), АСТ – у 1,3 раза ($P < 0,05$), лужної фосфатази – у 2,2 раза ($P < 0,001$) та вмісту загального білірубину – у 1,9 раза ($P < 0,05$) порівняно з клінічно здоровими собаками. За більш високих показників інтенсивності токсокарозою інвазії у сироватці крові собак зростала активність АЛТ у 3,9 раза ($P < 0,001$), АСТ – у 2,8 раза ($P < 0,001$), лужної фосфатази – у 2,4 раза ($P < 0,001$), а також вміст загального білірубину – у 2 раза ($P < 0,01$). Отримані результати досліджень розширюють вже існуючі дані щодо патогенезу токсокарозу собак і дозволяють враховувати виявлені зміни з боку крові при проведенні лікувальних заходів.

Ключові слова: паразитологія, токсокароз, собаки, сироватка крові, біохімічні показники, інтенсивність інвазії.

Бібліографічний опис для цитування: Погорелова Г. М. Біохімічні показники сироватки крові собак за токсокарозою інвазії. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 133–137.

Вступ

Токсокароз є значно поширеною паразитарною інвазією, викликаного *Toxocara canis* у собак, *T. cati* у котів і лисиць і *T. leonina* у широкого кола м'ясоїдних тварин. Причому збудник має зоонозний потенціал, так як може спричинювати зараження людини [1–4]. Статевозрілі токсокари виділяють яйця в кишечнику свого хазяїна, які потрапляють в навколишнє середовище шляхом дефекації та проходять стадії розвитку в оптимальних кліматичних умовах. Після проковтування інвазійних яєць нематод іншим хазяїном, в його організмі виходять личинки та проникають у слизову оболонку кишечника, а потім мігрують через внутрішні органи, такі як легені, печінка та нирки. Крім того, важливими шляхами зараження є трансплацентарна та трансмамарна передача цуценят і кошенят. З епідеміологічної точки зору, тварини-хазяїни, у яких в кишечнику паразитують дорослі нематоди, можуть поширювати інвазію, виділяючи яйця токсокар у навколишнє середовище [5–10].

Така міграція паразитів призводить до різних патологічних станів, які можна виявити через дослідження крові інвазованих тварин. Зокрема, автори встановили, що за токсокарозу собак гематологічні зміни характеризувалися значним /зниженням показників еритроцитів та гемоглобіну [11, 12]. Також інвазія супроводжується збільшенням лейкоцитів та еозинофілів у інвазованих собак. Такі зміни автори пояснюють з вивільненням гістаміну та гістаміноподібних речовин із тканин, пошкоджених паразитами, а також міграцією личинок і механізмом захисту організму від гельмінтів [13–16].

Отримані дослідниками дані щодо біохімічних змін в сироватці крові інвазованих токсокарами собак вказують на значне ($P < 0,05$) зниження загального білку, особливо рівня альбуміну. Гіпопротеїнемія пояснюється збільшенням витоку сироватки крові через пошкоджену слизову оболонку кишечника, де локалізуються статевозрілі нематоди, та перешкоджанням ефективності її всмоктування пошкодженої кишки. Також, було виявлено значне зростання активності ферментів АЛТ і АСТ. Це збільшення автори пов'язують з пошкодженням печінки мігруючими личинками, що призводить до збільшення печінкової проникності цих ферментів і виходом їх у крові [17–19].

Було встановлене значне зниження ($P < 0,05$) в сироватці крові, хворих на токсокароз собак, вмісту загального білку і глюкози. Разом з тим, токсокари при паразитуванні у собак призводили до підвищення ($p < 0,01$) активності ферментів АЛТ і АСТ [12]. Інші автори у сироватці крові собак інвазованих збудником токсокарозу виявляли значне зниження ($P \leq 0,01$, $P \leq 0,05$ відповідно) вмісту загального білка ($5,534 \pm 0,111$), альбумінів ($2,710 \pm 0,29$) разом із значним підвищенням ($P \leq 0,5$)

рівня холестерину, активності АСТ, АЛТ ($244,427 \pm 22,4$; $82,147 \pm 5,94$; $67,416 \pm 12,25$ відповідно) [20].

Окремі дослідники пропонують досліджувати у інвазованих паразитами тварин вміст мінералів, таких як цинк і мідь. Це зумовлено тим, що цинк відіграє невід'ємну роль у опосередкованих Т-клітинами реакціях для захисту хазяїна проти паразитів, а мідь є основною складовою церуоплазміну, який сприяє перетворенню заліза в трансферин. Також, цинк і мідь є важливими компонентами СОД, ферменту, який бере участь в окисному процесі [21–23].

Мета дослідження

Метою досліджень було дослідити вплив гельмінтів на окремі біохімічні показники сироватки крові хворих на токсокароз собак з урахуванням показників інтенсивності інвазії.

Матеріали і методи

Роботу виконували з січня по березень 2024 р. в умовах приватної ветеринарної клініки м. Полтави та на базі лабораторії кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи факультету ветеринарної медицини Полтавського державного аграрного університету.

Паразитологічні дослідження проводили копроскопічною флотажною методикою [24]. Було сформовано дві дослідні (за різних показників інтенсивності токсокарозої інвазії, I – $63,80 \pm 6,53$ яєць/г, II – $259,40 \pm 12,34$ яєць/г) та контрольну групи, в кожній з яких знаходилось по п'ять собак віком від 2 до 7 років. В контрольну групу входили клінічно здорові собаки. Кров для досліджень отримували з поверхневої вени передпліччя або вени сафена. Біохімічні показники сироватки крові досліджували за допомогою автоматичного біохімічного експрес-аналізатора, що працює за принципом «сухої хімії» з використанням слайдів Dri-Chem NX500 (FujiFilm, Японія). В сироватці крові визначали: активність АЛТ, АСТ, лужну фосфатазу та вміст загального білірубину.

Математичний аналіз отриманих даних проводили з використанням пакета прикладних програм Microsoft «EXCEL» шляхом визначення середнього арифметичного (M) та стандартного відхилення (SD).

Результати та їх обговорення

Проведеними дослідженнями встановлено, що показники інтенсивності інвазії собак *Toxocara canis* значно впливали на ступінь змін у біохімічних показниках сироватки крові інвазованих тварин. Водночас, чим вищі були показники інтенсивності інвазії, тим більш значні зміни відбувалися з боку біохімічних показників (*рис. 1*).

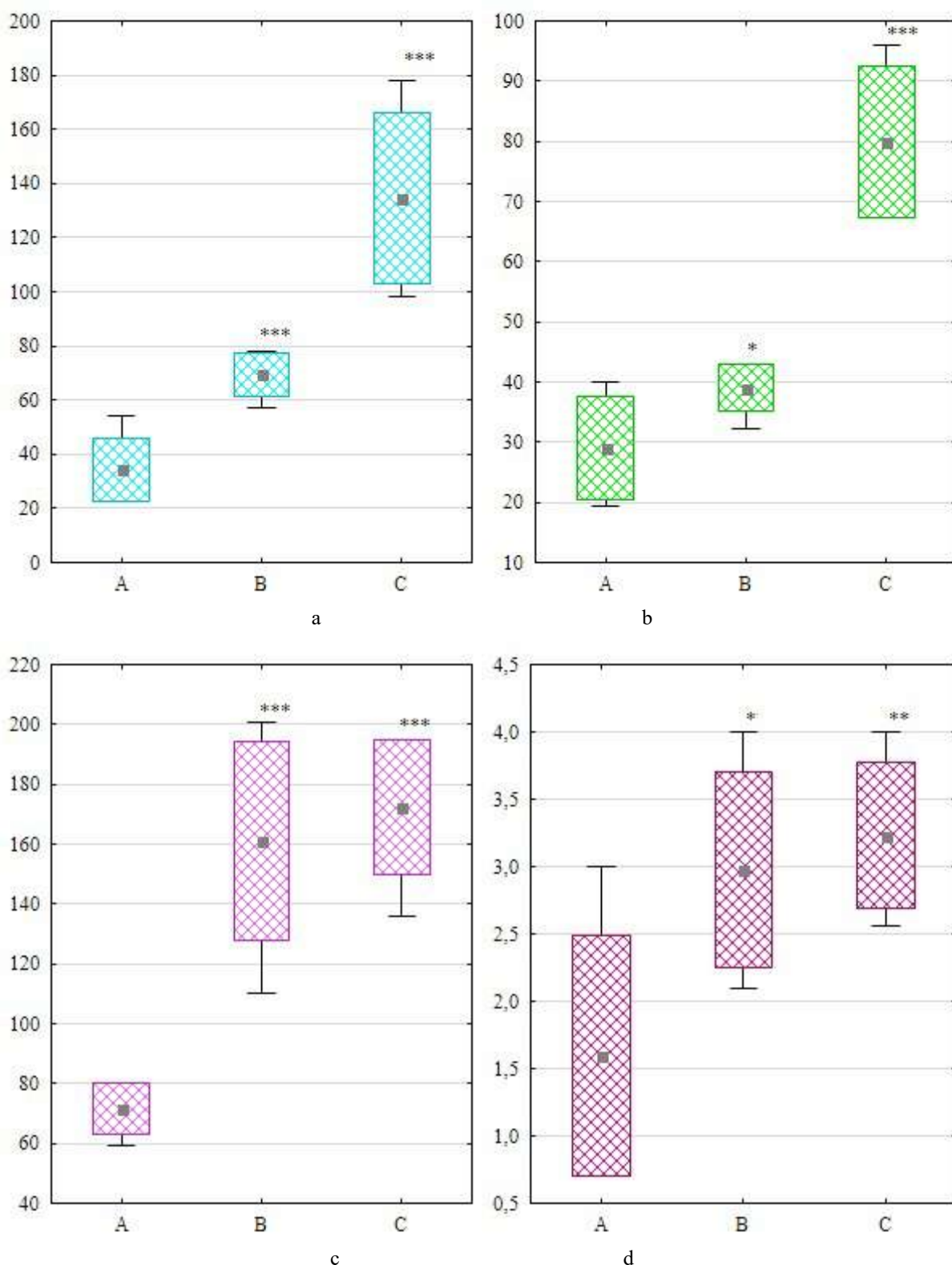


Рис. 1. Показники активності АЛТ (а), АСТ (б), лужної фосфатази (с) та вмісту загального білірубину (д) у сироватці крові собак за токсокарозу:

A – клінічно здорові, *B* – інвазовані *T. canis* за інтенсивності інвазії $63,80 \pm 6,53$ яєць/г,

C – інвазовані *T. canis* за інтенсивності інвазії $259,40 \pm 12,34$ яєць/г

Так, за показників інтенсивності токсокарозої інвазії $63,80 \pm 6,53$ яєць/г відмічали підвищення активності АЛТ у 2,0 раза ($69,54 \pm 7,93$ МО/л, $P < 0,001$), АСТ – у 1,3 раза ($39,04 \pm 3,89$ МО/л, $P < 0,05$) та лужної фосфатази – у 2,2 раза ($161,20 \pm 33,28$ МО/л, $P < 0,001$) порівняно з

клінічно здоровими собаками (відповідно $34,40 \pm 11,46$ МО/л, $29,08 \pm 8,56$ МО/л та $71,88 \pm 8,61$ МО/л). Також у інвазованих собак підвищувався вміст загального білірубину у 1,9 раза ($2,98 \pm 0,73$ мкмоль/л, $P < 0,05$) порівняно з клінічно здоровими тваринами ($1,60 \pm 0,89$ мкмоль/л).

За показників інтенсивності токсокарозої інвазії 259,40±12,34 яєць/г у сироватці крові собак зростала активність АЛТ у 3,9 раза (134,60±31,67 МО/л, P<0,001), АСТ – у 2,8 раза (80,00±12,59 МО/л, P<0,001), лужної фосфатази – у 2,4 раза (172,40±22,72 МО/л, P<0,001), а також вміст загального білірубину – у 2 раза (3,23±0,54 МО/л, P<0,01) порівняно з показниками клінічно здорових тварин.

Про важливість дослідження гематологічних та біохімічних показників у тварин за паразитозів у тому числі за токсокарозої інвазії, як діагностичного критерію, свідчать роботи багатьох науковців [11–16]. Тому, нами було проведено визначення окремих біохімічних показників сироватки крові собак за токсокарозої інвазії з урахуванням показників інтенсивності інвазії. Нами встановлено за незначних показників інтенсивності інвазії (63,80±6,53 яєць/г), що у інвазованих собак в сироватки крові підвищення активності АЛТ у 2,0 раза (P<0,001), АСТ – у 1,3 раза (P<0,05) та лужної фосфатази – у 2,2 раза (P<0,001). За більш високих показників інтенсивності інвазії (259,40±12,34 яєць/г) активність ферментів у сироватці крові інвазованих собак мала більш значення, ніж за незначних показників інтенсивності інвазії, а саме: АЛТ у 3,9 раза (P<0,001), АСТ – у 2,8 раза (P<0,001), лужної фосфатази – у 2,4 раза (P<0,001). Такі зміни, на нашу думку, пов'язані зі збільшенням проникності мембран клітин печінки для цих ферментів через міграцію личинок токсокар. Схожі дані отримали й інші науковці, які встановили у сироватці крові собак за токсокарозу зростання активності ферментів АСТ та АЛТ [12, 17–19].

Також, нами було встановлено у сироватці крові всіх собак дослідних груп зростання вмісту загального білірубину порівняно з показниками клінічно здорових тварин. Водночас, хоча показники і зростали, але вони знаходилися в межах фізіологічних показників.

Отримані результати досліджень розширюють вже існуючі дані щодо патогенезу токсокарозу собак і дозволяють враховувати виявлені зміни з боку крові при проведенні лікувальних заходів.

Висновки

Встановлено, що токсокарозна інвазія негативно впливає на біохімічні показники сироватки крові інвазованих собак, де тяжкість змін залежить від ступеня інтенсивності інвазії. За показників інтенсивності токсокарозої інвазії 63,80±6,53 яєць/г встановлено підвищення активності АЛТ (у 2,0 раза, P<0,001), АСТ (у 1,3 раза, P<0,05), лужної фосфатази (у 2,2 раза, P<0,001). За показників інтенсивності токсокарозої інвазії 259,40±12,34 яєць/г у сироватці крові собак зростала активність АЛТ (у 3,9 раза, P<0,001), АСТ (у 2,8 раза, P<0,001), лужної фосфатази (у 2,4 раза, P<0,001), збільшувався вміст загального білірубину (у 2 раза, P<0,01).

Конфлікт інтересів

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

References

1. Tyungu, D. L., McCormick, D., Lau, C. L., Chang, M., Murphy, J. R., Hotez, P. J., Mejia, R., & Pollack, H. (2020). *Toxocara* species environmental contamination of public spaces in New York City. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14 (5), e0008249. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008249>
2. Berrett, A. N., Erickson, L. D., Gale, S. D., Stone, A., Brown, B. L., & Hedges, D. W. (2017). *Toxocara* Seroprevalence and associated risk factors in the United States. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 97 (6), 1846–1850. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0542>
3. Lee, R. M., Moore, L. B., Bottazzi, M. E., & Hotez, P. J. (2014). Toxocariasis in North America: A systematic review. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8 (8), e3116. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003116>
4. Krupińska, M., Antolová, D., Tolkacz, K., Szczepaniak, K., Strachecka, A., Goll, A., Nowicka, J., Baranowicz, K., Bajer, A., Behnke, J. M., & Grzybek, M. (2023). Grassland versus forest dwelling rodents as indicators of environmental contamination with the zoonotic nematode *Toxocara* spp. *Scientific Reports*, 13 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23891-6>
5. Henke, K., Ntovas, S., Xourgia, E., Exadaktylos, A. K., Klukowska-Rötzler, J., & Ziaka, M. (2023). Who let the dogs out? Unmasking the neglected: a semi-systematic review on the enduring impact of toxocariasis, a prevalent zoonotic infection. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (21), 6972. <https://doi.org/10.3390/ijerph20216972>
6. 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>
7. Overgaauw, P. A. M., & van Knapen, F. (2013). Veterinary and public health aspects of *Toxocara* spp. *Veterinary Parasitology*, 193 (4), 398–403. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.12.035>
8. Holland, C. V. (2015). Knowledge gaps in the epidemiology of *Toxocara*: the enigma remains. *Parasitology*, 144 (1), 81–94. <https://doi.org/10.1017/s0031182015001407>
9. Macpherson, C. N. L. (2013). The epidemiology and public health importance of toxocariasis: A zoonosis of global importance. *International Journal for Parasitology*, 43 (12–13), 999–1008. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.07.004>
10. Phasuk, N., Kache, R., Thongtup, K., Boonmuang, S., & Punsawad, C. (2020). Soil Contamination with *Toxocara* eggs in public schools in rural areas of Southern Thailand. *Journal of Tropical Medicine*, 2020, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2020/9659640>
11. Qadir, S., Dixit, A. K., Dixit, P., & Sharma, R. L. (2010). Intestinal helminths induce haematological changes in dogs from Jabalpur, India. *Journal of Helminthology*, 85 (4), 401–403. <https://doi.org/10.1017/s0022149x10000726>
12. Kumar, M., Sharma, B., Kumar, A., Lal, H. P., Kumar, V., & Tripathi, M. K. (2014). Prevalence and haemato-biochemical studies of *Toxocara canis* infestation in dogs and risk perception of zoonoses by dog owners in Mathura, India. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (10), 653–663. <https://doi.org/10.3923/ajava.2014.653.663>
13. Chattha, M. A., Aslam, A., Rehman, Z. U., Khan, J. A., & Avais, M. (2009). Prevalence of *Toxocara canis* infection in dogs and its effects on various blood parameters in Lahore (Pakistan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 19 (2), 71–73.
14. Sharma, S. K., Sinha, S. R. P., Sinha, S., Jayachandran, C., & Kumar, M. (2010). Post treatment haematological studies in toxocariasis in dogs. *Journal of Veterinary parasitology*, 24 (1), 63–65.
15. Ogunkoya, A. B., Useh, N. M., & Esievo, K. A. N. (2006). The haemogram of dogs with gastrointestinal parasites in Zaria, Nigeria. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5 (9), 782–785.
16. Kirkova, Z., & Dinev, I. (2005). Morphological changes in the intestine of dogs, experimentally infected with *Trichuris vulpis*. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 8 (4), 239–243.

17. Kaymaz, A. A., Bakirel, U., Gonul, R., & Tan, H. (1999). Serum protein electrophoresis in dogs with intestinal parasites. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23 (5), 457–459.
18. Hayden, D. W., & Kruiningen, H. J. (1975). Experimentally induced canine toxocariasis: laboratory examinations and pathologic changes, with emphasis on the gastrointestinal tract. *American Journal of Veterinary Research*, 36 (11), 1605–1614.
19. Abdelkareem, M., Abdel-Raheem, A.-R. A., & Mohamed, A. E. A. (2022). Hemato-Biochemical changes in dogs infected with *Toxocara canis* in Hurghada and Luxor governorate. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*, 5 (1), 56–67. <https://doi.org/10.21608/svu.2022.90894.1143>
20. Salem, N. Y., Yehia, S. G., & El-Sherif, M. A. (2015). Hemato-Biochemical and mineral status in dogs with intermittent diarrhea and unthriftiness. *Research Journal for Veterinary Practitioners*, 3 (4), 89–92. <http://dx.doi.org/10.14737/journal.rjvp/2015/3.4.89.92>
21. Shi, H. N., Scott, M. E., Stevenson, M. M., & Koski, K. G. (1998). Energy restriction and zinc deficiency impair the functions of murine T cells and antigen-presenting cells during gastrointestinal nematode infection. *Journal of Nutrition*, 128 (1), 20–27. <https://doi.org/10.1093/jn/128.1.20>
22. Evans, P., & Halliwell, B. (2001). Micronutrients: oxidant/antioxidant status. *British Journal of Nutrition*, 85 (2), 67–74. <http://dx.doi.org/10.1079/BJN2000296>
23. Brodzki, A., Brodzki, P., Tatara, M. R., & Kostro, K. (2015). Total antioxidative capacity and zinc concentration in dogs suffering from perianal tumours. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 59 (3), 417–423. <https://doi.org/10.1515/bvip-2015-0061>
24. Kotelnikov, G. A. (1974). *Diagnostics of animal helminthiasis*. Koloss, Moscow

ORCID

H. Pohorelova  <https://orcid.org/0000-0001-7903-0947>



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

Features of forensic veterinary examination in cases of hypothermia and frostbite in dogs and cats

S. Harkusha¹ | R. Bokotko¹ | O. Kruchynenko^{✉2} | O. Peredera²

Article info

Correspondence Author

O. Kruchynenko

E-mail:

oleg.kruchynenko@pdaa.edu.ua

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony St., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

²Poltava State Agrarian University, Skovorody St., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

Citation: Harkusha, S., Bokotko, R., Kruchynenko, O., & Peredera, O. (2024). Features of forensic veterinary examination in cases of hypothermia and frostbite in dogs and cats. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 138–142. doi: 10.31210/spi2024.27.02.24

This paper presents theoretical information on the peculiarities of forensic veterinary examination of death and damage to dogs and cats due to hypothermia and frostbite. In the practice of veterinarians, there are cases of hypothermia in dogs and cats, especially in hairless breeds. Cases of frostbite in dogs are rare. Unlike dogs, cats have a lower sensitivity to low temperatures due to the small number of thermal receptors on their skin. Information is provided on the effects of low temperatures on the body of dogs and cats. The main causes of hypothermia and frostbite, as well as the factors that contribute to the development of the above lesions are given. The mechanism of action of cold on the body, clinical signs in dogs and cats with hypothermia and frostbite are considered. The main mechanisms of death of animals due to hypothermia are presented. The main pathological and anatomical signs that are detected in the death of animals due to hypothermia, namely, superficial or deep freezing of the tissues of the corpse, up to complete freezing, the presence of frost or icicles around the nasal openings, frozen “tears”, hemorrhages on the gastric mucosa and in the renal pelvis, retraction of the testes in males into the inguinal canal, venous hyperemia of the brain and its membranes, lungs, folding of the gastric mucosa, hemorrhages in the renal pelvis, proliferative and dystrophic changes in the renal tubular epithelium, etc. The author also indicates a set of postmortem changes that appear in the tissues of a corpse as a result of its freezing and subsequent thawing before pathological and anatomical examination, namely, the acquisition of a diffuse reddish color by the tissues, possible delamination of the joints of the skull bones, the characteristic appearance of cadaveric spots, etc. The degrees of frostbite, types, possible prognosis, as well as the actions of a forensic veterinary expert in the examination of an animal corpse and their features are separately considered. The features and actions of a forensic veterinary expert during a possible inspection of the scene in such cases are given. The key issues that a forensic veterinarian must address when performing forensic examinations in cases of hypothermia and frostbite in dogs and cats are listed.

Keywords: forensic veterinary examination, dogs, cats, hypothermia, frostbite.

Особливості судово-ветеринарної експертизи у випадках переохолодження та обмороження в собак і котів

С. Є. Гаркуша¹ | Р. Р. Бокотько¹ | О. В. Кручиненко² | О. О. Передера²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

²Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

В даній праці наведено теоретичні відомості, що стосуються особливостей судово-ветеринарної експертизи за загибелі й ураження собак та котів внаслідок переохолодження та обмороження. В практиці ветеринарних лікарів трапляються випадки переохолодження собак та котів, особливо це стосується безшерстих порід. Рідкісними є випадки обмороження собак. На відміну від собак, коті мають більш низьку чутливість до впливу на організм низьких температур завдяки невеликій кількості терморецепторів на шкірі. Надано інформацію про дію низьких температур на організм собак та котів. Наводяться основні причини виникнення стану переохолодження та обмороження, а також чинники, які сприяють розвитку вищеперерахованих уражень. Розглянуто механізм дії холоду на організм, клінічні ознаки у собак та котів за охолодження та обмороження. Наведено основні механізми смерті тварин за переохолодження. Зазначено основні патолого-анатомічні ознаки, які виявляють за загибелі тварин внаслідок переохолодження, а саме поверхнєве чи глибоке промерзання тканин трупа, аж до повного замерзання, наявність інію або й бурульок навколо носових отворів, застигли «сльози», крововиливи на слизовій оболонці шлунка та у ниркові миски, втягування сім'яників у самців до пахвинного каналу, венозна гіперемія головного мозку і його оболонок, легень, складчастість слизової оболонки шлунка, крововиливи в ниркові миски, проліферативно-дистрофічні зміни епітелію каналців нирок тощо. Вказаний також комплекс посмертних змін, які з'являються в тканинах трупа внаслідок його замерзання та послідовного розморожування перед патолого-анатомічним дослідженням, а саме набуття тканинами дифузного червонуватого забарвлення, можливого розшарування з'єднань кісток черепа, характерного вигляду трупних плям тощо. Окремо розглянуто ступені обмороження, види, можливий прогноз, а також дії судово-ветеринарного експерта при дослідженні трупа тварини та їх особливості. Наводяться особливості та дії судово-ветеринарного експерта за можливого огляду місця подій у подібних випадках. Перераховано ключові питання, які повинен вирішити судово-ветеринарний експерт у разі виконання судових експертиз у випадках переохолодження та обмороження собак і котів.

Ключові слова: судово-ветеринарна експертиза, собаки, коті, переохолодження, обмороження.

Бібліографічний опис для цитування: Гаркуша С. Є., Бокотько Р. Р., Кручиненко О. В., Передера О. О. Особливості судово-ветеринарної експертизи у випадках переохолодження та обмороження в собак і котів. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 138–142.

Вплив низької температури навколишнього середовища на організм тварин і людей [1] може бути загальним (переохолодження, замерзання) та місцевим (обмороження). Найчастіше подібні випадки трапляються у регіонах з холодним кліматом – арктичним, субарктичним, помірним (до останніх належить і Україна), у високогірних місцевостях. Тварини значно краще, аніж люди, переносять перебування на відкритій місцевості, оскільки вкриті густим волосяним покривом, маючи шерсть і підпушок. Тому, якщо для людини нижня межа зони температурного комфорту становить + 18 °С, то для різних видів сільськогосподарських та домашніх тварин цей показник коливається у межах + 5–10 °С.

Собаки та коти пристосовані до низької температури навколишнього середовища, часто настільки, що можуть жити на відкритому повітрі незалежно від пори року.

З досвіду практикуючих ветеринарних лікарів та літературних джерел відомі породи собак, що добре переносять холод: маламут, сибірський хаскі, акіта, німецька вівчарка, кавказька вівчарка, східно-європейська вівчарка, бобтейл, чау-чау, сенбернар, ротвейлер, тибетський мастиф, самоїд, бернський зенненхунд, шелті. Серед котів це, як правило, усі довгошерстні породи.

В свою чергу, найбільш сприйнятливі до перепадів температур тварини із захворюваннями нирок, серця, цукровим діабетом, гормональним дисбалансом, гіпотрофією, виснажені [2].

Чинниками, що сприяють виникненню стану переохолодження та обмороження, є, перш за все, низька температура навколишнього середовища, а саме – нижча за 0 °С, хоча відомі випадки переохолодження і за температури вище нуля. Підсилює загальний негативний вплив низької температури висока вологість повітря (в прямо пропорційній залежності), наявність вітру, оскільки рух повітря має охолоджувальну здатність, наявність опадів (дощу, снігу, мокрого снігу), похмура погода. Обмороження, як правило, виникає за комбінації низької температури повітря із різким шквальним вітром [2]. Переохолодження може виникати і в холодному неопалюваному приміщенні, а також випадкове потрапляння та перебування тварин в холодильниках, морозильних камерах тощо. Дуже швидко переохолодження настає за перебування людини чи тварини в воді, оскільки вода має значно більшу теплопровідність, ніж повітря.

Судово-ветеринарна експертиза живих тварин та трупів тварин, зокрема, собак та котів, призначається у випадках, коли намагаються притягнути до відповідальності осіб, що повинні були забезпечувати належний догляд за твариною і попередити настання переохолодження чи обмороження [2, 3]. У разі наявності таких дій (або бездіяльності) це може кваліфікуватися як жорстоке поводження з тваринами або як злочинна недбалість підозрюваної особи (осіб).

Вплив низьких температур на організм тварини може призвести до охолодження, обмороження та замерзання [4].

Переохолодження, або гіпотермія – це загальний стійкий вплив низької температури на організм в

цілому, що проявляється порушенням процесів терморегуляції внаслідок зниження термоємності організму [5]. Переохолодження супроводжується порушеннями функції життєво важливих систем організму, коли температура тіла опускається нижче 35 °С. Критично низькою температурою тіла, при якій настають незворотні зміни із послідуною загибеллю, вважається +25–26 °С.

До чинників, що сприяють переохолодженню організму, можна віднести:

1) погодні чинники: висока вологість, вітер, різкі перепади температури, охолодження води, неможливість активно рухатися, відсутність звички до холоду.

2) стан здоров'я: загальні соматичні захворювання, перевтома, значна крововтрата, тяжкі порушення обміну речовин, тяжкі хронічні захворювання, різного роду інтоксикації;

3) вік: новонароджені й тварини похилого віку найменш стійкі до холоду, так як у них спостерігається порушення терморегуляції організму;

4) фізичний стан (наркоз, шок, недостатнє харчування, нерозвиненість мускулатури);

5) індивідуальні особливості організму (тілобудова, конституція, стать, стан розвитку підшкірної жирової клітковини) [4].

Вплив холоду посилюється за наявності вологого вітру (тепло інтенсивніше виділяється вологою шкірою) [6]. Найбільш чутливі до холоду старі і молоді тварини, а також схудлі тварини. Розвиток загального переохолодження прискорюється в основному у тварин з хронічними захворюваннями обмінного характеру, з травмами, що супроводжуються шоком, крововтратою, інтоксикацією і т. д.

Собаки й коти здатні тривалий час переносити значне зменшення температури, навіть якщо вона менша за 0 °С. Однак через збіг несприятливих обставин (хронічні захворювання, неправильне харчування, вік) вплив холоду може привести до багатьох негативних наслідків, включаючи летальний результат. Повідомлень про застосування холоду з метою насильницької смерті тварин в доступній науковій літературі не було виявлено. Вплив холоду може бути способом приховати справжню причину смерті, насильницької чи ненасильницької, або сприяючи загибелі, або маскуючи за смертю від переохолодження іншу її причину [7].

Патофізіологічний механізм дії холоду на організм полягає в тому, що під впливом холоду спочатку виникають короточасні спазми кровоносних судин, за якими слідує стійке їх розширення [7]. Якщо процес триває, розширення судин змінюється вторинними спазмами. У ослаблених і худих тварин стадія розширення кровоносних судин може повністю бути відсутня.

В результаті спазмів капілярів, венозних і частково артеріальних судин сповільнюється кровотік, що призводить до їх ішемії. Через порушення кровообігу порушується трофіка тканин, виникає киснева недостатність і некрози, збільшується проникність стінок судин, утворюються набряки [8, 9].

Центральна нервова система відіграє найважливішу роль у розвитку цих судинних реакцій і вегетативних порушень.

При значному зниженні температури тіла реєструються слабкість і стомлюваність. При подальшому зниженні температури з'являються запаморочення, сонливість, тварина занурюється в сон, опірність організму знижується. Всі функції організму пригнічуються аж до настання смерті [4].

Безпосередніми й кінцевими причинами смерті від впливу низьких температур є:

- 1) первинна зупинка дихання;
- 2) зупинка серця внаслідок колапсу судин та фібриляції шлуночків;
- 3) температурний шок.

Смерть настає від охолодження тіла, замерзає завжди труп, отже замерзанню може піддаватися труп тварини, що загинула як від переохолодження, так і від будь-якої іншої причини. Індивідуальні особливості та зовнішні обставини відіграють важливу роль у впливі холоду. Старі, худі, сухорляві, голодні тварини набагато гірше переносять вплив холоду. Вплив холоду у вітряну погоду набагато виразніший, ніж за штилевої погоди. Вплив холоду за відлиги, опадів є дуже небезпечним. Мокра шкіра виділяє в 4 рази більше тепла, ніж суха [8, 9].

Часто трупи знаходять на відкритій місцевості в холодну пору року. Необхідно знати, що відтаювання (розмерзання) трупа дорослої тварини відбувається за кімнатної температури протягом 1–4 діб. Після відтаювання замороженого трупа органи набувають темно-дифузного забарвлення через гемоліз еритроцитів. Зміна кольору крові в разі смерті через переохолодження також не вважається характерною ознакою, оскільки колір крові може змінитися і після смерті [9, 10].

Безсумнівно, до посмертних змін відноситься розшарування швів черепа, викликане підвищенням внутрішньочерепного тиску, оскільки при заморожуванні об'єм мозку збільшується. Це слід пам'ятати, щоб не сприймати це як травму за життя тварини.

Після розмерзання трупне задубіння триває недовго, і процес гниття перебігає швидше. Тканина набуває темно-дифузного забарвлення. На ділянках тіла, що контактували з поверхнею, на якій лежав труп тварини, трупні плями залишаються темними [10].

При зовнішньому огляді трупа часто можна помітити позу "калачиком", особливо вона виражена в собак та котів, що є прижиттєвою, бо тварина намагалась хоч якось втримати тепло. Крім того, важливими зовнішніми ознаками є сліди танення снігу і льоду під трупом тварини, застигли сльози в куточках очей, "мурашки", або ж "гусяча шкіра" – ознаки ознобу на шкірі, втягування сім'яників у самців до пахвинного каналу тощо [10–12].

Під час внутрішнього дослідження основною діагностичною ознакою смерті від охолодження є крововилив у слизову оболонку на малій кривині шлунка (судові медики називають цю ознаку плямами Вишневського). Непрямою ознакою смерті від охолодження є переповнення кров'ю серця і великих судин, кров в правій половині серця значно темніша, ніж в лівій. Інші ознаки смерті від холоду включають переповнення сечового міхура, червоний колір крові і зсідки при температурі нижче 15 °С, значне

повнокрів'я мозку і його оболонок, легень, підвищення складчастості слизової оболонки шлунка, крововиливи в ниркові миски, проліферативно-дистрофічні зміни епітелію каналців нирок тощо [12–14].

Місцевий вплив холоду на організм проявляється у вигляді обмороження. Обмороження виникає в периферичних частинах тіла – ніс, вушні раковини, повіки, автоподій кінцівок, хвіст, соски тощо [11, 13, 14]. Інколи обмороження виникає на досить значних площах поверхні тіла за тривалого контакту даної ділянки з поверхнею, вкритою льодом, інієм, із холодним металом [15, 16]. За клінічними ознаками [17, 18], характерними для обмороження, розрізняють 2 періоди: прихований, або передреактивний, і реактивний.

Період потенційної або передреактивної реакції триває доти, доки холод продовжує діяти. У цей період ділянка обмороження на тілі виявляється холодною на дотик і нечутливою. У прихований період неможливо встановити справжній ступінь ураження. Після прогрівання ураженої частини починається період реакції, протягом якого в уражених тканинах розвиваються запальні і некротичні процеси [19, 20].

Існує 4 клінічних ступеня обмороження:

1-й ступінь характеризується порушенням кровообігу, судини шкіри звужуються, шкіра стає блідою. Але незабаром кровеносні судини шкіри розширюються, і шкіра стає синюшною і дуже болючою. Симптоми з часом повністю зникають;

2-й ступінь через кілька годин або протягом 1–2 доби з'являються почервоніння, припухлість, пухирці із кров'янистим або серозним вмістом. Ця стадія є запальною, і пухирці можуть спонтанно лопатися, залишаючи виразки, що важко загоюються;

3-й ступінь характеризується некрозом всієї товщі шкіри і підшкірної клітковини на ураженій ділянці;

4-й ступінь характеризується некрозом не тільки шкіри, а й глибоких м'яких тканин, інколи навіть із пошкодженням кісток. Виникає волога гангрена, що часто ускладнюється секундарною інфекцією. Рани довго гояться, іноді потрібно часткова ампутація [21–23].

Існують наступні різновиди обмороження:

1) обмороження від впливу сухого морозу;

2) обмороження, що виникає при температурі вище 0 °С;

3) Контактне обмороження;

4) Озноб – хронічне обмороження, що виникає під впливом систематичного, нерізкого, короткочасного охолодження. Клінічними ознаками є набряки, ціаноз, свербіж, втрата чутливості, тріщини шкіри, дерматити, виразки [24–26].

У разі обмороження першого ступеня прогноз сприятливий, а у разі обмороження другого, третього та четвертого ступенів він залежить від площі ураження і наявності ускладнень. Обмежені обмороження останніх двох ступенів зазвичай закінчуються одужанням тварини [27, 28]. За великих інфікованих обмороженнях другого, третього та четвертого ступенів прогноз сумнівний або несприятливий [29–31].

Під час огляду трупа тварини, що загинула від дії низьких температур, насамперед, необхідно ретельно оглянути всі ділянки тіла і зафіксувати наявність та колір трупних плям. Визначати ступінь трупного задубіння недоцільно. Всі маніпуляції з замороженими трупами слід проводити дуже обережно, щоб не завдати додаткових пошкоджень через крихкість заморожених частин тіла (вушних раковин, пальців, хвоста) [23, 26].

Під час огляду голови описується стан вій (наявність інію, розмерзання, обмерзання), наявність шматочків льоду у внутрішніх куточках очей (замерзлі сльози), бурульки навколо носа. Якщо наявні ознаки обмороження (мармуровість шкіри, припухлі ділянки темно-синього або багряно-червоного кольору), то вказують їх локалізацію, розмір і вміст пухирів. Якщо на трупах тварин є пошкодження, то вони описуються відповідно до загальних правил [23, 26].

Для додаткових досліджень відбирають зразки стінки шлунка з плямами Вишневського та зразки шкіри в місцях ураження для гістологічного дослідження. Слід враховувати, що заморожені та згодом розморожені тканини погано піддаються обробці для виготовлення гістопрепаратів. Для біохімічного дослідження можна відбирати зразки печінки та скелетних м'язів [16].

У випадках переохолодження певне значення мають результати огляду місця подій. Необхідно оглянути місце виявлення трупа, проаналізувати стан погодних умов в даній місцевості, провести вимірювання температури повітря; в разі виявлення трупа на поверхні, вкритій снігом чи льодом, потрібно зафіксувати наявність промерзлого підталого ложа під трупом [10]. Перераховані обставини можуть непрямо вплинути на результати судово-ветеринарного дослідження.

Ключовими питаннями, що можуть ставитися перед судово-ветеринарним експертом, є такі:

- Чи дійсно спостерігаються клінічні симптоми переохолодження та/або обмороження (якщо об'єктом експертизи є жива тварина)?
- Який ступінь обмороження наявний в різних ділянках тіла (якщо об'єктом експертизи є жива тварина)?
- Чи наявні патолого-анатомічні ознаки переохолодження та/або обмороження (якщо об'єктом експертизи є труп тварини)?
- Чи тварина дійсно загинула внаслідок переохолодження, чи причина смерті наявна якась інша, насильницька або ненасильницька (якщо об'єктом експертизи є труп тварини)?

Висновки

В практиці судової ветеринарної медицини наявні випадки загибелі від переохолодження та обморожень різного ступеня тяжкості серед котів та собак. В основному це безпритульні собаки та коти. В даній праці наведено теоретичні відомості, що стосуються особливостей судово-ветеринарної експертизи за загибелі й ураження собак та котів

внаслідок переохолодження та обмороження. В кліматичних умовах України до 70 % всіх безпритульних цуценят та кошенят не здатні пережити свою першу зиму у житті. В тварин, що виживають, перебування в умовах низької температури навколишнього середовища може призвести до зниження рівня імунітету, появи інфекційних захворювань, що в результаті призводить до смерті тварин.

Об'єктами подібних судово-ветеринарних експертиз можуть стати як трупи тварин, так і живі тварини. В живих тварин судово-ветеринарному експерту необхідно виявити клінічні ознаки переохолодження та/або обмороження, за експертизи трупів при підозрі на переохолодження – характерний комплекс патолого-анатомічних змін. Також необхідний ретельний огляд місця виявлення трупа та аналіз кліматичних умов, зокрема показників температури повітря, наявність опадів тощо.

Перспективним є накопичення необхідного матеріалу за подібних випадків, що трапляються у практиці судово-ветеринарної експертизи, дослідження морфологічних особливостей змін в трупах котів та собак різного віку та порід, дослідження подібних випадків, де загиблими або постраждалими є представники інших видів тварин.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Norheim, A. J., & Borud, E. K. (2018). Frostskader i Forsvaret. *Tidsskrift for Den Norske Legerforening*. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.17.1070>
2. Miller, D. M. (2018). Environmental Injuries. *Veterinary Forensic Pathology*, 2, 67–73. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67175-8_4
3. Wohlsein, P., Peters, M., Schulze, C., & Baumgärtner, W. (2016). Thermal injuries in veterinary forensic pathology. *Veterinary Pathology*, 53 (5), 1001–1017. <https://doi.org/10.1177/0300985816643368>
4. Cox, B., Gasparini, A., Catry, B., Delcloo, A., Bijnens, E., Vangronsveld, J., & Nawrot, T. S. (2016). Mortality related to cold and heat. What do we learn from dairy cattle? *Environmental Research*, 149, 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.018>
5. Baumgartner, E. A., Belson, M., Rubin, C., & Patel, M. (2008). Hypothermia and other cold-related morbidity emergency department visits: United States, 1995–2004. *Wilderness and Environmental Medicine*, 19 (4), 233. <https://doi.org/10.1580/07-weme-or-104.1>
6. Eklund, L. M., Sköndal, Å., Tufvesson, E., Sjöström, R., Söderström, L., Hanstock, H. G., Sandström, T., & Stenfors, N. (2022). Cold air exposure at – 15 °C induces more airway symptoms and epithelial stress during heavy exercise than rest without aggravated airway constriction. *European Journal of Applied Physiology*, 122 (12), 2533–2544. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05004-3>
7. Rathjen, N. A., Shahbodaghi, S. D., & Brown, J. A. (2019). Hypothermia and Cold Weather Injuries. *American Family Physician*, 100 (11), 680–686.
8. Karpov, V. Y., Zavalishina, S. Y., Bakulina, E. D., Dorontsev, A. V., Gusev, A. V., Fedorova, T. Y., & Okolelova, V. A. (2021). The physiological response of the body to low temperatures. *Journal Of Biochemical Technology*, 12 (1), 27–31. <https://doi.org/10.51847/ml1aah69ap>

9. Eklund, L., Schagatay, F., Tufvesson, E., Sjöström, R., Söderström, L., Hanstock, H. G., Sandström, T., & Stenfors, N. (2021). An experimental exposure study revealing composite airway effects of physical exercise in a subzero environment. *International Journal of Circumpolar Health*, 80 (1), 1897213. <https://doi.org/10.1080/22423982.2021.1897213>
10. Norheim, A. J., Sullivan-Kwantes, W., Steinberg, T., Castellani, J., & Friedl, K. E. (2023). The classification of freezing cold injuries - a NATO research task group position paper. *International Journal of Circumpolar Health*, 82 (1). <https://doi.org/10.1080/22423982.2023.2203923>
11. McDaniel, L. (2022). Hypothermia and cold injury in children. *Pediatrics In Review*, 43 (1), 58–60. <https://doi.org/10.1542/pir.2021-004975>
12. Karkori, F. (2024). Diagnosis and treatment of cold stress injuries. *Ship Sanitation, Health and Hygiene*, 315–339. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51667-2_24
13. Gethöffer, F., Gregor, K. M., Zdora, I., Wohlsein, P., Schöttes, F., & Siebert, U. (2022). Suspected frostbite injuries in coypu (*Myocastor coypus*). *Animals*, 12 (20), 2777. <https://doi.org/10.3390/ani12202777>
14. Lees, A. M., Sejian, V., Wallace, A. L., Steel, C. C., Mader, T. L., Lees, J. C., & Gaughan, J. B. (2019). The impact of heat load on cattle. *Animals*, 9 (6), 322. <https://doi.org/10.3390/ani9060322>
15. Cochran, A., & Morris, S. E. (2018). Cold-induced injury. *Total Burn Care*, 403-407.e2. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-47661-4.00038-1>
16. Imray, C., Grieve, A., & Dhillon, S. (2009). Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries. *Postgraduate Medical Journal*, 85 (1007), 481–488. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2008.068635>
17. Diaz, V. L., Gribbons, K. B., Yazdi-Nejad, K., Kuemmerle-Deschner, J., Wanderer, A. A., Broderick, L., & Hoffman, H. M. (2023). Cold urticaria syndromes: diagnosis and management. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 11 (8), 2275–2285. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.05.040>
18. Kulthanan, K., Hunnangkul, S., Tuchiinda, P., Chularojanamontri, L., Weerasubpong, P., Subchookul, C., & Maurer, M. (2019). Treatments of cold urticaria: A systematic review. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 143 (4), 1311–1331. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2019.02.005>
19. Gupta, A., Soni, R., & Ganguli, M. (2021). Frostbite – manifestation and mitigation. *Burns Open*, 5 (3), 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.burnso.2021.04.002>
20. Lacey, A. M., Fey, R. M., Gayken, J. R., Endorf, F. W., Schmitz, K. R., Punjabi, G. V., Masters, T. C., & Nygaard, R. M. (2019). Microangiography: an alternative tool for assessing severe frostbite injury. *Journal of Burn Care & Research*, 40 (5), 566–569. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz112>
21. Hu, J., Li, H., Geng, X., Jiao, L., Song, H., Lou, L., & Jiao, M. (2016). Pathophysiologic Determination of frostbite under high altitude environment simulation in sprague-dawley rats. *Wilderness & Environmental Medicine*, 27 (3), 355–363. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.03.004>
22. Jin, H.-X., Teng, Y., Dai, J., & Zhao, X.-D. (2021). Expert consensus on the prevention, diagnosis and treatment of cold injury in China, 2020. *Military Medical Research*, 8 (1). <https://doi.org/10.1186/s40779-020-00295-z>
23. Murphy, J. V., Banwell, P. E., Roberts, A. H. N., & McGrouther, D. A. (2000). Frostbite: pathogenesis and treatment. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, 48 (1), 171. <https://doi.org/10.1097/00005373-200001000-00036>
24. Mohr, W. J., Jenabzadeh, K., & Ahrenholz, D. H. (2009). Cold Injury. *Hand Clinics*, 25 (4), 481–496. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2009.06.004>
25. Murphy, J., Endorf, F. W., Winters, M. K., Rogers, C., Walter, E., Neumann, N., Weber, L., Lacey, A. M., Punjabi, G., & Nygaard, R. M. (2022). Bleeding complications in patients with severe frostbite injury. *Journal of Burn Care & Research*, 44 (4), 745–750. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irac180>
26. Rothenberger, J., Held, M., Jaminet, P., Schiefer, J., Petersen, W., & Schaller, H. E. (2014). Development of an animal frostbite injury model using the Goettingen-Minipig. *Burns*, 40, 268–273. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.06.004>
27. Shenaq, D. S., & Gottlieb, L. J. (2017). Cold injuries. *Hand Clinics*, 33, 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2016.12.003>
28. Vogel, K., & Hulsopple, C. (2022). Cold Weather Injuries: Initial Evaluation and Management. *Current Sports Medicine Reports*, 21 (4), 117–122. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000947>
29. Regli, I. B., Strapazzon, G., Falla, M., Oberhammer, R., & Brugger, H. (2021). Long-term sequelae of frostbite - a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 9655. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189655>
30. Ummadisetty, O. A., Gadepalli, A., Chouhan, D., & Tiwari, V. (2024). Development and validation of clinically Mimitable model of frostbite injury-induced chronic pain. *Cellular Signaling*, 115, 111028. <https://doi.org/10.1016/j.cellsig.2023.111028>
31. Wibbenmeyer, L., Lacey, A. M., Endorf, F. W., Logsetty, S., Wagner, A. L. L., Gibson, A. L. F., & Nygaard, R. M. (2024). American burn association clinical practice guidelines on the treatment of severe frostbite. *Journal of Burn Care & Research*, 45 (3), 541–556. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irad022>

ORCID

- S. Harkusha  <https://orcid.org/0000-0002-7677-696X>
R. Bokotko  <https://orcid.org/0000-0002-6217-5266>
O. Kruchynenko  <https://orcid.org/0000-0003-3508-0437>
O. Peredera  <https://orcid.org/0000-0002-8613-6827>



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

Peculiarities of the course of dipylidiosis in dogs depending on the intensity of infestation

A. Nikitan¹ | V. Melnychuk^{1,2}

Article info

Correspondence Author

V. Melnychuk

E-mail:

melnchyk86@gmail.com

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

² Institute of Veterinary Medicine of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Citation: Nikitan, A., & Melnychuk, V. (2024). Peculiarities of the course of dipylidiosis in dogs depending on the intensity of infestation. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 143–147. doi: 10.31210/spi2024.27.02.25

Dipylidiosis is a common disease among domestic dogs and cats, caused by the cestode *Dipylidium caninum* (Linnaeus, 1758). Infestation of animals occurs through alimentary means – when adult fleas or hair-eaters are swallowed, which contain the cysticercoid stage of the parasite. Further development of the helminth takes place in the small intestine of the animal, where the causative agent develops to the imaginal stage. From the moment they enter the animal's body until the formation of the sexually mature stage, cestodes have a negative effect on the host in which they live and develop. Clinical signs of the disease are usually uncharacteristic, and their severity may depend on many factors, one of which is the intensity of the invasion. Therefore, the goal of our work was to determine the clinical signs of dipylidiosis in dogs, taking into account the indicators of the intensity of the invasion. The work on the determination of clinical signs in dogs with different degrees of dipilidiosis infestation was performed in the conditions of the Veterinary Clinic “Aibolyt” (Poltava) and the Laboratory of Parasitology of the Poltava State Agrarian University. For the experiment, 3 groups of dogs spontaneously infested with the causative agent of dipylidiosis were formed, with different degrees of intensity of invasion. The first group – animals with a low intensity of invasion (up to 2 cocoons in 1 g of feces), the second – animals with an average intensity of invasion (from 3 to 7 cocoons in 1 g of feces), the third – animals with a high intensity of invasion (from 8 cocoons in 1 g feces). Studies have established that the degree of intensity of dipilidiosis invasion directly affected the manifestation of clinical signs. It was determined that with low intensity of invasion in most cases, the course of the disease was asymptomatic, and only in some dogs was observed a decrease in appetite (25 % of cases), as well as signs of hypodynamia and anemia of visible mucous membranes (12.5 % of cases). At an average degree of intensity of dipilidiosis invasion, the most characteristic and pronounced clinical signs in dogs were: decreased appetite, hypodynamia, diarrhea and tachypnea (from 40 to 50 % of cases); vomiting and anemia of visible mucous membranes (in 30 % of cases). At a high degree of intensity of dipilidiosis infestation in dogs, clinical signs were recorded, indicating deep and complex pathological changes in the body. Characteristic clinical signs were: decreased appetite, hypodynamia, vomiting and diarrhea (100 % of cases); tachycardia and arrhythmia, tachypnea, as well as anorexia (83.3 % of cases); anemia of visible mucous membranes, itching, appearance of alopecia on the skin, cachexia, cyanosis of visible mucous membranes and convulsions (from 50 to 66.6 % of cases).

Keywords: parasitology, dogs, dipylidiosis, invasion, clinical signs.

Особливості перебігу дипілідіозу в собак залежно від показників інтенсивності інвазії

А. Д. Нікітан¹ | В. В. Мельничук^{1,2}

¹Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

²Інститут ветеринарної медицини НААН України, м. Київ, Україна

Дипілідіоз – поширене захворювання серед свійських собак та котів, викликане цестодою *Dipylidium caninum* (Linnaeus, 1758). Інвазування тварин відбувається аліментарним шляхом – при проковтуванні дорослих бліх або волосоїдів, які містять цистицеркоїдну стадію паразита. Подальший розвиток гельмінта відбувається у тонкому відділі кишківника тварини, де збудник розвивається до імагінальної стадії. Від моменту потрапляння в організм тварини і до формування статевозрілої стадії цестоди чинять негативний вплив на хазяїна, в якому живуть й розвиваються. Клінічні ознаки хвороби, зазвичай, є нехарактерними, а їх вираженість може залежати від багатьох факторів, одним з яких є інтенсивність інвазії. Тому метою нашої роботи було визначити клінічні ознаки за дипілідіозу у собак з урахуванням показників інтенсивності інвазії. Роботу щодо визначення клінічних ознак у собак за різного ступеня дипілідіозної інвазії виконували в умовах ветеринарної клініки «Айболіт» (м. Полтава) та лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету. Для досліді було сформовано 3 групи собак, спонтанно інвазованих збудником дипілідіозу, з різним ступенем інтенсивності інвазії. Перша група – тварини з низькою інтенсивністю інвазії (до 2 коконів в 1 г фекалій), друга – тварини з середньою інтенсивністю інвазії (від 3 до 7 коконів в 1 г фекалій), третя – тварини з високою інтенсивністю інвазії (від 8 коконів у 1 г фекалій). Дослідженнями встановлено, що ступінь інтенсивності дипілідіозної інвазії прямопропорційно впливав на прояв клінічних ознак. Визначено, що за низької інтенсивності інвазії у більшості випадків перебіг хвороби був безсимптомним, і лише у окремих собак спостерігали зниження апетиту (25 % випадків), а також ознаки гіподинамії та анемічність видимих слизових оболонок (12,5 % випадків). За середнього ступеня інтенсивності дипілідіозної інвазії найбільш характерними та вираженими клінічними ознаками у собак були: зниження апетиту, гіподинамія, діарея та тахіпноє (від 40 до 50 % випадків); блювота та анемічність видимих слизових оболонок (у 30 % випадків). За високого ступеня інтенсивності дипілідіозної інвазії у собак були зафіксовані клінічні ознаки, що свідчили про глибокі та складні патологічні зміни в організмі. Характерними клінічними ознаками були: зниження апетиту, гіподинамія, блювота та діарея (100 % випадків); тахікардія і аритмія, тахіпноє, а також анорексія (83,3 % випадків); анемічність видимих слизових оболонок, свербіж, поява alopecii на шкірі, кахексія, ціаноз видимих слизових оболонок та судоми (від 50 до 66,6 % випадків).

Ключові слова: паразитологія, собаки, дипілідіоз, інвазія, клінічні ознаки.

Бібліографічний опис для цитування: Нікітан А. Д., Мельничук В. В. Особливості перебігу дипілідіозу в собак залежно від показників інтенсивності інвазії. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 143–147.

Вступ

У зв'язку з постійним збільшенням популяції собак в Україні та за кордоном, їх безконтрольним утриманням та контамінацією навколишнього середовища інвазійними елементами збудників паразитарних хвороб, гельмінтози домашніх м'ясоїдних тварин в останнє десятиліття набули широкого поширення і займають провідне місце серед інших хвороб заразної етіології.

На думку вчених, однією з причин такої ситуації слугує постійно зростаюча популяція безпритульних собак в містах та селах України, яка є сприяючим чинником для підтримки постійного резервуару інвазії [1]. Навколишнє середовище постійно забруднюється інвазійними елементами у вигляді екзогенних та ендогенних стадій розвитку збудників, що збільшує ймовірність зараження здорових тварин [2, 3].

Відомо, що збудники окремих кишкових гельмінтозів м'ясоїдних тварин є надзвичайно небезпечними через те, що окрім загрози для здоров'я самого улюбленця, існує високий ризик інвазування для оточуючих людей [4–6].

Відповідно до даних науковців, одне з провідних місць за поширенням кишкових гельмінтозів серед собак займає дипілідіоз. Його збудник *Dipylidium caninum* – біогельмінт, розвиток якого проходить за участю дефінітивних (м'ясоїдних тварин) та проміжних (блохи та волосоїди) хазяїв. Тварини заражаються збудником дипілідіозу в процесі поїдання інвазованих личинковою стадією паразита проміжних хазяїв [7].

D. caninum поширений по всьому світу, його діагностують у собак та котів на всіх континентах (за винятком Антарктиди) [8–10]. Таке широке географічне розповсюдження цього паразита пов'язане з тим, що його проміжні хазяї зустрічаються повсюдно, оскільки блохи є найчастішим ектопаразитом м'ясоїдних тварин [11–14].

За незначної інтенсивності інвазії, дипілідіоз протікає у безсимптомній формі або з атипичним проявом симптомів (слабкість, виснаження, відставання в рості та розвитку молодняка). Характерною ознакою є зниження резистентності організму молодих тварин та підвищення їх сприйнятливості до різних інфекцій [15].

Дані літературних джерел вказують на те, що при високій інтенсивності інвазування збудником, личинки гельмінтів у процесі своєї життєдіяльності здатні спричинювати тяжкий перебіг хвороби, що може призвести до загибелі тварини [16]. *D. caninum* механічно діє на слизову оболонку тонких кишок, що спричинює порушення моторної та секреторної функцій травного каналу. Як наслідок, згодом виникає атрофія ворсинчатого порожньої кишки. За високої інтенсивності інвазії у тварин порушується процес травлення та виникає інтоксикація організму, що призводить до патологічних змін у внутрішніх органах [17].

У зв'язку з цим, дослідження клінічних ознак у собак за дипілідіозу є актуальним в наш час, оскільки це дозволяє адекватно оцінити стан хворої

тварини та, в подальшому, запропонувати оптимальне поєднання патогенетичного та симптоматичного лікування.

Мета дослідження

Метою досліджень було визначити клінічні ознаки за дипілідіозній інвазії у собак в залежності від різних показників інтенсивності інвазії.

Матеріали і методи

Дослідження проводилися з вересня 2023 року по квітень 2024 року на базі ветеринарної клініки «Айболить» (м.Полтава) та в умовах лабораторії паразитології Полтавського державного аграрного університету. Матеріалом для досліджень слугували тварини, які надходили до клініки з підтвердженим діагнозом – дипілідіоз. Діагноз був встановлений на основі проведення копроскопічних досліджень методами послідовного промивання та флотації.

Для опису клінічних симптомів, які були виявлені в організмі інвазованих збудником дипілідіозу тварин, було сформовано 3 групи собак у віці до 1 року спонтанно уражених збудником дипілідіозу. Поділ на групи здійснювався відповідно до інтенсивності інвазії (II) залежно від кількості виявлених коконів в 1 г фекалій, КГФ.

В першу групу сформовано 8 собак з II до 2 коконів в 1 г фекалій (в середньому по групі $1,3 \pm 0,61$ КГФ).

В другу групу сформовано 10 собак з II від 3 до 7 коконів в 1 г фекалій (в середньому по групі $5,1 \pm 1,7$ КГФ).

В третю групу сформовано 6 собак з II від 8 коконів у 1 г фекалій (в середньому по групі $11,2 \pm 2$ КГФ).

Спостереження за дослідними групами проводилось впродовж трьох тижнів.

Результати та їх обговорення

Результати проведених досліджень свідчать, що прояв клінічних ознак захворювання у собак за дипілідіозній інвазії залежить від показників інтенсивності інвазії (рис. 1).

Так, за низької інтенсивності інвазії (II – $1,3 \pm 0,61$ КГФ) у досліджуваних собак клінічний перебіг характеризувався у 12,5 % гіподинамією та анемічністю видимих слизових оболонок. Слід зазначити, що у 25 % тварин було зафіксовано зниження апетиту.

Таким чином, можна зазначити, що за інтенсивності дипілідіозній інвазії до 2 коконів в 1 г фекалій у собак клінічні ознаки, не є характерними, а перебіг хвороби може бути практично безсимптомним.

Слід зауважити, що вже за середнього ступеня інтенсивності дипілідіозній інвазії (II – $5,1 \pm 1,7$ КГФ) прояв хвороби був більш вираженими і характеризувався значно більшою кількістю клінічних ознак.

Зокрема, достатньо часто у хворих собак виявляли такі клінічні ознаки, як зниження апетиту, гіподинамію, діарею та тахіпное (від 40 до 50 %). Дещо рідше (30 %) – блювання та анемічність видимих слизових оболонок.

Такі клінічні ознаки як: іктеричність, ціаноз видимих слизових оболонок, свербіж, тахікардія й аритмія, поява алопецій та анорексія були менш характерними, так як їх виявляли у меншій кількості хворих собак (від 10 до 20 %).

Отже, для середнього ступеня інтенсивності дипілідіозної інвазії найбільш характерними є розлади з боку травної системи у вигляді зниження апетиту та діареї, а також гіподинамія і тахіпное.

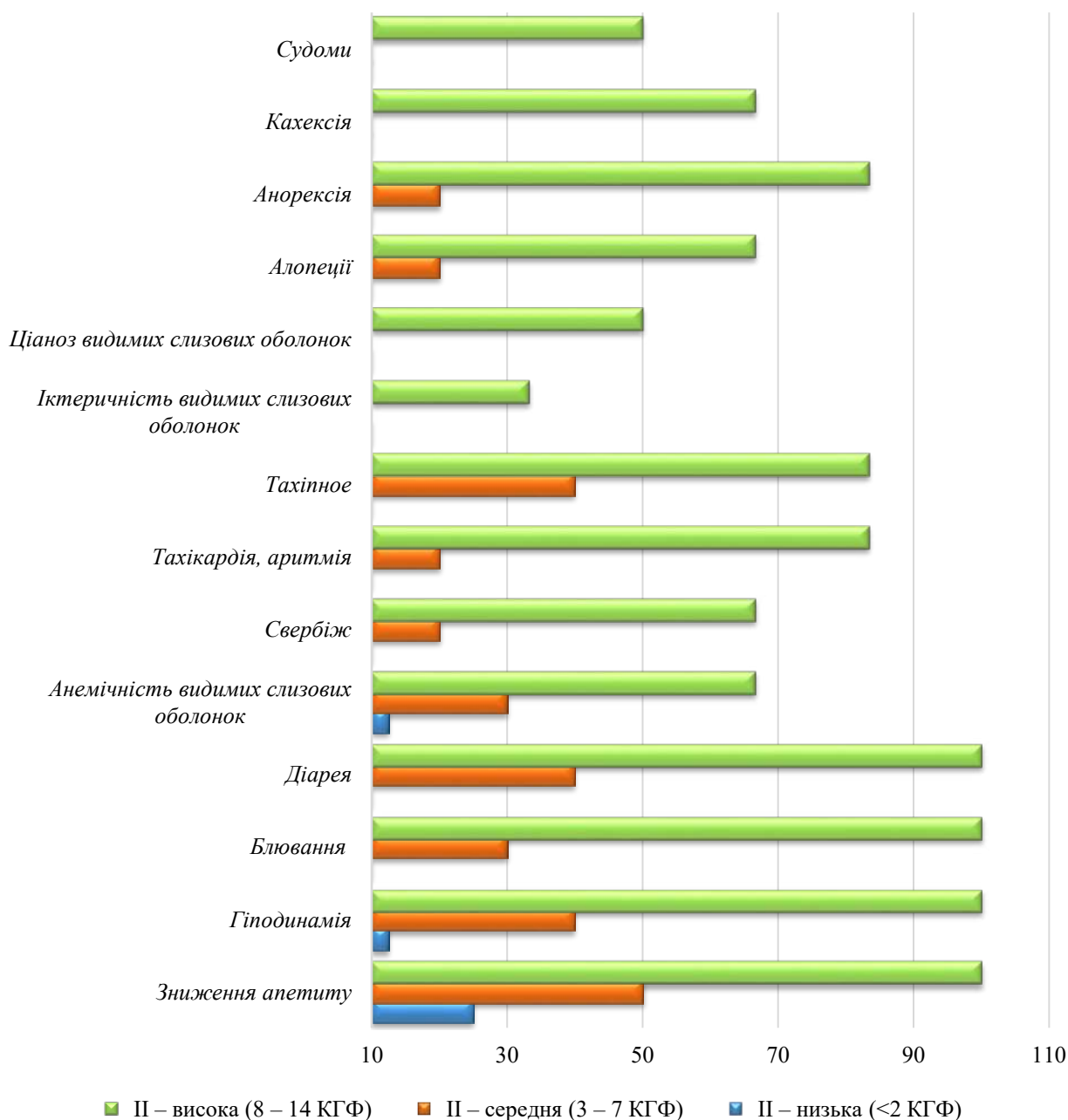


Рис. 1. Клінічний прояв дипілідіозу в собак за різної інтенсивності інвазії

Здійсненими дослідженнями встановлено, що за високої інтенсивності дипілідіозної інвазії (11,2±2 КГФ) у собак клінічний перебіг дипілідіозу був більш вираженим.

Зокрема, у всіх досліджуваних тварин було зафіксовано зниження апетиту, гіподинамію, блювання та діарею. Варто наголосити, що у 83,3 % тварин, окрім вищенаведених ознак, також виявляли тахікардію та аритмію, тахіпное, а також анорексію. У 66,6 % хворих тварин виявлено анемічність слизових оболонок, свербіж, появу алопецій на шкірі та кахексію. У 50 % хворих тварин перебіг

супроводжувався ціанозом видимих слизових оболонок та судомами, а в 33,3 % – відмічали іктеричність видимих слизових оболонок.

Отже, найбільш виражено клінічні ознаки дипілідіозу проявляються у собак з високою інтенсивністю інвазії.

Згідно з даними літературних джерел, за низького ступеня інвазування тварин *D. caninum* перебіг хвороби може бути безсимптомним [18]. Таке твердження науковців цілком відповідає результатам наших досліджень, адже в симптомокомплексі клінічних ознак за середньої інтенсивності собак

1,3±0,61 коконів дипілідій у 1 г фекалій ми виявили лише гіподинамію, анемічність видимих слизових оболонок та зниження апетиту.

Окремі дослідники [19–20] зазначають, що до найбільш характерних ознак дипілідіозу в тварин відносять: блювоту, пронос з домішками слизу, анорексію, анемічність слизових оболонок, свербіж, алопеції. Членики цестод, які затримуються в ділянці ануса хворої тварини та під час їх переміщення викликають сильний свербіж, що проявляється надмірним вилизуванням задньої частини тіла та розчухуванням перианальної ділянки тіла. Автори зазначають, що за значної кількості дипілідій у кишечнику, вони своїм переміщенням і продуктами життєдіяльності пошкоджують слизову оболонку травного тракту, що призводить до багаторазових актів блювання, через що у собак виникає кахексія. Отримані нами дані щодо появи складного симптомо-комплексу, особливо за середньої та високої інтенсивності дипілідіозної інвазії у собак, цілком узгоджуються із вищенаведеними твердженнями науковців.

Подібні до наших даних у своїх дослідженнях отримали Soloviova et al. (2021), які встановили, що у разі захворювання тварин на дипілідіоз відмічається відмова від корму в результаті неспокою і свербіжу, а також кахексія, порушення функції органів травлення, та загальна інтоксикацію організму [21].

Висновки

Проведені дослідження свідчать, що за низької інтенсивності дипілідіозної інвазії (до 2 коконів дипілідій у 1 г фекалій) у собак хвороба протікає без виражених клінічних проявів. За середнього ступеня інтенсивності інвазії (від 3 до 7 коконів дипілідій у 1 г фекалій) найбільш характерними ознаками хвороби слід вважати розлади з боку травної системи у вигляді зниження апетиту та діареї, а також гіподинамію і тахіпанное, які фіксують у 40–50 % хворих тварин. За високого ступеня інтенсивності дипілідіозної інвазії (від 8 коконів у 1 г фекалій) найбільш характерними клінічними ознаками є: зниження апетиту, гіподинамія, блювота та діарея, які фіксують у 100 % хворих тварин; тахікардія та аритмія, тахіпанное, анорексія, які фіксують у 83,3 % хворих тварин; анемічність слизових оболонок, свербіж, поява алопецій на шкірі, кахексія, ціаноз видимих слизових оболонок та судоми, які фіксують у 50–66,6 % хворих тварин.

Перспективи подальших досліджень. У перспективі планується проаналізувати зміни в гематологічних показниках при ураженні тварин дипілідіозом за різної інтенсивності інвазії.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Ponomarenko, V. Ya., Fedorova, O. V., Bulavina, V. S., Mazepa, R. V., & Poletayeva, Ye. I. (2016). Poshirennya kishkovih gelmintoziv i protozooziv sereд bezpritulnih sobak Harkivskogo regionu ta pidvishennya effektivnosti yih koproskopicnoyi diagnostiki. *Naukovotekhnichnij Byuletен Naukovo-Doslidnogo Centru Biobezpeki ta Ekologichnogo Kontrolyu Resursiv APK*, 4, 59–64. [in Ukrainian]
2. Yemec, O. M. (2012). Sobaki silskoyi miscevoeti yak dzhereło invazij tvarin ta lyudej. *Visnik Sumskogo Nacionalnogo Agrarnogo Universitetu. Veterinarna Medicina*, 1, 108–111. [in Ukrainian]
3. Broshkov, M., & Zapeka, I. (2020). Parasite fauna of internal parasites of carnivores of Odessa. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 97, 5–13. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2020.97.01>
4. Abere, T., Bogale, B., & Melaku, A. (2013). Gastrointestinal helminth parasites of pet and stray dogs as a potential risk for human health in Bahir Dar town, north-western Ethiopia. *Veterinary World*, 6 (7), 388–392. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2013.388-392>
5. Jacob, J., & Lorber, B. (2016). Diseases transmitted by man's best friend: the dog. *Infections of Leisure*, 111–131. <https://doi.org/10.1128/9781555819231.ch5>
6. Mehlhorn, H. (2020). *Dipylidium caninum*. *Dog Parasites Endangering Human Health*, 141–146. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53230-7_8
7. Bowman, D. D. (2021). Helminths. *Georgis' Parasitology for Veterinarians*, 135–260. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-54396-5.00013-1>
8. Rousseau, J., Castro, A., Novo, T., & Maia, C. (2022). *Dipylidium caninum* in the twenty-first century: epidemiological studies and reported cases in companion animals and humans. *Parasites & Vectors*, 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05243-5>
9. Wani, Z. A., Allaie, I. M., Shah, B. M., Raies, A., Athar, H., & Junaid, S. (2013). *Dipylidium caninum* infection in dogs infested with fleas. *Journal of Parasitic Diseases*, 39 (1), 73–75. <https://doi.org/10.1007/s12639-013-0281-x>
10. Bourgoin, G., Callait-Cardinal, M.-P., Bouhsira, E., Polack, B., Bourdeau, P., Ariza, C. R., Carassou, L., Lienard, E., & Drake, J. (2022). Prevalence of major digestive and respiratory helminths in dogs and cats in France: results of a multicentric study. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1315953/v1>
11. Morandi, B., Greenwood, S. J., Conboy, G. A., Galuppi, R., Poglajen, G., & VanLeeuwen, J. A. (2020). Endoparasites in dogs and cats diagnosed at the Veterinary Teaching Hospital (VTH) of the University of Prince Edward Island between 2000 and 2017. A large-scale retrospective study. *Preventive Veterinary Medicine*, 175, 104878. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104878>
12. Mathison, B. A., & Pritt, B. S. (2018). A Systematic overview of zoonotic helminth infections in North America. *Laboratory Medicine*, 49 (4), e61–e93. <https://doi.org/10.1093/labmed/lmy029>
13. Neves, D., Lobo, L., Simões, P. B., & Cardoso, L. (2014). Frequency of intestinal parasites in pet dogs from an urban area (Greater Oporto, northern Portugal). *Veterinary Parasitology*, 200 (3–4), 295–298. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.11.005>
14. Ferreira, A., Alho, A. M., Otero, D., Gomes, L., Nijse, R., Overgaauw, P. A. M., & Madeira de Carvalho, L. (2017). Urban dog parks as sources of canine parasites: contamination rates and pet owner behaviours in Lisbon, Portugal. *Journal of Environmental and Public Health*, 2017, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2017/5984086>
15. Barutzki, D., & Schaper, R. (2013). Age-dependant prevalence of endoparasites in young dogs and cats up to one year of age. *Parasitology Research*, 112 (S1), 119–131. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3286-6>
16. Beugnet, F., Labuschagne, M., Vos, C. de, Crafford, D., & Fourie, J. (2018). Analysis of *Dipylidium caninum* tapeworms from dogs and cats, or their respective fleas. *Parasite*, 25, 31. <https://doi.org/10.1051/parasite/2018029>

17. Altreuther, G., Radeloff, I., LeSueur, C., Schimmel, A., & Krieger, K. J. (2009). Field evaluation of the efficacy and safety of emodepside plus praziquantel tablets (Profender® Tablets for Dogs) against naturally acquired nematode and cestode infections in dogs. *Parasitology Research*, 105 (S1), 23–30. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1492-z>
18. Robertson, I. D., & Thompson, R. C. (2002). Enteric parasitic zoonoses of domesticated dogs and cats. *Microbes and Infection*, 4 (8), 867–873. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(02\)01607-6](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(02)01607-6)
19. Saini, V. K., Gupta, S., Kasondra, A., Rakesh, R. L., & Latchumikanthan, A. (2016). Diagnosis and therapeutic management of *Dipylidium caninum* in dogs: a case report. *Journal of Parasitic Diseases*, 40 (4), 1426–1428. <https://doi.org/10.1007/s12639-015-0706-9>
20. Prihodko, Yu. O., Ponomarenko, V. Ya., & Laptij, O. P. (2016). Osoblivosti rozpozvyudzhennya ta proyavu klinichnih oznak za dipilidiozu bezpritulnih sobak ta kotiv Harkivskogo regionu. *Veterynarna Medytsyna*, 102, 354–357. Retrieved from: [URL:http://jvm.kharkov.ua/sbornik/102/10_96.pdf](http://jvm.kharkov.ua/sbornik/102/10_96.pdf) [in Ukrainian]
21. Soloviova, L., Ligomina, I., & Rublenko, S. (2021). Dissemination and clinical and hematological manifestations in cat cestodes. *Naukovij Visnik Veterinarної Medicini*, 1 (165), 129–139. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2021-165-1-129-139>

ORCID

A. Nikitan  <https://orcid.org/0009-0006-6471-6704>

V. Melnychuk  <https://orcid.org/0000-0003-1927-1065>



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

Study of physical and mechanical properties of plant fruits on the example of walnut

M. Pyatak | V. Padalka✉

Article info

Correspondence Author

V. Padalka

E-mail:

viacheslav.padalka@pdaa.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovorody str., Poltava,

36003, Ukraine

Citation: Pyatak, M., & Padalka, V. (2024). Study of physical and mechanical properties of plant fruits on the example of walnut. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 148–153. doi: 10.31210/spi2024.27.02.26

Perennial plantations that are zoned in Ukraine allow to obtain high-quality fruits (nuts), which are widely used in the perfumery, pharmaceutical, oil, confectionery and other industries, as well as in the production of feed and feed additives. The known technologies of mass processing of walnut kernels mostly work well with crops that have a spherical or close to spherical external shape. The simplest, but least productive, are primitive manual devices for peeling walnut shells. Despite the simplicity of their design, these devices are inefficient and unsuitable for adjusting their operation to different varieties and physical and mechanical properties of biological fruits. The analysis of the known designs of walnut shell destruction machines and mechanisms showed the need to study the physical and mechanical properties of biological fruits (walnuts), to develop technical recommendations for the design of impact mechanisms to improve the quality of shell destruction and the possibility of their application in mass production technologies. A research methodology was developed, a laboratory setup was manufactured, and experiments were conducted. To determine the strength characteristics, the author designed and manufactured a device. It consists of a lever mechanism and a deforming device. The dimensions and load measurements were carried out according to well-known methods of physical mechanics. The statistical analysis of the results showed the need for in-depth scientific research of the geometric parameters of the design of the working bodies of machines for destroying the walnut shell in the mechanisms of fruit peeling machines, taking into account the quality indicators performance of works with certain conditions of their implementation. We conclude that according to the results of the experiments, there is a fairly high dependence between the geometric dimensions of the walnut fruit at the level of 0.72, 0.57 and 0.49, respectively. The weight of the fruit also depends on its dimensional characteristics, which is logical at the level of 0.6–0.75. The force of critical static fracture has a weak correlation with the dimensional characteristics at the level of 0.3. And it depends little on the plane of its application.

Keywords: walnut, nut cracker, mechanism, physical and mechanical properties.

Дослідження фізико-механічних властивостей рослинних плодів на прикладі горіха волоського

М. Г. Пятак | В. В. Падалка

Полтавський державний

аграрний університет

м. Полтава,

Україна

Багаторічні насадження які районуються в Україні дозволяють отримати високоякісні плоди (горіхи), що досить широко застосовують в парфумерній, фармацевтичній, олійній, кондитерській та інших галузях, виготовляють корми та кормові добавки. Відомі технології масової переробки ядра горіху, переважно, добре працюють з культурами, плоди яких мають сферичну, або близьку до сферичної зовнішню форми. Для лущення горіхів використовуються найрізноманітніші за конструкцією механізми чи машини, але всі їх можна поділити на такі типи як: автоматичні, ручні, напівавтоматичні, саморобні, промислові. Найпростішим, але найменш продуктивним є примітивні ручні пристосування для лущення оболонки горіху. Попри простоту конструкції, ці пристосування малопродуктивні та малопридатні до налаштування їх роботи до різних сортів та фізико-механічних властивостей біологічних плодів. Проаналізовані відомі конструкції машин і механізмів руйнування шкарлупи волоського горіху показали необхідність досліджень фізико-механічних властивостей біологічних плодів (горіху), розробити технічні рекомендації до конструкції механізмів впливу для підвищення якості руйнування оболонки та можливості їх застосування в технологіях масового виробництва. Розроблена методика досліджень, виготовлена лабораторна установка та проведені експерименти. Для встановлення характеристик на міцність, автором сконструйовано та виготовлено пристосування. Яке складається з важільного механізму та деформуючого пристосування. Розміри та вимірювання навантаження проводилося за загальновідомими методиками фізичної механіки. Статистичний аналіз результатів показав необхідність поглиблених наукових досліджень геометричних параметрів конструкції робочих органів машин для руйнування оболонки горіху волоського в механізмах машин для лущення плодів з врахуванням якісних показників виконання робіт та умов їх проведення. За результатами експериментів існує достатньо висока залежність між геометричними розмірами плоду горіху на рівні 0,72, 0,57 та 0,49 відповідно. Вага плодів також залежить від його розмірних характеристик, що є логічним на рівні 0,6–0,75. Зусилля критичного руйнування має слабку кореляційну залежність від розмірних характеристик на рівні 0,3. Та мало залежить від площини його прикладання.

Ключові слова: волошський горіх, горіхокол, механізм, фізико-механічні властивості.

Бібліографічний опис для цитування: Пятак М. Г., Падалка В. В. Дослідження фізико-механічних властивостей рослинних плодів на прикладі горіха волоського. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 148–153.

Introduction

Ukraine has been growing perennial plants for quite a long time. Some of the fruits (nuts) obtained from such plants are widely used in the perfumery, pharmaceutical, oil, confectionery and other industries, as well as in the production of feed and feed additives [1–10]. The need to create equipment for fruit processing is due to the fact that walnut is a valuable nut crop and an indispensable raw material for the confectionery industry.

Some fruits have similar geometric properties. It is known that the more the fruit conforms to the correct geometric shape, the easier it is to mechanically break the shell and separate the core. The known technologies for mass processing of walnut kernels mainly work well with crops that have a spherical or close to spherical external shape.

The technical means to break the shell qualitatively, as exemplified by the walnut, are not perfect and inefficient. In the industrial processing of nuts by separating the shell from the kernel, there is a technological problem of preserving it without damage and destruction. Existing devices for destroying the shell of nuts in one pass destroy 70–80 %, and about 20 % of the peeled kernels are damaged after machine shell destruction [11–17].

The design of machines and their mechanisms is based on the physical, mechanical, and geometric properties of the object of impact. The study of these properties and the methodology of their implementation is an urgent task that is basic for the development of technologies for mechanical destruction of walnut shells, which can be used in both piece and mass production machines.

The purpose of the study

The aim of the work is to develop technical recommendations for the design of impact mechanisms to improve the quality of shell destruction and the possibility of their application in mass production technologies, taking into account the analysis of the results of studies of the physical and mechanical properties of biological fruits (walnuts).

To achieve this goal, the following tasks were formulated and set:

1. To develop a methodology for determining the geometric and physical and mechanical properties of biological fruits (walnut) on the example of walnut.
2. To develop a research methodology and a laboratory setup for determining geometric parameters, shell hardness, and static fracture force.
3. Analyze the research experiments. To give recommendations for the design of impact mechanisms to improve the quality of shell fracture.

Materials and methods

The subject of the study is the identification of develop technical recommendations for the design of impact mechanisms to improve the quality of shell destruction and the possibility of their application in mass production technologies. The methods of mathematical

analysis and statistical processing of the empirical data are used.

Results and discussion

The real leader among all types of nuts in terms of popularity and useful properties is the walnut, which grows well in our region and pleases with a generous harvest every year. This year, some people have already harvested walnuts, while others are just now picking them in *Fig. 1*.

Nuts are not only a delicious snack. They are rich in carbohydrates, fats, proteins, vitamins, iron, potassium, magnesium, phosphorus, zinc, copper, manganese, etc., so they are very useful for the body and have a beneficial effect on various organs and systems: They stimulate brain function, improve memory and concentration, have a positive effect on the heart and cardiovascular system, strengthen the walls of blood vessels, normalize cholesterol levels, prevent diabetes, reduce the risk of bowel cancer, boost immunity, etc [18].



Figure 1. Walnut (*Juglans regia*)

Source: [19].

Walnuts can be stored for up to a year, and their beneficial properties are preserved. The ideal storage temperature is between +10 and -5 degrees. It is best to store them in a wooden box.

Walnut is the most common species in Ukraine. It was first grown on land from Eastern Turkey and Lebanon to Northwest India. They are 65 % fat, and only healthy fats. They are high in omega-3 essential fatty acid [18].

Machines and technology of nut shelling.

A wide variety of mechanisms or machines are used for shelling nuts, but they can all be divided into types, such as automatic, manual, semi-automatic, home-made, and industrial.

The simplest, but least productive, are primitive manual devices for peeling walnut shells in *Fig. 2*. Despite the simplicity of their design, these devices are inefficient and unsuitable for adjusting their operation to different varieties and physical and mechanical properties of biological fruits.



Figure 2. Hand tools for cracking walnuts
Source: [20].

The principle of operation of such devices is to manually press the handles, which leads to the destruction of the shell of a properly installed nut in a specially designed seat. The compression force and, accordingly, the force exerted on the shell directly depends on the user.

To simplify the operation of the mechanisms, a manual mechanism of improved design is proposed (*Fig. 3*). The walnut fruit is crimped using a lever mechanism in a cone-type press [21].



Figure 3. Improved manual walnut cracker
Source: [20].

This mechanical device has a more advanced design. It does not require force adjustments, as the nut is oriented by itself with the help of corners installed under the cone. Such a mechanism requires the ability to adjust the distance between the corners, as it regulates the deformation of the fruit walls and, as a result, the destruction of the shell.

A more productive machine based on the principle of crimping is the machine proposed in *Fig. 4*.



Figure 4. Mechanized device for cracking walnut shells (for non-industrial production volumes)
Source: [21].

The advantage of its design is the possibility of automating the process, the presence of a dosing mechanism and an eccentric for applying an appropriate breaking force to the crimping mechanism. The disadvantage of the design is the lack of research on the configuration of the crimping surface.

A more advanced machine, recommended by the authors for industrial volumes of walnut kernel processing, is a walnut hulling machine by Etalon [21] (*Fig. 5*). It is a machine for fast and productive walnut cracking, which is used at large and medium-sized enterprises. It differs from other industrial walnut crackers by the ability to work without calibrating the nut and maximum productivity. This model of walnut cracker uses a cone type of cracking, which allows for a whole kernel yield of up to 80 %.



Figure 5. Nut sheller for industrial use Reference
Source: [21].

Advantages of installing the Standard: high power – a 1.5 kW motor is installed. Time saving – no preliminary calibration of the nut is required. High percentage of whole kernels – up to 80%.

Versatility – perfect for walnuts of any size. High performance – capable of processing up to 200 kg per hour. Easy to operate – 1 person can easily handle the

mechanism. Possibility to adjust the gap between the stabbing plates and the compression force (adjustable for shelling walnuts with different shell thickness and humidity levels).

The principle of operation of the peeling machine. Pour the walnut into the hopper and turn it on. The kernel of the nut is captured by the hooks of the chain conveyor and delivered to the splitting mechanism. The nut falls between the conical plates, falls according to its size, the plates are slightly compressed and the shell cracks, leaving the kernel intact. When the plates are released, the nut falls into a container.

Research methodology.

Proceeding from the fact that the known designs of walnut processing machines require improvement of the configuration of surfaces that are in direct contact with biological fruits (walnut) and their physical and mechanical properties have not yet been studied, it became necessary to develop technical recommendations for the design of impact mechanisms to improve the quality of shell destruction and the possibility of their application in mass production technologies.

The objective of the experimental research is to develop a methodology for determining the geometric and physical and mechanical properties of biological fruits on the example of walnut and to develop a research methodology and laboratory setup for determining geometric parameters, shell hardness, and static fracture force.

For the study, we have chosen the following indicators of fruit properties:

- dimensions in three planes;
- fruit weight;
- hardness of the fruit shell.

To study the characteristics of fruit for strength, we chose the indicator of the force on fruit destruction, which was applied and studied in three directions.

To determine the strength characteristics, the author designed and manufactured a device (Fig. 6). It consists of a lever mechanism and a deforming device. The dimensions and load measurements were carried out according to well-known methods of physical mechanics.



Figure 6. Laboratory equipment for determining the strength characteristics of walnut fruit

The results of the measurements were recorded in a table, a fragment of which is presented in Table 1. The studies were conducted in the amount according to the known recommendations for multivariate experiments. The required number of repetitions was determined

according to the recommendations of Dospikhov B.A. 90 samples were studied.

Table 1

Fragment of experimental data on determining the strength characteristics of walnut fruits

Number experiment	Width, mm	Thickness, mm	Height, mm	Hardness HRC	Effort destruction	Plane 1-1
1	30.4	30.6	37.2	35.1	8.1	11.38
2	31.7	32.3	36.5	30.4	6	12.56
3	33.7	33.2	39.2	34	6.5	14.03
4	30.7	32.1	35.6	33.4	8.2	14.23
5	33	33.5	37.6	22.8	7	15.41
6	33	33.5	40	20.5	9	13.16
7	33	33.7	36.3	36.6	4	13.76
8	32	33	39.3	36	7.5	14.08
9	31.6	32.8	39	19.8	9.5	13.69
10	32.5	33.3	37	20.3	8	12.41
11	33.7	34	41	30.3	7.5	15.77
12	31.4	32.2	37.2	28.3	7.9	12
13	32.5	33.7	38.5	35.6	8	14.27
14	32.3	32.3	40.5	31.6	7.1	13.75
15	32.8	34.8	42.6	24.9	6.7	15.72

The mathematical processing of experimental data was carried out using the methods of the general theory of statistics and the theory of planning a multivariate experiment. The statistical characteristics of the sample were determined using the Statistica 7 program.

Analyzing Table 2, we conclude that according to the results of the experiments, there is a fairly high dependence between the geometric dimensions of the walnut fruit at the level of 0.72, 0.57 and 0.49, respectively. The weight of the fruit also depends on its dimensional characteristics, which is logical at the level of 0.6–0.75.

Table 2

Correlation matrix between the selected research parameters

Variable	Correlations						
	Marked correlations are significant at $p < .05000$						
	N=90 (Casewise deletion of missing data)						
	width, mm	thickness mm	height, mm	hardness hrc	weight	plane	effort destruction
Width, mm	1,00	0.72	0.49	0.15	0.69	-0.03	-0.27
Thickness mm	0.72	1,00	0.57	0.17	0,74	-0,11	-0.26
Height, mm	0.49	0.57	1,00	0.07	0,58	0.06	-0.15
Hardness HRC	0.15	0.17	0.07	1,00	0.07	-0.07	-0.21
weight	0.69	0.74	0.58	0.07	1,00	-0.04	-0.06
Plane	-0.03	-0.11	0.06	-0.07	-0.04	1,00	-0.13
Effort destruction	-0.27	-0.26	-0.15	-0.21	-0.06	-0,13	1,00

The force of critical static fracture has a weak correlation with the dimensional characteristics at the level of 0.3. And it depends little on the plane of its application.

Analysis of the research results

As a result of processing the experimental data, regression equations were obtained. Where F is the critical fracture force of a fruit with static characteristics, X is the hardness of the nut shell, and Y is the direction of application of the fracture force to the nut (Fig. 7, 8).

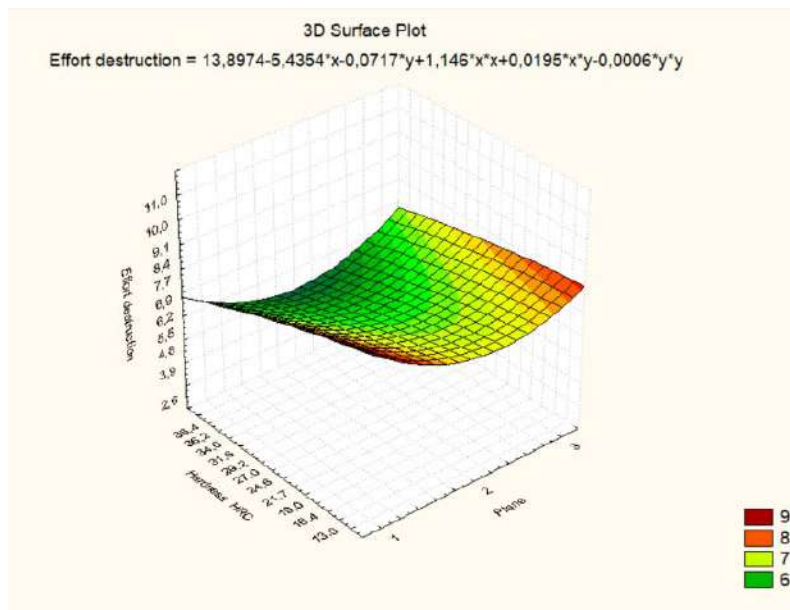


Figure 7. Level surfaces of the statistical dependence of the critical fracture force on the walnut on its hardness and the plane of application

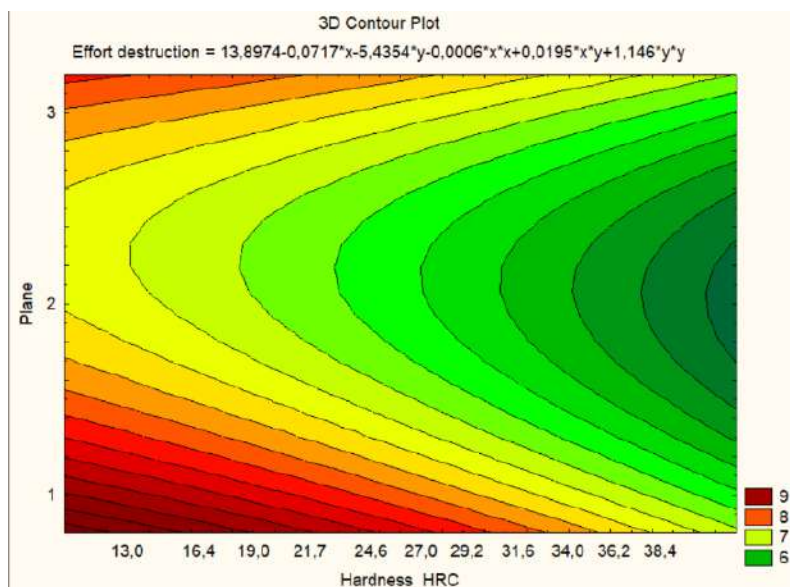


Figure 8: Dependence of the critical fracture force on the hardness of the nut and the plane of application

Analyzing the results obtained, it should be noted that under the conditions of the experiment, a research methodology was proposed for the main physical and mechanical properties. The physical and mechanical differences of walnut fruits can be considered depending on the variety, moisture content, harvesting and storage conditions, etc. According to the statistical analysis, no signs of significant dependence of the selected indicators were found. The obtained statistical regression equations can be used to develop and improve working bodies in machines for destroying nut shells.

Conclusions

The paper presents a generalization and a new solution to the scientific problem, which consisted in conducting and analyzing the results of studies of the physical and mechanical properties of biological fruits (walnuts),

developing technical recommendations for the design of impact mechanisms for the quality of shell destruction and the possibility of their application in mass production technologies.

The plan of experimental research, measurements and accuracy of their implementation was developed. Laboratory equipment for determining the strength characteristics of walnut fruits was manufactured.

The results of the statistical analysis showed that under the experimental conditions, the physical and mechanical differences of walnut fruits can be considered depending on the variety, moisture content, harvesting and storage conditions, etc. According to the statistical analysis, no signs of significant dependence of the selected indicators were found. There is a fairly high dependence between the geometric dimensions of the walnut fruit at the level of 0.72, 0.57 and 0.49, respectively. The weight of the fruit also depends

on its dimensional characteristics, which is logical at the level of 0.6–0.75. The force of critical static fracture has a weak correlation with the dimensional characteristics at the level of 0.3 and has little dependence on the plane of its application.

There is a need for in-depth scientific research on the geometric parameters of the design of the working bodies of walnut shelling machines in the mechanisms of fruit peeling machines, taking into account the quality indicators of work performance under certain conditions. The obtained statistical regression equations can be used to develop and improve working bodies in walnut shelling machines.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Yelin, Y. Y., Zerova, M. Y., Lushpa, V. I., & Shabarova, S. I. (1979). *Gifts of the forests*. Kyiv: Urozhay.
2. Tovstukha, E. S. (1990). *Phytotherapy*. Kyiv: Zdorovyie.
3. Grant, A. (2021). *Walnut Tree Harvesting: When Are Walnuts Ready TO Pick*. *Gardening Know How*. Retrieved from: <https://www.gardeningknowhow.com/edible/nut-trees/walnut/planting-walnut-trees.htm>
4. Walnut; Agriculture - Transport Information Service. Association for German Insurance. 2010.
5. Cosmulescu, S. N., Trandafir, I., Achim, G., Botu, M., Baci, A., & Gruia, M. (2010). Phenolics of green husk in mature walnut fruits. *Noulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38 (1), 53–56. <https://doi.org/10.15835/nbha3814624>
6. Talapatra, S. K., Karmacharya, B., De, S. C., & Talapatra, B. (1988). Regiolone, an α -tetralone from *Juglans regia*: structure, stereochemistry and conformation. *Phytochemistry*, 27 (12), 3929–3932. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(88\)83047-4](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)83047-4)
7. Boriss, H., Brunke, H., Kreith, M. (2006). *Commodity Profile: English Walnuts*. California: AgMRC, University of California. Retrieved from: <https://cail.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2019/01/agmr-profile-Walnut-2006.pdf>
8. Walnut (in shell) production in 2021, Crops/Regions/World list/Production Quantity (pick lists). (2023). *UN Food and Agriculture Organization, Corporate Statistical Database (FAOSTAT)*.
9. Food, Nutrition & Agriculture - Prevention of aflatoxin. (1998). *FAO, United Nations*.
10. Walnut Cultivar Table. (2018). *Fruit and Nut Information Center, Department of Plant Sciences, University of California, Davis*. Retrieved from: <https://fruitsandnuts.ucdavis.edu/walnut-cultivar-table>
11. Walnut oil recipes. (2014). *BBC*. Retrieved from: https://www.bbc.co.uk/food/walnut_oil
12. (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to walnuts and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations (ID 1156, 1158) and improvement of endothelium-dependent vasodilation (ID 1155, 1157) pursuant to Article 13 (1). *EFSA Journal*, 9 (4), 2074. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2074>
13. Li, J., Jiang, B., O. Santos, H., Santos, D., Singh, A., & Wang, L. (2020). Effects of walnut intake on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytotherapy Research*, 34 (11), 2921–2931. <https://doi.org/10.1002/ptr.6740>
14. *The Complete Guide to Edible Wild Plants*. (2009). New York: Skyhorse Publishing.
15. Black Walnut Ink Workshop. (2002). *Guild of Natural Science Illustrators*.
16. *The Colors of Invention - How to Dye Fibers Naturally*. (1997). Smithsonian Museum.
17. Sherrow, V. (2006). *Encyclopedia of Hair: A Cultural History*. Greenwood Publishing Group.
18. Hsieh, I.-Y. (2016). Nuts: Beijing folk art connoisseurship in the age of marketization. *Asian Anthropology*, 15 (1), 52–67. <https://doi.org/10.1080/1683478x.2016.1164354>
19. Hussain, S. Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., & Bhat, T. A. (2021). Walnut (*Juglans Regia*)- morphology, taxonomy, composition and health benefits. *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas*, 269–281. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75502-7_2120
20. Promyslovyi horikhokol Etalon (200 kh/hod). *Orehovod*. Retrieved from: Retrieved from: <https://orehovod.com.ua/orehokol-promyshlennyi-etalon>
21. Gorihekoli. *TehnoMashStroy*. Retrieved from: <https://tehno-mashstroy.com.ua/ua/g4343219-orehokoly>

ORCID

- M Pyatak  <https://orcid.org/0009-0004-0379-8561>
V. Padalka  <https://orcid.org/0000-0002-4135-3318>



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

Plasma activated water in plant growth and development

S. Petrov¹ | S. Bondarenko²✉ | Sh. Roshanpour³

Article info

Correspondence Author

S. Bondarenko

E-mail:

s_g_bondarenko@ukr.net

¹ The Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Degtyarivska Str., 39, Kyiv, 03113, Ukraine

² National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Beresteysky Ave., 37, Kiev, 03056 Ukraine

³ Plasma Dynamics SRL., Via del Progresso 11/13, Vicenza, 36100, Italy

Citation: Petrov, S., Bondarenko, S., & Roshanpour, Sh. (2024). Plasma activated water in plant growth and development. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 154–163. doi: 10.31210/spi2024.27.02.27

Converting atmospheric nitrogen into valuable nitrogen fertilizers and other chemicals is essential for agriculture and many other processes that support life on the planet. Although the most important method of nitrogen fixation is the Haber-Bosch process, it requires non-renewable raw materials and poses serious environmental and production problems. Typical gas-phase plasma fusions, starting with the Birkeland-Eide and Pauling processes, are characterized by low conversion rates and low energy efficiency. Plasma-liquid interaction is emerging as an attractive technology for the conversion of N₂ to NO_x with high added value. Plasma gas-liquid nitrogen fixation at atmospheric pressure is a very promising alternative to traditional nitrogen fixation, since nitrogen fertilizer is produced by extracting nitrogen from the atmosphere and does not require non-renewable raw materials and is easily available for absorption by plants. The purpose of this study is to elucidate the feasibility of efficient production of liquid nitrogen fertilizers using hybrid electrical discharge in bubble water. The work proposes a new hybrid arc plasma system that combines equilibrium and nonequilibrium plasma in its operation, and operates in a mixture of air and water, for the direct production of NO_x. The new plasma-chemical process is implemented in a plasma module with an electric-arc plasmatron and a pulsating combustion mode of an electric discharge in an aqueous solution. An electric discharge in the plasma module burns along the surface of air bubbles in the water. Electric discharge power supply systems are built on the basis of resonant inverters with a power of up to 20 kW at a frequency of 5–100 kHz. The work examined the efficiency of NO_x production in a wide range of discharge current ratios – up to 15 A at a power of up to 10 kW, output gases (air and nitrogen flow rate – up to 2 m³/h) for a hybrid arc operation mode. It has been determined that the optimal discharge form is ensured at a breakdown voltage of 3000 V and a current amplitude of 14 A, where at each pulse a breakdown of the discharge gap occurs, followed by a transition to a hybrid form with two zones – thermal and non-thermal plasma. In water purged with air and nitrogen and treated with a pulsed discharge, strong acidification occurs with the formation of reactive forms of nitrogen. The main products are NO₂⁻ and NO₃⁻, as well as small amounts of H₂O₂. It has been determined that when the arc operates in a steady state, record values of the specific concentration of NO_x are achieved. In this case, the specific yield of plasma-fixed nitrogen increases faster than the consumed electrical power. The main factor in increasing the efficiency of the process is the discharge current – nitrogen fixation in water increases faster than the current amplitude level. Plasma-water nitrogen fixation technology makes it possible to implement small- and medium-scale systems for the production of liquid nitrogen fertilizers directly at the point of application by small farms and eliminates the difficulties associated with transportation and environmental protection. The emergence of cheap renewable electricity will facilitate the development of technology.

Keywords: nitrogen fertilizers, plasma nitrogen fixation, electric discharge, plasma module, plasma treatment, water-bubble mixture.

Плазмово активована вода у зростанні та розвитку рослин

С. В. Петров¹ | С. Г. Бондаренко² | Ш. Рошанпур³

¹ Інститут газу Національної академії наук України, м. Київ, Україна

² Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

³ Plasma Dynamics SRL, Віченца, Італія

Перетворення атмосферного азоту на цінні азотні добрива та інші хімічні речовини, має важливе значення як для сільського господарства так і багатьох інших процесів, що підтримують життя на планеті. Хоча найбільш важливим методом фіксації азоту є процес Хабера-Боша він потребує невідновлюваної сировини і пов'язаний із серйозними екологічними та виробничими проблемами. Типові плазмові синтези у газовій фазі, починаючи з процесів Біркеланда-Ейде і Паулінга характеризуються низьким коефіцієнтом конверсії та низькою енергоефективністю. Взаємодія плазми та рідини стає привабливою технологією для конверсії N₂ в NO_x з високою доданою вартістю. Плазмова газорідинна фіксація азоту при атмосферному тиску є дуже перспективною альтернативою традиційній азотфіксації бо азотне добриво виробляється шляхом вилучення азоту з атмосфери і не потребує невідновлюваної сировини та є легкодоступним для поглинання рослинами. Мета даного дослідження полягає у з'ясуванні можливостей ефективного виробництва рідких азотних добрив за допомогою гібридного електричного розряду в бульбашковій воді. В роботі запропонована нова гібридна дугова плазмова система, що в своїй роботі поєднує рівноважну і нерівноважну плазму, і яка працює в суміші повітря з водою, для прямого виробництва NO_x. Новий плазмохімічний процес реалізований в плазмовому модулі з електродуговим плазмотроном та з пульсаційним режимом горіння електричного розряду у водному розчині. Електричний розряд в плазмовому модулі горить по поверхні повітряних бульбашок в воді. Системи електроживлення електричного розряду побудовані на базі резонансних інверторів потужністю до 20 кВт на частоті 5–100 кГц. В роботі досліджували ефективність виробництва NO_x у широкому діапазоні співвідношень струмів розряду – до 15 А при потужності до 10 кВт, вихідних газів (витрати повітря і азоту – до 2 м³/год) для гібридного режиму роботи дуги. Визначено, що оптимальна форма розряду забезпечується при напрузі пробою 3000 В та амплітуді струму 14 А, де на кожному імпульсі відбувається пробій розрядного проміжку з наступним переходом до гібридної форми з двома зонами – термічною та нетермічною плазмою. У воді, що продувається повітрям та азотом й обробленою імпульсним розрядом, відбувається сильне підкислення з утворенням реактивних форм азоту. Основними продуктами стають NO₂⁻ та NO₃⁻, а також невеликі кількості H₂O₂. Визначено, що при роботі дуги в усталеному режимі досягаються рекордні значення питомої концентрації NO_x. При цьому питомий вихід фіксованого плазмового азоту зростає швидше за споживану електричну потужність. Головним чинником підвищення ефективності процесу є струм розряду – фіксація азоту в воді збільшується швидше за зростання рівня амплітуди струму. Плазмово-водна технологія фіксації азоту надає можливість впровадження систем малого та середнього масштабу для виробництва рідких азотних добрив безпосередньо в місцях їх застосування невеликими господарствами, та усуває труднощі, що пов'язані з транспортуванням та із захистом навколишнього середовища. Поява дешевої відновлюваної електроенергії також сприятиме розвитку технології.

Ключові слова: азотні добрива, плазмова фіксація азоту, електричний розряд, плазмовий модуль, плазмова обробка, водно-бульбашкова суміш.

Бібліографічний опис для цитування: Петров С. В., Бондаренко С. Г., Рошанпур Ш. Плазмово активована вода у зростанні та розвитку рослин. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 154–163.

Вступ

Найбільшу економічну ефективність можна отримати при освоєнні нових вільних ніш світового ринку в результаті свободи формування ринкових цін на якісно нову продукцію. Тому інновації потрібні саме для формування нових вільних ніш світового ринку. Такий шанс сьогодні – це інновації тематичної мережі з азоту, яка об'єднує знання про "готові до застосування" технології, продукти в інтересах та на користь практиків сільського господарства. Розробляємий авторами проект отримання рідких азотних добрив з використанням плазми зосереджений на об'єднанні конкурентоспроможних на ринку та комерційно "готових до застосування" інноваційних результатів, отриманих з прикладних наукових програм високого рівня дослідницької зрілості та загальноприйнятих промислових практик. Оскільки кількість досліджень у галузі плазмово активованої води (ПАВ) зростає в геометричній прогресії, огляд зосереджується на роботах, опублікованих протягом останніх декількох років, щоб узагальнити сучасне розуміння принципів дії та відобразити потенціал ПАВ, що може стати альтернативою хімічним добривам у сільському господарстві [1].

У природі більшість азоту фіксується мікроорганізмами, які живуть навколо коренів рослин. Ці мікроорганізми споживають N_2 з повітря і перетворюють його на амоній (NH_4). Амоній може поглинатися рослинами, але більша його частина перетворюється на нітрати, в так званому процесі нітрифікації. Нітрат легко доступний для поглинання рослинами і фіксується в біомасі. Близько 10 % світового азоту фіксується спалахами блискавок, на додаток до мікробної фіксації [2].

Азотні добрива є життєво важливими для підтримки споживання зростаючого населення, але їх виробництво та застосування є причиною до 7 % світових викидів парникових газів. Зі зростанням чисельності населення зростає і попит на азотні добрива. Зменшення викидів від виробництва азотної кислоти має найбільший вплив на обмеження до парникових газів серед потужних промислових процесів. Окрім того перехід від аміаку/сечовини до нітратних добрив означає менше викидів на полях і більшу ефективність використання поживних речовин. Складний ланцюжок поставок у поєднанні з великою залежністю від викопного палива означає, що фермери змушені приймати рішення, виходячи з ціни та доступності, а не з потреб культур. Сучасна галузь виробництва добрив стикається зі зростанням викидів парникових газів, високим споживанням викопного палива, збільшенням витрат та геополітичними потрясіннями. Також використання хімічних добрив у сільському господарстві загрожує екосистемі. Стік нітратів та викиди оксидів азоту з сільськогосподарських полів спричиняють значні екологічні та природоохоронні проблеми, що виходять за рамки зміни клімату, включаючи цвітіння водоростей, забруднення систем водопостачання та смог. Тому використання екологічно

чистого стимулятора для революції в сільському господарстві є дуже бажаним [3].

Авторами та рядом компаній розробляється процес, який імітує спалахи блискавки в реакторі тільки шляхом подачі електрики та повітря. У спалаху блискавки повітря перетворюється з газової фази в плазмову фазу, тим самим розщеплюючи молекули N_2 і O_2 на активні радикали. Ці радикали потім створюють оксиди азоту, що проходять через воду, в якій вони остаточно розчиняються у вигляді різних сполук, основною з яких є азотна кислота (HNO_3). У цій формі так звана «плазмова вода» може використовуватися як добриво, щоби вносити безпосередньо доступний нітрат у ґрунт (рисунок 1). Новий плазмовий процес запозичений у природі знаходиться на стадії розробки і випробувань [4–7].

Така технологія має можливість виробляти і вносити азотні добрива ближче до кінцевого споживача – на відміну від будь-якої іншої системи отримання добрив на сьогоднішній день. Вона надає добрива у кліматично безпечній нітратній формі, призначеній для ефективного застосування, що дозволяє вирішити проблему викидів парникових газів, виходячи за рамки технологій на основі виробництва аміаку. Метою цих зусиль є зміна парадигми у сфері застосування азотних добрив у сільському господарстві, а саме їх екологічно чисте виробництво лише з азоту та кисню повітря з мінімальним споживанням енергії на місці внесення. При цьому повинні бути досягнуті питомі показники фіксованого азоту, близькі до 200 грамів на 1 кВт·год електроенергії, що витрачається на процес.



Рис. 1. Плазмовий процес отримання рідких азотних добрив, запозичений у природі

У даний час для виробництва азотних добрив з викопних палив використовується процес Хабера-Боша (H-B). Він споживає приблизно 0,5–0,9 МДж/моль фіксованого азоту енергії, має екологічні, виробничі та транспортні проблеми [8, 9]. На сьогодні нерівноважна плазма атмосферного тиску

(НПАТ) розглядається як можлива заміна традиційної азотфіксації, оскільки вона фіксує атмосферний азот у вигляді оксиду азоту (NO), нітритів (NO₂), нітратів (NO₃), триоксиду азоту (N₂O₃), пентаоксиду азоту (N₂O₅), та аміаку (NH₃) [10, 11], які можна використовувати як добрива [5, 6, 7]. Теоретична енергоємність азотфіксації за допомогою НПАТ є найнижчою серед усіх існуючих штучних і природних процесів фіксації азоту, складаючи лише приблизно 0,2 МДж/моль фіксованого азоту [8]. Синергія між ефектами в нерівноважній плазмі зазвичай забезпечує більш високу ефективність порівняно з традиційними хімічними методами обробки. Отримані похідні азоту є рухомими і розчинними формами азоту в ґрунті, що робить їх більш придатними для поглинання рослинами [12, 13]. Методи НПАТ можуть виявитися кращими за існуючі технології внесення добрив з наступних причин:

1) вони працюють в атмосферних умовах з використанням сталої енергії;

2) на відміну від Н–В процесу, вони не виділяють жодних парникових газів;

3) вони є економічно ефективними з точки зору створення, виробництва, транспортування та зберігання;

4) нарешті, локалізоване виробництво (на місці за вимогою), наприклад, безпосередньо на сільсько-господарських угіддях.

У літературних джерелах про плазмове сільське господарство детально описана ефективність різних підходів обробки води плазмовим розрядом, що суттєво впливає на проростання насіння та зростання росади. Ці літературні джерела стверджують, що вода, оброблена плазмою, активує синтез рослинних гормонів, таких як ауксин і цитокінін, індукуючи інші фізико-хімічні зміни, що сприяють проростанню, зростанню та розвитку рослин. Азотфіксована вода має кислу реакцію через розчинені в ній оксиди азоту та пероксиду водню [14].

Схематичне зображення схеми застосування НПАТ показано на [рисунку 2](#) [15].

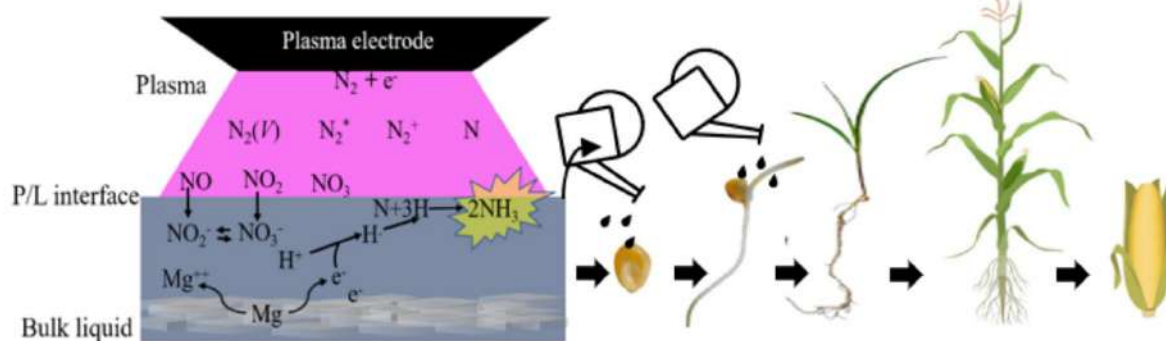


Рис. 2. Схематичне зображення схеми застосування НПАТ для зрошення
Джерело: [15].

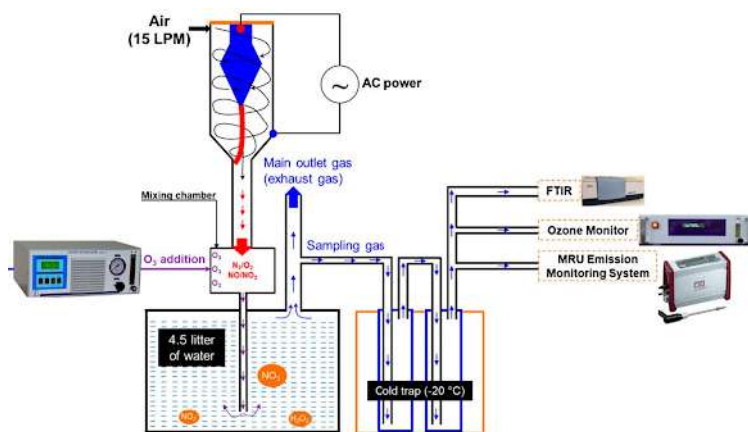
Плазмаактивована вода багатократно використовувалась для зрошення різних культур, і досліджувались вплив цієї води на проростання насіння та зростання рослин. Особливий інтерес має органічне вирощування, в якому згідно з вимогами USDA (це федеральне агентство, яке здійснює нагляд за продовольством, сільським господарством та природними ресурсами в Сполучених Штатах) не дозволяється вносити азотні добрива у формі, безпосередньо доступній для поглинання рослинами. В органічному землеробстві USDA (багато агентств Міністерства сільського господарства США обслуговують зростаючий органічний сектор) дозволено вирощувати овочі на субстраті в системах безґрунтового вирощування. Існують обмеження щодо добрив, які можна використовувати. В основному дозволені добрива зі складним органічним складом. Для азотної фертигації під культуру вносять органічно фіксований азот. У кореневій зоні рослин цей азот трансформується мікроорганізмами в амоній і нітрати для поглинання культурою. Цей процес є безперервним і вимагає від мікроорганізмів правильних умов для здійснення цього перетворення (наприклад, вміст кисню, температура). Щоб відреагувати на підвищений попит на сільгосп-продукцію, виробникам дозволено використовувати

чилійську селітру (NaNO₃). Однак це призводить до утворення величезної кількості натрію, що порушує можливість рециркуляції дренажної води. Вся дренажна вода (включаючи нітратну) скидається в навколишнє середовище. Таким чином зазвичай азот вноситься в органічній формі, в якій азот повинен бути перероблений мікроорганізмами, перш ніж він стане доступним для рослин. Це означає, що дуже важко контролювати кількість азотних добрив, доступних для культури на щоденній основі.

Азотне добриво, вироблене компанією VitalFluid в процесі Plasma Activated Water (PAW), є легкодоступним для поглинання рослинами. Виконані створення органічного поживного розчину USDA за допомогою плазмово-активованої води з рециркуляцією дренажної води і випробуванням у пілотній виробничій системі [16]. За новою технологією виробляються азотні добрива природним шляхом у реакторі, використовуючи лише повітря, воду та електроенергію. В демонстраційному випробуванні було перевірено, чи можна використовувати "природний азот" в плазмово-активованій воді як джерело азоту в поживному середовищі для органічного вирощування томатів за стандартами USDA. Його порівнювали з традиційним органічним вирощуванням USDA (еталонним), щоб оцінити

вплив на врожайність та якість продукції безпосередньо доступного "природного азоту", порівняно з азотом з органічних джерел. Обидва способи застосовували рециркуляцію дренажної води з самого початку. Проведено тепличний експеримент (площа вирощування 120 м²) з культурою томатів на гідропонній системі вирощування на торф'яному субстраті, відповідно до принципів USDA. VitalFluid перенесла природний процес спалахів блискавок у реактор для дезінфекції води та фіксації азоту з отриманням так званої плазмово-активованої води. Синтезовані реактивні компоненти дезінфікують воду (протягом 15 хвилин реактивність зникає), а азотна кислота (HNO₃) є основним продуктом реакції і може бути використана для органічного вирощування тепличних культур. Половина тепличного відсіку була контрольною ділянкою згідно з принципами USDA. Для іншої половини тепличного відділення азотні добрива надані компанією VitalFluid з їхнього процесу PAW (рисунки 3а). Експеримент проводився

з рециркуляцією дренажної води (30–40 % дренажу), без дезінфекції рециркуляційної води. Частина додаткової води (25–100 %) оброблялася плазмово-активованою водою для додавання нітратів, інша частина використовувалася для додавання інших елементів до живильного розчину. Щотижневі аналізи живильного та зливного розчинів забезпечували необхідну кількість поживних речовин для культури. Зливання живильного розчину відбувалася лише тоді, коли концентрація натрію підвищувалася до пірикового рівня. Період вирощування – з липня по грудень 2021 року; з використанням додаткового освітлення, починаючи з вересня. Виявилось, що загальна кількість доступного азоту в контрольній ділянці є недостатньою для покриття попиту в цій речовині, що відображається на врожаї у вигляді симптомів нестачі азоту. Рослини мають все менше листя, а самі листки стають блідо-зеленими (права частина рисунки 3 б).



а)



б)



в)

Рис. 3. Схема та фото PAW процесу компанії VitalFluid (а); дві частини тепличного відділення (б): за обробки препаратом VitalFluid (ліворуч) та – сталонним препаратом (праворуч) на 13.10.2021 р.; врожай томатів (Roterno)

Джерело: [17].

Щоб уникнути повної зупинки зростання рослин у контрольному варіанті, до органічних азотних добрив було додано чилійську селітру (NaNO_3) на додаток до органічних азотних добрив, щоб компенсувати недостатнє мікробіологічне виробництво нітратів. Загалом, занадто низька активність або відсутність мікробіології в кореневій зоні, спричинила неоптимальні умови та низьку продуктивність культури.

Повна рециркуляція зливної води (без скидання) досягається в системі VitalFluid. Додавання чилійського нітрату до еталонного розчину, що містить велику кількість натрію, призводить до швидкого збільшення концентрації натрію. Це змушує скидати зливну воду еталонного очищення, тому рециркуляція не застосовується.

Перший врожай був зібраний 8 вересня. Врожайність VitalFluid (VF) та еталонного (BIO) показані на *рисунку 4*. Врожайність була однаковою для обох препаратів до 23 вересня, але розвиток рослин був досить різним. Культура, оброблена VitalFluid, явно мала достатньо нітратів для росту, в той час як на культуру порівняння вплинула нестача азоту, що призвело до зниження врожайності за цієї обробки.

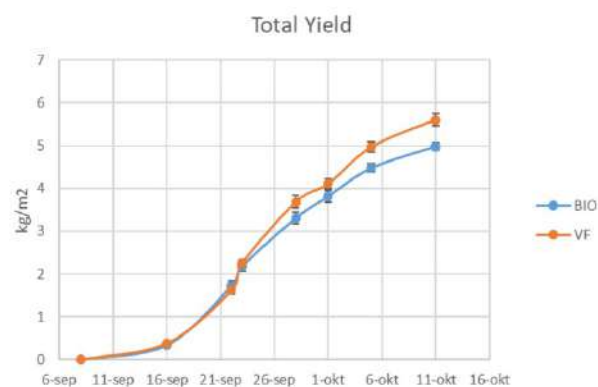


Рис. 4. Кумулятивний вихід (kg/m^2) для обробки VitalFluid (VF) та еталонного (BIO)
Джерело: [17].

У випробуваннях спостерігали гарні врожаї при обробці природним азотом протягом усього вегетаційного сезону (*рисунком 5*). Органічний еталон страждав від нестачі доступного азоту, лише після того, як додали нітрату натрію (5 ммоль/л) до еталонної обробки, продуктивність культури значно покращилася.

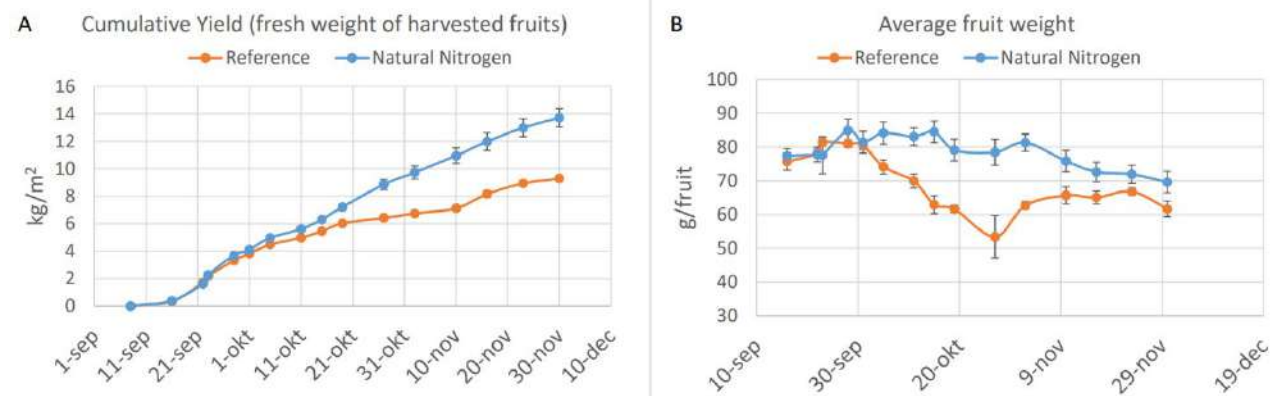


Рис. 5. Порівняння врожайності культури:
А) – сукупний врожай (свіжа вага) та В) – середня вага плодів протягом циклу вирощування
Джерело: [18].

Таким чином було показано, що "природний азот" (HNO_3) в ПАВ можна використовувати як основне джерело азоту в поживному розчині. Застосування "природного азоту" як основного джерела азоту при органічному вирощуванні томатів за стандартами USDA відкриває можливості для покращеного управління та контролю доступного азоту, а отже, й інших поживних речовин.

Компанія Nitricity розвиває цей напрямок і ставить перед собою завдання повністю електрифікувати виробництво азотних добрив і наблизити кращі продукти до фермерів, які їх використовують [6]. Вона виходить з того, що під час грози блискавка природним чином розщеплює атмосферний азот, а дощова вода приносить його в ґрунт у вигляді розчинних нітратів, які споживаються рослинами. Технологія Nitricity, що імітує цей природний процес фіксації азоту, успішно зарекомендувала себе в численних пілотних проектах та польових

випробуваннях. Дослідження проводилося навесні та влітку 2020 року на томатах (сорт АВ314) у Центрі іригаційних технологій Державного університету Фресно штат Каліфорнія [19]. При випробуваннях внесли на 40 відсотків менше азоту, ніж традиційним методом, що свідчить про те, що в значних масштабах є можливість заощадити гроші фермерів.

У всьому світі фермери вносять 135 кілограмів добрив на гектар. В Африці фермери вносять 17 кілограмів на гектар, тоді як угандійський фермер вносить лише 1,3 кілограма на гектар. Фермерам необхідно підвищувати продуктивність і виробництво за рахунок використання добрив. Тому вчені MUZARDI (Mukono Zonal Agricultural Research and Development Institute) [20] просувають технологію плазмових азотних добрив, щоб допомогти бідним фермерам забезпечити продовольчу безпеку. Добриво є екологічно чистим, оскільки не виділяє вуглекислий газ. Це азотне добриво виробляється шляхом

вилучення азоту з атмосфери за допомогою сонячної енергії і розроблено за технологією під назвою "Плазмова фіксація азоту", яка використовує менше енергії для виробництва добрив. Це добриво було випробувано на кукурудзі, каві та салаті, і результати показують, що там, де використовувався азот, рослини розвиваються краще, ніж при застосуванні аміачної селітри, сечовини та NPK. Випуск цього азотного добрива допоможе знизити вартість добрив для дрібних фермерів. Дослідники відзначають, що вартість добрив є дуже високою, що впливає на продуктивність.

У літературі про плазмове сільське господарство детально описано ефективність різних підходів використання ПАВ, від насіння до поля [21–22]. Загалом, вода, оброблена плазмовим розрядом, суттєво впливає на проростання насіння та зростання росади [23–27]. Рослини, зрошені водою, обробленою плазмовим розрядом, також дають підвищену врожайність. Ці літературні джерела стверджують, що вода, оброблена плазмою, активує синтез рослинних гормонів, таких як ауксин і цитокінін, індукуючи інші фізико-хімічні зміни, що сприяють проростанню,

Плазмово активована вода (ПАВ) – це новий екологічно чистий стимулятор для покращення проростання насіння рослин, його життєздатності та підвищення активності ферментів. Хоча ПАВ показав багатообіцяючі результати в підвищенні врожайності, необхідні додаткові дослідження для його промислового виробництва і визначення ефективності на різних культурах.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у з'ясуванні можливостей ефективного виробництва рідких азотних добрив за допомогою гібридного електричного розряду в бульбашковій воді.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Розробити та реалізувати гібридну дугову плазмову систему для фіксації атмосферного азоту в гібридному розряді у водно-бульбашковому середовищі.

2. Визначити параметри роботи системи, що забезпечують ефективність отримання NO_x у проточному плазмовому реакторі з гібридним режимом роботи електричного розряду.

Матеріали і методи досліджень

Для реалізації поставлених завдань розроблено гібридну плазмову систему з використанням проточного плазмово-струменевого плазмово-хімічного реактора.

Розроблена реакторна система для синтезу NO_x включає до свого складу плазмово-струменевий реактор, який забезпечено рекуперативною системою охолодження-підігріву, джерелом живлення, системами подачі води та повітря та контрольно-вимірювальною апаратурою.

Електричний розряд в плазмово-хімічному реакторі горить по поверхні повітряних бульбашок в воді. Система електроживлення електричного

розряду побудована з використанням резонансних інверторів потужністю до 20 кВт. Зміну частоти в системі можна підтримувати в межах 5–100 кГц. До електродів електродугового плазмотрона підводяться різнополярні імпульси з амплітудою напруги 4000 В. Максимальні витрати повітря і азоту при проведенні досліджень не перевищували 2 м³/год.

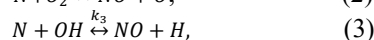
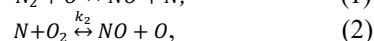
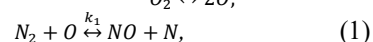
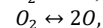
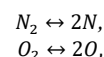
Для розрахунку потужності плазми вимірювали напругу та струм, що проходять через розряд. Для цього використовували двоканальний цифровий осцилограф DSO3202A Digital Storage Oscilloscope 200 MHz зі смугою пропускання 200 МГц і високою швидкістю вибірки.

Контроль показників плазмово-активованої води здійснювали методом іонної хроматографії на компактному ІС-флексометрі 930 фірми Thermo Scientific із захисною колонкою DionexIonPac AG9-HC та аналітичною колонкою DionexIonPac AS9-HC та вимірювальним приладом Horiba NO3-LAQUAtwin. Для експрес аналізів використовували індикаторні тест смужки фірми QUANTOFIX®. pH розчину контролювали приладом pH meter D-51 HORIBA, електропровідність – COND5021ST Sato Shouji Inc. Аналіз вмісту NO і NO₂ у газах, що відходять, виконували газоаналізатором Testo 340.

Результати та їх обговорення

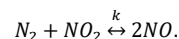
Авторами розроблена нова гібридна дугова плазмова система (поєднує рівноважну і нерівноважну плазму), що працює в суміші повітря з водою, для прямого виробництва NO_x. Процес плазмохімічної обробки реалізований в плазмовому модулі з пульсаційним режимом горіння електричного розряду у водному розчині (рисунком 6).

Розробка базується на двох положеннях. Перше – за основу взятий розширений механізм Зельдовича – хімічний механізм, що описує окислення азоту та утворення NO_x, відповідно до реакцій:



де k_1 і k_2 – константи швидкості реакцій за законом Арреніуса.

Реакції (1) і (2) досить глибоко вивчені й використовуються для промислової фіксації азоту в тому числі в термічній плазмі [28]. Загальна швидкість перших двох реакцій визначається за реакцією:



Максимум рівноважної концентрації NO у газовій суміші біля 5 % спостерігається в області температур 3000–3500 К. Загальна швидкість в основному визначається (лімітується) реакцією (1), оскільки реакція (2) протікає набагато швидше за першу і відбувається одразу після першої реакції. В умовах нестачі кисню реакція (2) сповільнюється і протікає з меншою швидкістю. Отже, за наявності

парів води в механізм включається реакція (3), також відома як розширений механізм Зельдовича (з усіма трьома реакціями). Надалі відбувається окиснення оксиду азоту (II) киснем: $2NO + O_2 = 2NO_2$; абсорбція оксиду азоту (IV) водою: $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$.

Утворений вторинний оксид азоту (II) повертається на окиснення.

Радикальна термомолекулярна реакція (3) між OH і N ще слабо вивчена, але в умовах плазмового розряду в воді має великий вплив на утворення NO при наявності азоту.

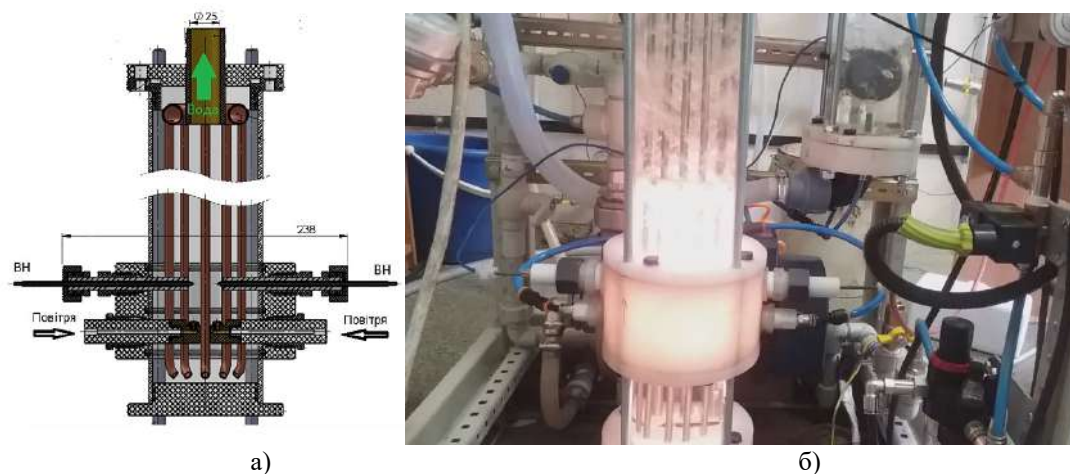
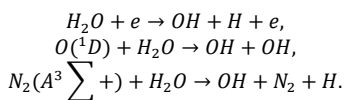


Рис. 6. Загальний вигляд проточного плазмового модуля: а) – схема, б) – модуль в роботі

Загалом, основним механізмом утворення OH-радикалів є дисоціація молекул води при їх взаємодії з електронами, збудженими атомами кисню та молекулами азоту з під другої позитивної зони, внаслідок наступних реакцій [29]:



Надалі OH-радикали витрачаються на утворення оксиду азоту реакція (3) і пероксиду водню (рисунком 7) [29].

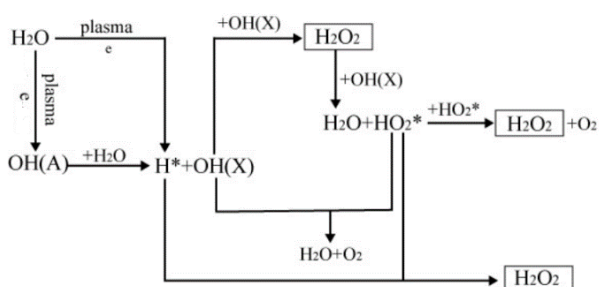


Рис. 7. Спрощена схема утворення пероксиду водню

Основна проблема полягає в тому, щоб за короткий термін існування радикалів OH впродовж імпульсу електричного розряду пройшла реакція (3), що має дифузійні обмеження. Осцилограми світла з довжиною хвилі 309 нм (випромінювання OH-радикалів) та вхідної електричної потужності показані на [рисунку 8](#) [30].

Більша частина електричної енергії надходить до каналу іскрового розряду за час <1 мкс, а пікова потужність досягає декількох тисяч кіловат. Світло з довжиною хвилі 309 нм випромінюється трохи

пізніше після виникнення іскрового струму і триває довше, ніж електричний струм. Енергія іскри розсіюється відносно повільно, оскільки іскровий канал розширюється і температура знижується. Концентрація пероксиду водню також зростає зі збільшенням вхідної енергії.

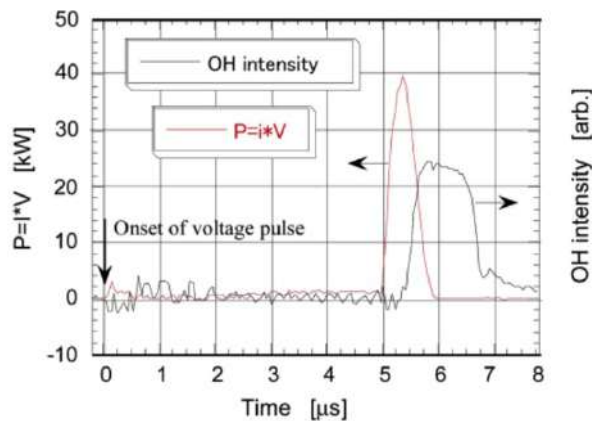


Рис. 8. Осцилограми світлового випромінювання на довжині хвилі 309 нм (випромінювання OH-радикалів) та електричної вхідної потужності для іскрового розряду у воді Джерело: [30].

Новий енергетично ефективний шлях фіксації азоту продемонстрував, що збільшення ступеня нерівноважного стану повітряної плазми може замінити традиційний процес Хабера-Боша у найближчому майбутньому [31]. Однак необхідна подальша робота, щоби отримати низьке енергопоживання з високим ступенем перетворення N_2 шляхом налаштування реактора, щоб більше молекул газу зазнали плазмової зони розряду. Таким чином,

ще є багато можливостей для зниження собівартості процесу з високою концентрацією NO_x за рахунок оптимізації розряду для можливої заміни традиційного процесу Хабера-Боша.

З наведеного випливає друге положення, що лежить в основі розробки. Плазма, що знаходиться в нерівноважному стані забезпечує перебіг електрохімічних процесів, що впливають на хімічний зв'язок молекул у плазмі. З іншого боку, рівноважна плазма, що характеризується високою щільністю енергії, забезпечує ефективну продуктивність. Однак нерівноважні стани з високими щільностями енергії важко досягти. У зв'язку з цим є перспективним плазмовий метод обробки, який, поєднуючи рівноважну і нерівноважну плазму, має переваги обох, так звана «гібридна плазма», яка працює при атмосферному тиску і має властивості як термічної (рівноважної), так і нетермічної (нерівноважної) плазми. Результати моделювання показують, що найбільша концентрація NO_x досягається в режимі стійкої дуги тому, що зона гарячої плазми охоплює більшу частину корпусу реактора, що дозволяє обробляти всі молекули газу при проходженні через реактор, і в результаті цього досягається найвища концентрація NO_x .

Електричний розряд в плазмовому модулі (рисунк 6) горить по поверхні повітряних бульбашок в воді. Системи електроживлення електричного розряду побудовані на базі резонансних інверторів потужністю до 20 кВт на частоті 5–100 кГц. Різнопольярні імпульси з амплітудою напруги 4000 В підводяться до електродів.

Сформована оболонка розряду займає об'єм у сотні разів більше розрядного каналу і утворює

нерівноважну плазму, в якій відбуваються всі описані вище реакції. Рух розрядного каналу супроводжується інтенсивним теплообміном з навколишнім повітрям та водяними парами.

В роботі досліджували ефективність виробництва NO_x у широкому діапазоні співвідношень струмів розряду – до 15 А при потужності до 10 кВт, вихідних газів (витрат повітря і азоту – до $2 \text{ м}^3/\text{год}$) для гібридного режиму роботи дуги: імпульсному розряді, що встановився, у бульбашках повітря у воді. Насичення води бульбашками повітря становить приблизно 50%. Аналіз води на нітрати/нітриги виконувався напівкількісною оцінкою з використанням індикаторних тестів смужок QUANTOFIX® test strips та вимірюванням приладом Horiba NO_3 -LAQUAtwin. Уточнена концентрація NO_3 і NO_2 у пробах води, обробленої в плазмі, визначалися методом іонної хроматографії на компактному ІС-флексометрі 930 фірми Thermo Scientific із захисною колонкою DionexIonPac AG9-HC та аналітичною колонкою DionexIonPac AS9-HC, аналіз на вміст кисню – Tetra Test O_2 до 14 мг/л. Аналіз вмісту NO і NO_2 у газах, що відходять, виконувався газоаналізатором Testo 340. рН розчину контролювали приладом pH meter D-51 HORIBA, електропровідність – COND5021ST Sato Shouji Inc.

Досліджували постплазмову оцінку H_2O_2 , NO_2 і NO_3 та кисню у рідкій фазі після плазмової обробки: спостерігаються розпади 15% NO_2 та 10% H_2O_2 через 30 хвилин після плазмової обробки. У цьому дослідженні для обмеження впливу подальших реакцій з NO_2 та H_2O_2 у рідкій фазі, всі вимірювання проводилися відразу після плазмової обробки (менше за 5 хв).

Пневмогідралічна схема установки наведена на [рисунку 9](#).

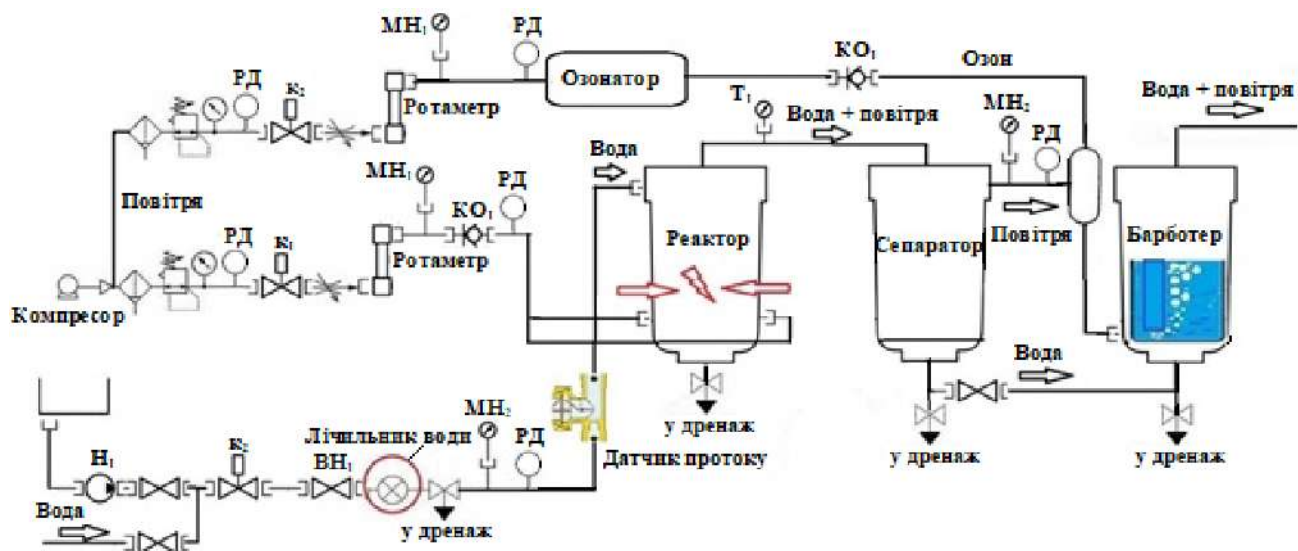


Рис. 9. Пневмогідралічна схема установки

При виконанні досліджень використовувалися:

- для живлення електричного розряду інверторні перетворювачі потужністю до 20 кВт, які генерували різнопольярні імпульси на частоті 5–100 кГц;
- озонатор OZON-Prom до 15 г/год озону:

- технічна вода: рН – 7, електропровідність – 250 мкСим/см, концентрація кисню – 0, початкова температура – 7–80 °С;
- комприсоване повітря і балонний азот підвищеної чистоти – 99,99%.

Результати досліджень наведені в [таблиці 1](#).

Таблиця 1

Результати досліджень

№	Потужність, кВт	Газ	Витрати газу, м³/год	Витрати води, л/год	Озон, г/год	Ел.пров. води, мкСм/см	NO Ррм/	NO ₃ - Мг/л	NO ₂ - Мг/л	O ₂ мг/л
1	4,3	Азот	0,8	240	-	240/400	2000	50	10	0
2	4,3	Повітря	0,8	240	-	240/500	2200	150	30	7
3	4,3	Повітря	0,8	240	10	240/530	330	180	40	7
4	-	Повітря	0,8	240	-	240	-	-	-	0

Оптимальна форма розряду забезпечується залежністю, наведеною на осцилограмі (рис. 10). Оптимальна осцилограма отримана при напрузі пробою 3000 В та амплітуді струму 14 А. На кожному імпульсі відбувається пробій розрядного проміжку з наступним переходом до дугової форми. У шлейфі дуги через короткочасність процесів та інтенсивного теплообміну рівновага не встановлюється, а азот, як основний реагент, перебуває у збудженому стані. У воді, що продувається повітрям та азотом й обробленою імпульсним розрядом, відбувається сильне підкислення з утворенням реактивних форм азоту. Основними продуктами стають NO₂⁻ та NO₃⁻, а також невеликі кількості H₂O₂.

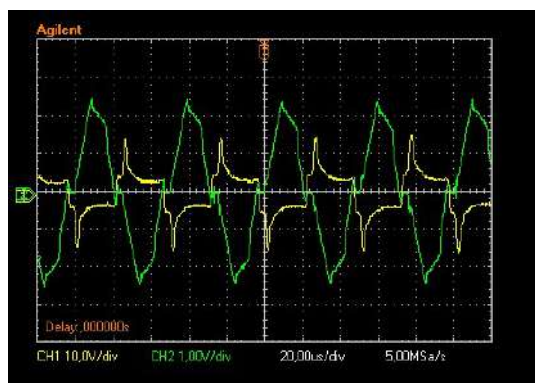


Рис. 10. Осцилограма напруги (жовта) і струму (зелена) при оптимальній формі розряду (напруга пробою 3000 В та амплітуда струму 14 А)

Висновки

1. Проведений аналіз сучасного стану використання плазми для виробництва NO_x, отримання азотної та азотистої кислот для рідких добрив.
2. Експериментально встановлений факт інтенсифікації виробництва NO_x в водному розчині за рахунок генерування радикалу OH в плазмовому розряді.
3. Визначено, що головним чинником підвищення ефективності процесу є струм розряду – фіксація азоту у воді збільшується швидше за зростання рівня амплітуди струму.
4. Виконані дослідження показали, що використання озонування підвищує ефективність процесу на 4–29 % з допомогою доокиснення NO.
5. Експериментально визначено, що зниження температури води на 1 °С, підвищує ефективність процесу на 25 %.
6. Плазмово-водна технологія фіксації азоту надає можливість впровадження систем малого та

Досліджували постплазмову оцінку H₂O₂ та NO₂⁻ і NO₃⁻ у рідкій фазі після плазмової обробки: спостерігаються розпади 15 % NO₂⁻ та 10 % H₂O₂ через 30 хвилин після плазмової обробки. У цьому дослідженні для обмеження впливу подальших реакцій з NO₂⁻ та H₂O₂ у рідкій фазі, всі вимірювання проводилися відразу після плазмової обробки (менше ніж за 5 хвилин).

При роботі дуги в усталеному режимі досягнуті рекордні значення питомої концентрації NO_x. Питомий вихід фіксованого азоту зростає швидше за споживану електричну потужність. На рис. 11 показана залежність питомого виходу фіксованого азоту від електричної потужності, що споживається.

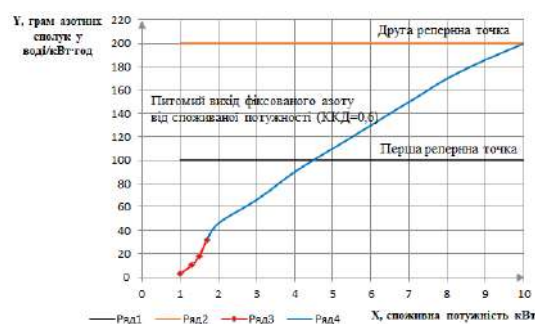


Рис. 11. Питомий вихід фіксованого азоту від електричної потужності, що споживається

середнього масштабу для виробництва рідких азотних добрив безпосередньо в місцях їх застосування невеликими господарствами, та усуває труднощі, що пов'язані з транспортуванням та із захистом навколишнього середовища.

Перспективи подальших досліджень. Новий енергетично ефективний шлях фіксації азоту має всі можливості в перспективі для заміни традиційного процесу Хабера-Боша. Однак необхідна подальша робота зменшення енергоспоживання при збереженні високого виходу кінцевого продукту. Цього можна досягти за рахунок оптимізації процесів у всьому ланцюжку перетворень. Використання дешевої відновлюваної електроенергії також сприятиме розвитку технології.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Attri, P., Ishikawa, K., Okumura, T., Koga, K., & Shiratani, M. (2020). Plasma Agriculture from laboratory to farm: a review. *Processes*, 8 (8), 1002. <https://doi.org/10.3390/pr8081002>
2. Adhikari, B., Adhikari, M., & Park, G. (2020). The effects of plasma on plant growth, development, and sustainability. *Applied Sciences*, 10 (17), 6045. <https://doi.org/10.3390/app10176045>
3. Rouwenhorst, K. H. R., Jardali, F., Bogaerts, A., & Lefferts, L. (2021). From the birkeland–eyde process towards energy-efficient plasma-based NOX synthesis: a techno-economic analysis. *Energy & Environmental Science*, 14 (5), 2520–2534. <https://doi.org/10.1039/d0ee03763j>
4. Petrov, S. V., Katircioğlu, T. Y. (2020). *Technological Aspects of Steam and Water Plasma*. OmniSkriptum Publishing Group.
5. Plasma activated water. *VitalFluid*. Retrieved from: <https://vitalfluid.com/plasma-activated-water/>
6. Nitricity Commissions New Pilot System in Fremont, CA. *Business Wire*. Retrieved from: <https://www.business-wire.com/news/home/20231012832765/en/Nitricity-Commissions-New-Pilot-System-in-Fremont-CA>
7. Yirka, B. (2021). Startup wants to convert manure into sustainable fertilizer while trapping greenhouse gases. *N 2 Applied*. Retrieved from: <https://n2applied.com/then2solution/>
8. Cherkasov, N., Ibadon, A. O., & Fitzpatrick, P. (2015). A review of the existing and alternative methods for greener nitrogen fixation. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 90, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2015.02.004>
9. Erisman, J. W., Sutton, M. A., Galloway, J., Klimont, Z., & Winiwarter, W. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, 1 (10), 636–639. <https://doi.org/10.1038/ngeo325>
10. Peng, P., Chen, P., Addy, M., Cheng, Y., Zhang, Y., Anderson, E., Zhou, N., Schiappacasse, C., Hatzenbeller, R., Fan, L., Liu, S., Chen, D., Liu, J., Liu, Y., & Ruan, R. (2018). Correction: In situ plasma-assisted atmospheric nitrogen fixation using water and spray-type jet plasma. *Chemical Communications*, 54 (89), 12658–12658. <https://doi.org/10.1039/c8cc90458h>
11. Chen, H., Yuan, D., Wu, A., Lin, X., & Li, X. (2021). Review of low-temperature plasma nitrogen fixation technology. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 3 (3), 201–217. <https://doi.org/10.1007/s42768-021-00074-z>
12. Pajares, S., & Bohannon, B. J. M. (2016). Ecology of nitrogen fixing, nitrifying, and denitrifying microorganisms in tropical forest soils. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01045>
13. Shiozaki, T., Ijichi, M., Isobe, K., Hashihama, F., Nakamura, K., Ehama, M., Hayashizaki, K., Takahashi, K., Hamasaki, K., & Furuya, K. (2016). Nitrification and its influence on biogeochemical cycles from the equatorial Pacific to the Arctic Ocean. *The ISME Journal*, 10 (9), 2184–2197. <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.18>
14. Judée, F., Simon, S., Bailly, C., & Dufour, T. (2018). Plasma-activation of tap water using DBD for agronomy applications: Identification and quantification of long lifetime chemical species and production/consumption mechanisms. *Water Research*, 133, 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.035>
15. Lamichhane, P., Veerana, M., Lim, J. S., Mumtaz, S., Shrestha, B., Kaushik, N. K., Park, G., & Choi, E. H. (2021). Low-temperature plasma-assisted nitrogen fixation for corn plant growth and development. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (10), 5360. <https://doi.org/10.3390/ijms22105360>
16. Plasma Activated Water in USDA-organic fertilization. (2021). *Wageningen University & Research*, 1. Retrieved from: <https://edepot.wur.nl/559047>
17. Plasma activated water in USDA-organic fertilization. (2021). *Wageningen University & Research*, 2. Retrieved from: https://www.glastuinbouwwaterproof.nl/content/1Substraat/Teelt_en_bemesting/doc/Nieuwsbrief_2_VitalFluid_in_USDA-organic_tomaat_DEF.pdf
18. Plasma activated water in USDA-organic fertilization. (2021). *Wageningen University & Research*, 3. Retrieved from: https://www.glastuinbouwwaterproof.nl/content/3Onderzoek/Nieuwsbrief_3_VitalFluid_in_USDA-organic_tomaat_DEF.pdf
19. Electrified Climate-Smart Fertilizer. (2023). *Nitricity*. Retrieved from: <https://www.nitricity.co/>
20. Nitrogen fertilizer. (2022). *Mukono Zonal Agricultural Research and Development Institute (MUZARDI)*. Retrieved from: <https://www.muzardi.go.ug/index.php/fertilizer>
21. Ranieri, P., Sponcel, N., Kizer, J., Rojas-Pierce, M., Hernández, R., Gatiboni, L., Grunden, A., & Stapelmann, K. (2020). Plasma agriculture: Review from the perspective of the plant and its ecosystem. *Plasma Processes and Polymers*, 18 (1). <https://doi.org/10.1002/ppap.202000162>
22. Attri, P., Ishikawa, K., Okumura, T., Koga, K., Shiratani, M., & Mildaziene, V. (2021). Impact of seed color and storage time on the radish seed germination and sprout growth in plasma agriculture. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81175-x>
23. Jirešová, J., Scholtz, V., Julák, J., & Šerá, B. (2022). Comparison of the effect of plasma-activated water and artificially prepared plasma-activated water on wheat grain properties. *Plants*, 11 (11), 1471. <https://doi.org/10.3390/plants11111471>
24. Bradu, C., Kutasi, K., Magureanu, M., Puač, N., & Živković, S. (2020). Reactive nitrogen species in plasma-activated water: generation, chemistry and application in agriculture. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 53 (22), 223001. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab795a>
25. Ito, M., Oh, J., Ohta, T., Shiratani, M., & Hori, M. (2017). Current status and future prospects of agricultural applications using atmospheric-pressure plasma technologies. *Plasma Processes and Polymers*, 15 (2). <https://doi.org/10.1002/ppap.201700073>
26. Adhikari, B., Adhikari, M., Ghimire, B., Park, G., & Choi, E. H. (2019). Cold Atmospheric plasma-activated water irrigation induces defense hormone and gene expression in tomato seedlings. *Scientific Reports*, 9 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52646-z>
27. Adhikari, B., Adhikari, M., Ghimire, B., Adhikari, B. C., Park, G., & Choi, E. H. (2020). Cold plasma seed priming modulates growth, redox homeostasis and stress response by inducing reactive species in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Free Radical Biology and Medicine*, 156, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.06.003>
28. Ganz, S. N., & Parhomenko, V. D. (1976). *Poluchenie svyazannogo azota v plazme*. Kiev : *Visha shkola*, 186. [in Russian]
29. Hayashi, H., Akamine, S., Ichiki, R., & Kanazawa S. (2016). Comparison of OH radical concentration generated by underwater discharge using two methods. *International Journal of Plasma Environmental Science & Technology*, 10 (1), 24–28.
30. Locke, B. R., Sato, M., Sunka, P., Hoffmann, M. R., & Chang, J. S. (2006) Electrohydraulic discharge and nonthermal plasma for water treatment. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 45, 882–905. <https://doi.org/10.1021/ie050981u>
31. Muzammil, I., Lee, D. H., Dinh, D. K., Kang, H., Roh, S. A., Kim, Y-N., Choi, S., Jung, C., & Song, Y-H. (2021). A novel energy efficient path for nitrogen fixation using a non-thermal arc. *RSC Advances*, 11 (21), 12729–12738. <https://doi.org/10.1039/D1RA01357>

ORCID

- S. Petrov  <https://orcid.org/0000-0002-4135-3318>
S. Bondarenko  <https://orcid.org/0000-0002-2296-7234>
Sh. Roshanpour  <https://orcid.org/0000-0001-9429-8570>



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

Grain harvesting combines' use in Poltava region. Analysis and forecasts

V. Padalka | O. Burlaka | A. Kelemesh | I. Rozhko ✉

Article info

Correspondence Author

I. Rozhko

E-mail:

ilona.rozhko1@ukr.net

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

Citation: Padalka, V., Burlaka, O., Kelemesh, A., & Rozhko, I. (2024). Grain harvesting combines' use in Poltava region. Analysis and forecasts. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 164–169. doi: 10.31210/spi2024.27.02.28

The study aims to find technical, organizational, and economic mechanisms for improving the efficiency of grain harvesters by the example of the resource potential of agricultural harvesting equipment in the Poltava region. The study relied on statistical data, including both quantitative and qualitative characteristics of grain harvesters. The information was gathered from agricultural producers in the Poltava region, regardless of the form of ownership. The data was collected through automated records kept by the agricultural machinery registration department of the State Production and Consumer Service in Poltava. The information pertains to the end of the year 2023. The following indicators and characteristics have been studied in detail: the total number of combine harvesters registered in the Poltava region and their average age since the date of manufacture; absolute quantitative indicators regarding the duration of use of grain harvesters according to agricultural machinery manufacturers as of 2023; and relative indicators regarding the duration of use of grain harvesters according to agricultural machinery manufacturers as of 2023. After conducting the statistical analysis, it was found that machines from certain manufacturers have been used for over ten years in higher percentages: John Deere (66,23 %), Fortschritt (68,75 %), Claas (72,32 %), Case (81,42 %), combine harvesters manufactured in Ukraine and post-Soviet countries (88,60 %), Volvo (91,67 %), Massey Ferguson (94,12 %), Sampo (100 %), New Holland (28,1 %). In the specified category "combines older than 10 years prevail", the most commonly used combines in the Poltava region are John Deere, Claas, Case combines, and ones manufactured in Ukraine and post-Soviet countries. This makes up the majority of the combiner park in Poltava Region under current conditions. The national economy is currently facing the challenge of efficiently and effectively assessing the technical condition of grain harvesters, whether old or new. This has become an urgent issue that requires immediate attention. It is crucial to pay special attention to the quality of repair work done on the various units and components of these machines, ensuring that all necessary spare parts and accessories are provided.

Keywords: tractors, spare parts, engineering, registration, analysis, dynamics, forecasting, renovation, agriculture, provision strategy.

Використання зернозбиральних комбайнів в Полтавській області. Аналіз та прогнози

В. В. Падалка | О. А. Бурлака | А. О. Келемеш | І. І. Рожко

Полтавський державний
аграрний університет
м. Полтава,
Україна

Метою дослідження є пошук технічних, організаційних та економічних механізмів щодо удосконалення ефективності використання зернозбиральних комбайнів на прикладі ресурсного потенціалу сільськогосподарської збиральної техніки Полтавської області. Дослідження виконано на основі статистичної інформації: кількісних і якісних характеристик зернозбиральних комбайнів, що зареєстровані і використовуються аграрними виробниками Полтавщини різних форм власності відповідно до єдиного реєстру для ведення автоматизованого обліку комбайнів відділу реєстрації сільськогосподарської техніки головного управління Держпродспоживслужби в Полтавській області. Інформація подана станом на кінець 2023 рік. Основними досліджуваними показниками та характеристиками визначено: загальна кількість зернозбиральних комбайнів, зареєстрованих в Полтавській області, та їх середній вік з дати виробництва; абсолютні кількісні показники щодо терміну використання зернозбиральних комбайнів в розрізі фірм-виробників сільськогосподарської техніки станом на 2023 рік; відносні показники щодо терміну використання зернозбиральних комбайнів в розрізі фірм-виробників сільськогосподарської техніки станом на 2023 рік. За результатами статистичного аналізу, можливо зазначити, що у відсотковому відношенні більше десяти років використовуються машини наступних виробників: John Deere (66,23 %), Fortschritt (68,75 %), Claas (72,32 %), Case (81,42 %), комбайни виробництва України та пострадянських країн (88,60 %), Volvo (91,67 %), Massey Ferguson (94,12 %), Sampo (100 %), New Holland (28,1 %). Як бачимо, в зазначеній категорії «переважають комбайни старше 10 років» попали більш поширені в Полтавській області комбайни виробників John Deere, Claas, Case та комбайни виробництва України та пострадянських країн. Це становить основну частину комбайнового парку Полтавщини в умовах сьогодення. Тому постає актуальною народногосподарська проблема організації своєчасного та якісного проведення оцінки технічного стану зернозбиральних комбайнів як відносно нових, так і тих, що вже відпрацювали свій розрахунковий амортизаційний термін експлуатації. При цьому, можливо запропонувати звернути особливу увагу на показники якісного виконання ремонтних робіт з відновлення вузлів і агрегатів таких сільськогосподарських машин, забезпечення необхідними запасними частинами та комплектуючими.

Ключові слова: трактори, запчастини, засоби механізації, реєстрація, аналіз, динаміка, прогнозування, оновлення, сільське господарство, стратегія забезпечення.

Бібліографічний опис для цитування: Падалка В. В., Бурлака О. А., Келемеш А. О., Рожко І. І. Використання зернозбиральних комбайнів в Полтавській області. Аналіз та прогнози. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 164–169.

Introduction

Since Ukraine gained independence, the issue of providing modern grain-harvesting equipment to farmers in Poltava Oblast, considering their agrarian focus, has remained relevant. In this publication, we will not discuss the current state of domestic combine-harvester construction. Instead, we will analyze the extent to which agricultural producers in the Poltava region are equipped with harvesting machines. We will take into account the impact of our country's integration into the global economy, which has resulted in the presence of a significant number of both domestic and foreign agricultural techniques in agricultural enterprises.

The technical equipment level of Poltava Oblast's agricultural producers can be evaluated through statistical data from the single register for automated agricultural machinery records. According to the agricultural machinery registration department of the head office of the State Production and Consumer Service in Poltava Region [1], this analysis will cover the period from 2018 to 2023. This evaluation will help determine the availability of complex agricultural machinery such as grain harvesters.

After analyzing the report of Oleg Palii [2], the deputy director of the regional department of agro-industrial development, it was found that in 2023, the farmers of the region harvested approximately 1 700 000 tons of early grain crops, which is an increase of 317 000 tons compared to the previous year (2022). Despite the ongoing war in Ukraine and the challenges faced by the agricultural production such as the increase in fuel and lubricant prices, fertilizers, plant protection products, spare parts for agricultural machinery, as well as a decrease in the purchase price of agricultural products, the agricultural sector of the economy in both the Poltava region and Ukraine as a whole is not only adapting to the new conditions but also showing signs of confident stabilization and further development.

The purpose of the study

The study aims to find technical, organizational, and economic mechanisms for improving the efficiency of grain harvesters by the example of the resource potential of agricultural harvesting equipment in the Poltava region.

Materials and methods

The laws of Ukraine [3, 4] reflect the state's policy on providing agricultural production. The issue of equipping Ukraine's agricultural sector with modern, high-performance equipment has remained relevant since the country gained independence. Scientific studies [5] have analyzed the mechanical engineering sector of agricultural machinery. The article [6] discusses the investment model for renewing fixed means of production using Ukraine as an example. Another study [7] explores the socio-economic factors that affect the implementation of agricultural machinery. Paper [8] presents an analysis of the current state of material and technical resources provision of agricultural enterprises in the Kharkiv region. The article [9] deals with improving the energy sector of

the national economy, with a focus on the agricultural sector. Lastly, [10] introduces the components of modern investment models for renewing the primary means of production in the agro-industrial complex.

Studies [11, 12] examine technical service issues related to grain-harvesting equipment, particularly in preparation for the harvesting season. In [13], high-performance combine harvesters from leading global manufacturers are analyzed, focusing on increasing grain productivity up to 100 tons per hour during working time. However, the study also highlights the negative impact of over-compaction of the surface layer of the soil and offers an overview of alternative designs for combine harvesters. Meanwhile, [14–16] delve into crucial questions concerning the reliability and efficiency of grain harvesting machines, their impact on work quality, as well as their durability.

Publications [17–19] focus on the pressing issue of identifying and classifying malfunctions in grain harvesting equipment, as well as enhancing the mechanisms and processes involved in repairing combiner parts and assemblies.

Scientific papers [20–22] cover topics such as the elements of operational evaluation, standardizing the reliability level of newly manufactured Ukrainian grain harvesters, and exploring ways to increase the productivity of harvesting machines.

Publications [23, 24] delve into determining the trends and patterns of agricultural machinery failures, as well as finding ways to improve the technical service of combiners.

The study in [25] found that the design features of the harvester and the speed of movement significantly affect the quality of harvesting soybeans. Article [26] describes how the separation modes impact the quality of threshed grain. [27] provides methodological aspects and results of experimental studies on the operation of grain harvesters. The technical aspects of improving the transport systems of threshers of grain harvesters are discussed in the works [28, 29].

It is possible to observe that scientific research on modern grain-harvesting equipment has a multi-vector nature which can be directed towards several areas. These include the improvement and development of mechanisms for technical support of agricultural production, enhancing productivity, improving technical reliability, enhancing the quality of grain separation, and finding effective systems for the technical maintenance of combine harvesters.

The purpose of this publication is to explore technical, organizational, and economic methods for enhancing the effectiveness of grain harvesters, using the resource potential of agricultural harvesting equipment in the Poltava region as an example.

Results and discussion

Despite the challenges posed by climate change, Poltava farmers were able to collect a significant portion of their grain harvest on time, thanks to the overall productivity of their grain harvesters. This was achieved despite the intense precipitation and difficult weather conditions in 2023 during the threshing of early

grain crops. In this regard, we would like to investigate the number and types of combine harvesters available to farmers in Poltava Region.

The bar charts depicted in *Figure 1* are based on statistical data obtained from the unified register

for automated accounting of agricultural machinery in the Poltava region, as of 2023. The data includes the total number of grain harvesters and their average age.

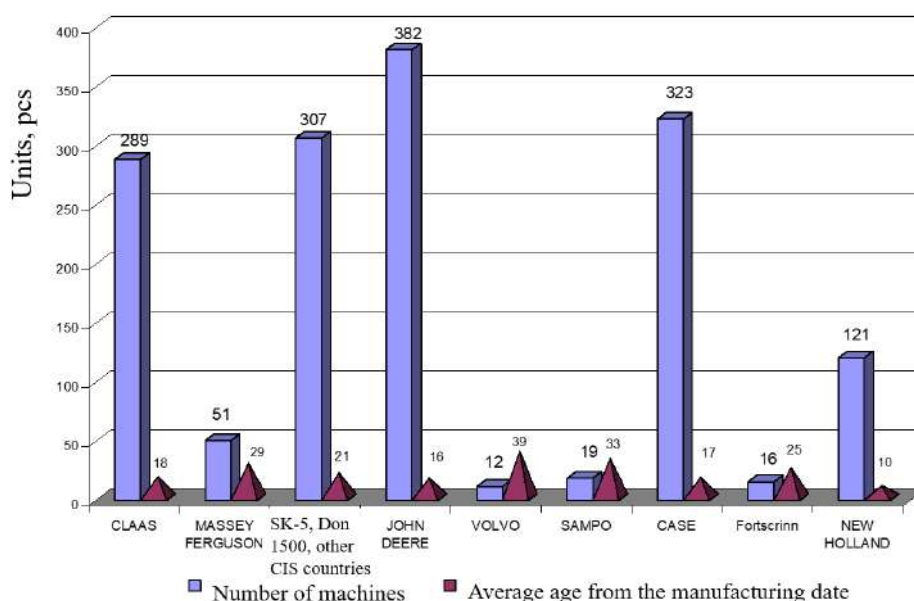


Figure 1. The total number of combine harvesters registered in the Poltava region and their average age from the date of manufacture

Based on data from a single register for automated records of the Agricultural Machinery Registration Department of the Main Department of the State Production and Consumer Service in Poltava region, the authors developed this source

According to the results of the statistical analysis, it is possible to determine that the largest number of grain harvesters owned by agricultural owners of the Poltava region are combiners of the John Deere brand (382 units) and Case (323 units), after that, we have 307 units of combine harvesters produced in Ukraine and post-Soviet countries (Slavutich, Lan, Don, Niva), Claas (289 units), and closes the dominant position in terms of combiners' manufacturers - the number of New Holland machines – 121 units respectively. Less common, relative to the Poltava region, are combine harvesters manufactured by Massey Ferguson (51 units), Sampo (19 units), Fortschritt (16 units), and Volvo (12 units).

At the same time, an interesting point is the average age of registered harvesting equipment. The oldest samples include Volvo harvesters (average age is 39 years), Sampo combines (38 years), Massey Ferguson (29 years), Fortschritt (25 years). While grain-harvesting machines made for small farms are not commonly available, they are still in use. However, as agricultural machinery ages, maintenance costs tend to increase while efficiency decreases. Thus, these machines are only used when there is no better alternative.

We believe that the fleet of combine harvesters produced in Ukraine and the CIS countries is a cause for concern as they are quite old, averaging 21 years. There are a significant number of these machines still in use by farmers (307 units), even if we hypothetically reduce the recommended annual workload to 100 hectares, there is still a lot of harvesting work

to be done. The Poltava region is facing increasing challenges in restoring units and assemblies of farming machines and acquiring spare parts. As a result, the majority of technical support for harvesting grain crops is dependent on agricultural machinery from foreign manufacturers such as Claas (with an average harvester age of 18 years), Case (with an average age of 17 years) and John Deere (with an average combine age of 16 years). According to our observations and cooperation with stakeholders, such machines have a fairly high level of technical service, in particular, those models that at one time were purchased new from representatives of the above-mentioned brands.

The analysis of absolute indicators regarding the age distribution of grain-harvesting equipment in the Poltava region is presented in *Fig. 2*. Based on the statistical analysis presented in the bar charts of Figure 2, it can be concluded that as of 2023, farmers in Poltava Oblast have a total of 68 new grain harvesters that have been used for up to three years. Among these harvesters, 40 are from John Deere, 9 are from New Holland, and 13 are from Claas. We also have a limited number of grain harvesting equipment from Massey Ferguson, Case, combiners manufactured in Ukraine and post-Soviet countries – respectively three units of such machines. Combine harvesters, which are also relevant by age category: from three to ten years old, are distributed in our research as follows: John Deere (89 units), New Holland (78 units), Claas (67 units), Case (57 units), harvesters manufactured

in Ukraine and post-Soviet countries (32 units). In the agrarian Poltava region, we have 391 combine harvesters that are relatively old, up to 10 years. There are also around 1.113 older machines that have been in use for more than 10 years. While the situation isn't entirely positive, there is some encouraging news:

a significant portion of both early and late grain crops are being harvested with these old combine harvesters. Practical experience shows that these machines are outdated, with insufficient productivity and quality for harvesting work, and suffer both physical and moral wear and tear.

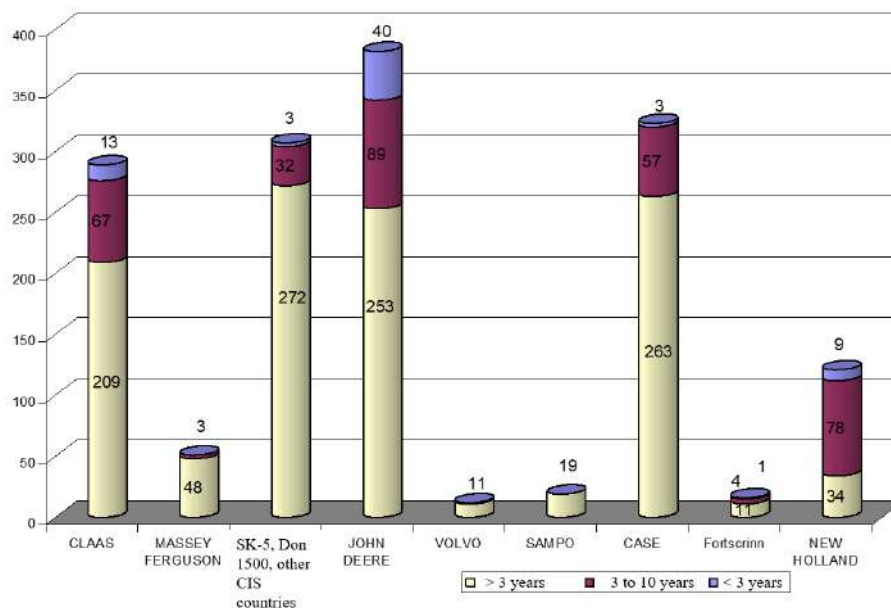


Figure 2. Agricultural machinery manufacturers' absolute quantitative indicators for grain harvester usage period as of 2023
Source: developed by the authors based on the data of a single register for keeping automated records of the agricultural machinery registration department of the Main Department of the State Production and Consumer Service in Poltava Region

Upon examining the data on the usage term of grain harvesters (as shown in **Figure 3**), we find that the situation is not entirely favorable. If we look at a small percentage of New Holland machines (only 28.10 % of New Holland grain harvesters

have been used for more than 10 years), we see that other well-known manufacturers have a significant percentage of grain-harvesting equipment that is older than 10 years. This ranges from 66.23 % for John Deere to 100 % for Sampo.

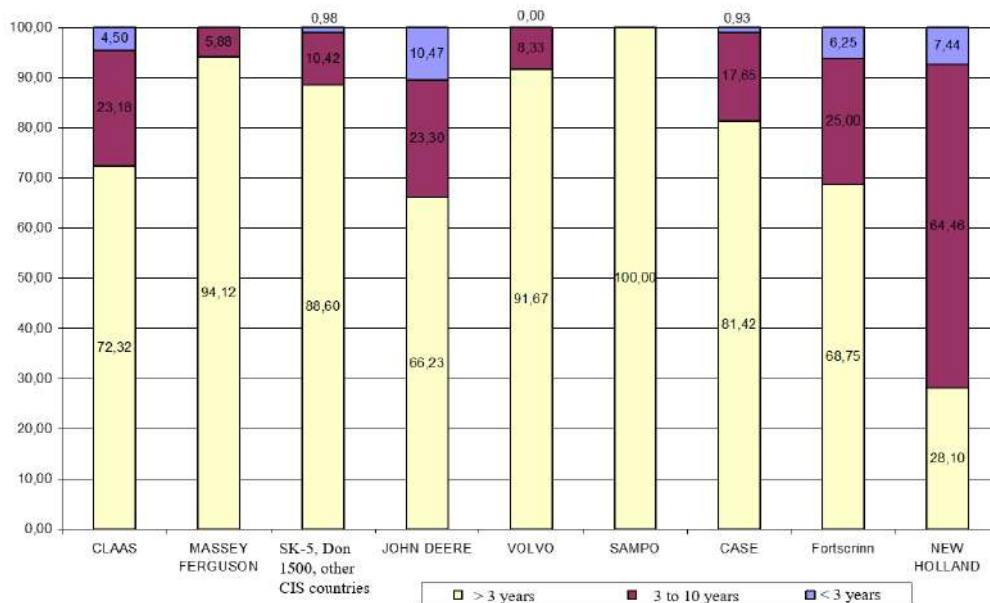


Figure 3. Relative indicators regarding the usage term of grain harvesters by agricultural machinery manufacturers as of 2023
Source: developed by the authors based on the data of a single register for keeping automated records of the agricultural machinery registration department of the Main Department of the State Production and Consumer Service in Poltava Region

In this case, the majority of the combine harvesters used are more than 10 years old. The most commonly used machines, listed in order of age, are John Deere (66.23 %), Fortschritt (68.75 %), Claas (72.32 %), Case (81.42 %), harvesters manufactured in Ukraine and post-Soviet countries (88.60 %), Volvo (91.67 %), Massey Ferguson (94.12 %), Sampo (100 %), and New Holland (28.1 %). As you can see, the most common combine harvesters in the Poltava region are John Deere, Claas, Case, and those manufactured in Ukraine and post-Soviet countries. These machines constitute the main part of the combine harvester fleet in the Poltava region in current conditions.

Undoubtedly, the best way to improve grain production in Poltava Oblast would be to upgrade the current fleet of grain-harvesting equipment. However, the current situation is such that farmers cannot afford to purchase new, high-performance combines, which can cost between 400 000 and 1 000 000 USD. It has been proven that even with such a park of agricultural grain harvesters, it is possible to carry out a significant amount of harvesting work. Therefore, it is important to focus on assessing the technical condition of both new and old grain harvesters. Additionally, there should be a focus on improving the quality of repair work to restore the units and aggregates of these agricultural machines. This is especially important in today's realities.

Conclusions

1. The agrarians of the Poltava region have managed to increase the gross harvest of early grain crops by 317.000 tons in comparison to the year of 2023. However, the harvesting process was not without its challenges, including unstable weather conditions, high fuel and lubricant prices, and relatively low grain purchase prices. Another difficulty was the limited number of grain harvesters available, and the significant physical and moral wear and tear of the majority of machines used by farmers in the region.

2. Based on the results of statistical analysis, it has been determined that the majority of grain harvesters owned by agricultural owners in the Poltava region are combiners of the John Deere brand (382 units) and Case (323 units). Following these, there are 307 units of combine harvesters manufactured in Ukraine and post-Soviet countries (Slavutich, Lan, Don, Niva), Claas (289 units), and finally, New Holland machines with 121 units, which has the least number of machines in the field of combine-harvester manufacturers.

3. Machines used for more than ten years (in order of increase in age): John Deere (66.23 %), Fortschritt (68.75 %), Claas (72.32 %), Case (81.42 %), combiners manufactured in Ukraine and post-Soviet countries (88.60 %), Volvo (91.67 %), Massey Ferguson (94.12 %), Sampo (100 %), New Holland (28.1 %). In the Poltava region, the most common combine harvesters for the category of "combiners older than 10 years" are John Deere, Claas, Case, as well as those manufactured in Ukraine and post-Soviet countries. These machines make up the majority of the combine harvester fleet in Poltava Region currently.

4. In today's world, it is crucial to focus on assessing the technical condition of grain harvesters, both new and old. It's also important to address the issue of poor quality repair work done to restore units and components of these agricultural machines.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Pro zatverdzhennia Polozhennia pro Yedynyi reiestr dlia vedennia avtomatyzovanoho obliku traktoriv, samokhidnykh shasi, samokhidnykh silskohospodarskykh, dorozhno-budivelnykh i melioratyvnykh mashyn, silskohospodarskoi tekhniky, inshykh mekhanizmiv. Nakaz № 29 vid 22.01.2013. (2013). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0243-13#Text> [in Ukrainian]
2. Parkhomenko, L. (2023). Na Poltavshchyni rannikh zernovykh zibraly bilsh, nizh torik: pidsumky zhnyv. *Suspilne Poltava*. Retrieved from: <https://suspilne.media/548623-na-poltavsini-ran-nih-zernovih-zibrali-bilse-niz-torik-pidsumki-zniv/> [in Ukrainian]
3. Pro stymuliuvannia rozvytku vitchyznianoho mashynobuduvannia dlia ahropromyslovoho kompleksu. Zakon Ukrainy 3023-III. Redaktsiia vid 16.10.2020. (2002). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3023-14#Text> [in Ukrainian]
4. Pro systemu inzhenerno-tekhnichnogo zabezpechennia ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy. Zakon Ukrainy 229-V. Redaktsiia vid 17.06.2024. (2006). *Verkhovna Rada Ukrainy*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/229-16#Text> [in Ukrainian]
5. Beshun, O., Achkevych, V., & Chuba, S. (2018). Analysis of the development sectors of agricultural machinery agricultural machinery. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University*, 18 (2), 237–246. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-18-2-237-246>
6. Kolesnik, Y., Dobrovolska, O., Malyuta, I., Petrova, A., & Shulyak, S. (2019). The investment model of fixed assets renovation in the agricultural industry: case of Ukraine. *Investment Management and Financial Innovations*, 16 (4), 229–239. [http://doi.org/10.21511/imfi.16\(4\).2019.20](http://doi.org/10.21511/imfi.16(4).2019.20)
7. Akram, N., Akram, M. W., & Hongshu, W. (2020). Study on the socioeconomic factors affecting adoption of agricultural machinery. *Journal of Economics and Sustainable Development*. <http://doi.org/10.7176/jesd/11-3-07>
8. Naumenko, V. O., & Naumenko, I. V. (2013). Assessment of the current state of provision of material and technical resources of agricultural enterprises of the Kharkiv region. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva Series: Economic Sciences*, 6, 139–145.
9. Gorb, O., Rebilas, R., Aranchiy, V., Yasnolob, I., Boiko, S., & Padalka, V. (2020). Strengthening competitiveness of the national economy by enhancing energy efficiency and diversifying energy supply sources in rural areas. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11 (5), 1114. [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5\(45\).09](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5(45).09)
10. Kolesnik, Y., Dobrovolska, O., Malyuta, I., Petrova, A., & Shulyak, S. (2019). The investment model of fixed assets renovation in the agricultural industry: case of Ukraine. *Investment Management and Financial Innovations*, 16 (4), 229–239. [https://doi.org/10.21511/imfi.16\(4\).2019.20](https://doi.org/10.21511/imfi.16(4).2019.20)
11. Boiko, A., & Dumenko, K. (2011). The influence of the efficiency of the field of technical maintenance on the establishment of functions of readiness and recovery of grain-harvesting machinery. *Agricultural Machinery and Technologies*, 1, 11–14.
12. Vasylychenko, V. (2013). Preparing the harvester for harvest. What should be done to minimize losses? *The Agronomist*, 2, 202–205.
13. 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. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 274–288. <https://doi.org/10.31210/visiony2021.03.34>

14. Demko, O. A., Demko, A. A., & Nadtochii, O. V. (2014). Regularities of influence of the grain harvesters' operation period on their technical condition. *Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 145, 161–167.
15. Dumenko, K. M. (2011). Integrated indicator of the grain harvesters' efficiency. *Bulletin of the Black Sea Agrarian Science*, 4 (61), 220–224.
16. Dumenko, K. M., & Bondarenko, O. V. (2011). Scientific principles for forming the grain harvesters subsystems' reliability. *Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University*, 29, 412–419.
17. Dumenko, K. M. (2012). Statistical analysis of the dynamics of the distribution of combine harvester subsystems' failures. *Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University*, 35, 113–118.
18. Dumenko, K. M., Komisarova, L. O., & Shevchenko, K. S. (2014). Restoring the working condition of domestic grain harvesters. *Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 145, 21–27.
19. Dumenko, K. M., Boiko, A. I., & Bondarenko, O. V. (2012). Restoration functions of grain harvesters' subsystems at different levels of the maintenance base's potential. *Proceedings of the Tavri State Agro-Technological University*, 12 (3), 42–52.
20. Kravchuk, V., Zanko, M., & Lysak, O. (2016). Operational evaluation of the MF-7370PL "BETA" harvester of the MASSEY FERGUSON company for harvesting. *Agricultural Machinery and Technologies*, 4, 10–17.
21. Kukhtov, V. H., Znaiduk, V. H., & Pohorilyi, V. V. (2014). On the issue of standardizing the reliability level of new grain harvesters of domestic production. *Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 151, 5–12.
22. Lytvyniuk, L. (2015). Combine harvester's productivity increasing features and soil fertility improving. *Agricultural Machinery and Technologies*, 10, 25–27.
23. Sydorochuk, L. L. (2013). System analysis of subprograms of use and technical service of grain harvesters. *Mechanization and Electrification of Agriculture*, 97 (2), 404–412.
24. Smashniuk, O. V. (2010). Failure patterns of grain harvesters in operating conditions. *Mechanization and Electrification of Agriculture*, 94, 431–437.
25. Menezes, P. C. de, Silva, R. P. da, Carneiro, F. M., Giro, L. A. da S., Oliveira, M. F. de, & Voltarelli, M. A. (2018). Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22 (10), 732–738. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p732-738>
26. Sheychenko, V., Kuzmych, A., Shevchuk, M., Shevchuk, V., & Belovod, O. (2019). Research of quality indicators of wheat seeds separated by pre-threshing device. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 57 (1), 157–164.
27. Špokas, L., Adamčuk, V., Bulgakov, V., & Nozdrovický, L. (2016). The experimental research of combine harvesters. *Research in Agricultural Engineering*, 62 (3), 106–112. <https://doi.org/10.17221/16/2015-rae>
28. Burlaka, O. A., & Iakhin, S. V. (2017). Theoretical aspects of the process of centrifugal grain unloading in the elevator of combine harvesters. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1-2, 133–137. <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.1-2.27>
29. Burlaka, O. A., & Iakhin, S. V. (2018). The increase of working efficiency of scraper elevators with centrifugal unloading. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 195–200. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.31>

ORCID

- V. Padalka  <https://orcid.org/0000-0002-4135-3318>
O. Burlaka  <https://orcid.org/0000-0002-2296-7234>
A. Kelemesh  <https://orcid.org/0000-0001-9429-8570>
I. Rozhko  <https://orcid.org/0000-0002-0646-4004>



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

Журнал

«Scientific Progress & Innovations»

Том 27, № 2

2024

Підписано до друку з оригінал-макета 26.06.2024

Тираж 200 прим. Зам. № 2

Ум. друк. арк. 21,3. 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: Бережна Г. 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.