

2023

SCIENTIFIC

Progress & Innovations



Vol. 26
Nº1



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 № 2 від 19 вересня 2023 року)

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.Вєрнадського, 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:

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

UDC 001

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

Founder, Editorial Staff and Publisher:

Poltava State Agrarian University
Certificate of entering the publishing 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 of printed mass media:
Series KV No. 25459-15399 PR of March 09, 2023

Year of foundation: 1998

Language of the edition:

Ukrainian, English

Is recommended for printing and distribution via the Internet by the Academic Council of Poltava State Agrarian University
(Minutes No 2 of September 19, 2023)

The scientific journal is included in category Б 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 No 886 of July 02, 2020)

101 – Ecology; 162 – Biotechnologies and Bioengineering;
201 – Agronomy; 202 – Plant Protection and Quarantine;
204 – Technology of Manufacturing and Processing Livestock Farming Products; 211 – Veterinary Medicine;
212 – Veterinary Hygiene, Sanitation and Expert Examination;
208 – Agricultural Engineering

The journal is presented in international scientific metric databases, repositories and search 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 of the National Academy of Agrarian Sciences, Scientific & Scholarly Research Database (Scilit), Dimensions, Open Ukrainian Citation Index (OUCI), Google Scholar, Fatcat, Wikidata, Crossref, Electronic repository of Poltava State Agrarian University

Editorial office address:

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

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-ШЬБРУДКА, 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. МЕЛНІЧУК, 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. MARENICH, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

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

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

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

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

M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)

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

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

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

Editorial Board in the field of VETERINARY MEDICINE:

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

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

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

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

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

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

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

O. V. 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. PRIYMA, 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

Сільське господарство. Рослинництво

| | |
|--|----|
| Бакалова А. В., Титаренко В. Є., Грицюк Н. В., Іващенко І. В. Прогнозування <i>Cecidoflopsis ribis</i> від впровадження модернізованої системи обприскування | 5 |
| Нечипоренко Н. І., Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Балим Б. В., Бузина О. С. Аналіз мікофлори насіння гібридів та сортів соняшника | 11 |
| Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Урожайність та енергопродуктивність енергетичних культур за сумісного вирощування у фітоценозі | 18 |
| Бараболя О. В., Доронін С. М. Вплив погодних умов і систем удобрення на урожайність пшениці озимої | 24 |
| Безноско І. В., Мудрак В. О., Туровнік Ю. А., Горган Т. М., Гаврилюк Л. В., Мосійчук І. І. Вплив метаболітів рослин вівса на ріст і розвиток патогеного мікроміцету <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc. in Sorokin) Shoemaker | 31 |
| Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Кулик М. І. Бавовникова совка (<i>Helicoverpa armigera</i> Hbn.): особливості розвитку, поширення та шкідливість | 37 |

Екологія

| | |
|---|----|
| Дережа В. В. Стан і проблеми родючості чорноземів звичайних в Полтавській області | 43 |
|---|----|

Сільське господарство. Тваринництво

| | |
|--|----|
| Халак В. І., Гутий Б. В., Ільченко М. О. Індекс Сазера-Фредіна – ефективний метод оцінки молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якістьми | 49 |
| Захаренко М. О., Хоценко А. В., Ващенко П. А., Шостя А. М., Слинько В. Г., Кузьменко Л. М., Шаферівський Б. С. Вплив підвищеної температури у корівнику на поведінку дійних корів. | 55 |
| Войтенко С. Л., Петренко, М. О., Шаферівський Б. С. Вплив методів підбору батьківських пар на мінливість селекційних ознак худоби айрширської породи | 59 |

Ветеринарна медицина

| | |
|--|----|
| Маценко О. В., Собакар Ю. В., Фурда І. В., Щепетільников Ю. О., Ільїна О. В. Біохімічні показники сироватки крові у собак за гіперадренкортицизму | 67 |
| Котелевич В. А., Гуральська С. В., Гончаренко В. В. Актуальні проблеми якості та безпечності харчових продуктів в контексті забезпечення продовольчої безпеки в Україні | 72 |
| Дехнич І. С. Характер абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин та роль показників сонографічного дослідження на різних етапах хірургічного втручання | 81 |
| Чечет О. М., Коваленко В. Л., Горбатюк О. І., Гейдей О. С., Курята Н. В., Мусієць І. В., Ординська Д. О., Шалімова Л. О., Бучковська Г. А. Виявлення <i>in vitro</i> рівнів антагоністичної активності ізолятів <i>Enterococcus faecium</i> та відбір перспективних пробіотичних штамів | 90 |

Технічні науки

| | |
|--|----|
| Арендаренко В. М., Самойленко Т. В., Іванов О. М., Рижкова Т. Ю. Результати експериментальних досліджень по розподіленню падаючого зерна з тороподібної тарілки на пласку поверхню | 96 |
|--|----|

CONTENTS

Agriculture. Plant growing

| | |
|--|----|
| Bakalova A., Tytarenko V., Hrytsiuk N., Ivaschenko I. Prediction of <i>Cecidoflopsis ribis</i> from implementation of modernized spraying system | 5 |
| Nechiporenko N., Pospielova G., Kovalenko N., Balym B., Buzyna O. Analysis of mycoflora of seeds of hybrids and varieties of sunflower | 11 |
| D'omin D., Kulyk M. Yield and energy productivity of energy crops grown together in phytocenosis | 18 |
| Barabolia O., Doronin S. Influence of weather conditions and fertilizer systems on the winter wheat yield | 24 |
| Beznosko I., Mudrak V., Turovnik J., Gorgan T., Havrylyuk L., Mosiychuk I. The influence of metabolites of oat plants on the growth and development of the of pathogenic <i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc. in Sorokin) Shoemaker | 31 |
| Biliavska L., Biliavskiy Yu., Kulyk M. Cotton bollworm (<i>Helicoverpa armigera</i> Hbn.): features of development, distribution and harmfulness | 37 |

Ecology

| | |
|---|----|
| Dereza V. The state and problems of common black soils' fertility in Poltava region | 43 |
|---|----|

Agriculture. Animal breeding

| | |
|---|----|
| Khalak V., Gutyj B., Il'chenko M. Sazer-Fredin index – an effective method of assessing young pigs for feeding and meat qualities | 49 |
| Zakharenko M., Khotsenko A., Vashchenko P., Shostya A., Slynko V., Kuzmenko L., Shaferivskiy B. S. Influence of raised temperature in the barn on the behavior of milking cows | 55 |
| Voitenko S., Petrenko M., Shaferivskiy B. Influence of the methods of selecting parent pairs on the variability of breeding characters of the Ayrshire cattle | 59 |

Veterinary medicine

| | |
|---|----|
| Matsenko O., Sobakar, Yu., Furda I., Shchepetilnikov Yu., Ilyina O. Biochemical indexes of blood serum of dog's with hyperadrenocorticism | 67 |
| Kotelevych V., Hural'ska S., Honcharenko V. Current food quality and safety problems in the context of ensuring food safety in Ukraine | 72 |
| Dekhnich I. Character of abdominal surgery for polycystic kidney in animals and the role of indicators of sonographic examination at different stages of surgical intervention | 81 |
| Chechet O., Kovalenko V., Gorbatyuk O., Gaidei O., Kuryata N., Musiets I., Ordyn'ska D., Shalimova L., Buchkov'ska G. <i>In vitro</i> detection of antagonistic activity levels of <i>Enterococcus</i> <i>faecium</i> isolates and selection prospective probiotic strains | 90 |

Technical sciences

| | |
|--|----|
| Arendarenko V., Samoilenko T., Ivanov O., Ryzhkova T. Results of experimental research on the distribution of a falling grain from a toro-shaped plate on a flat surface | 96 |
|--|----|

Prediction of *Cecidoflopsis ribis* from implementation of modernized spraying system

A. Bakalova¹ | V. Tytarenko² | N. Hrytsiuk¹ | I. Ivaschenko¹

Article info

Correspondence Author

A. Bakalova

E-mail:

bakalova1970@ukr.net

¹ Polissya National University,
Staryi Bulvar, 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine

² Zhytomyr Polytechnic state
university, 103 Chudnivska
str, Zhytomyr, 10005,
Ukraine

Citation: Bakalova, A., Tytarenko, V., Hrytsiuk, N., & Ivaschenko, I. (2023). Prediction of *Cecidoflopsis ribis* from implementation of modernized spraying system. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 5–10. doi: 10.31210/spi2023.26.01.01

The article presents the results of a scientific work, where for the first time a long-term forecast of a "phytophagous plant" was carried out, which is a rather important measure in the protection of black currant. During the experiment, attention was paid to weather conditions, since this important factor was involved in the construction of a logistic forecasting model. An important task of our scientific work was to find a period of biological development of a migrating phytophagous larva, where the use of complex preparations would be economically beneficial. A bud damaged by a currant bud mite differs from a normal bud in that it resembles a cracked cabbage head. This happens due to the nutrition of the phytophagous with cell juice. The tick's salivary enzyme enhances the growth and development of cells, so the bud changes due to this phenomenon. The buds are damaged by the currant bud mite, do not bloom, gradually dry up, rot and fall off. According to our prediction, the model of the exit of the migrating larva was clearly calculated according to the regression equation, which coincides with the end of the fourth and the transition to the fifth phenophase of blackcurrant development, that is, before no less important in the protection system is the spraying process, if it is carried out with an ordinary mounted sprayer, then in fact the upper part of the leaf surface is treated, the larva of the currant bud mite is in the middle and lower tiers of the bush, which is practically unaffected by the drug. Therefore, we developed the modernization of the OP – 2000 boom sprayer, and created (SRS) a specialized rolling stock that ensures the flexibility of the system and maneuverability and primarily serves the optimality of zones, taking into account the lower, middle and upper tiers of the blackcurrant bush. It is important to note the arc brackets with the original design of the nozzles, which determine the geometry of the optimal dispersion spraying zones. Such brackets have an arc-shaped design and are installed on two sides of the sprayer. When the specialized unit moves, the upper nozzle provides optimal spraying of the upper zone, the middle nozzle - the middle part, and the lower nozzle - the lower tier of the blackcurrant bush, where the main population of the phytophagous is located. Thanks to the side nozzles, the sprayer creates a fog-like fine-dispersed environment, which directly ensures the treatment of the row spacing in one pass of the unit and reduces the use of chemicals four times.

Keywords: modernized sprayer, black currant, specialized rolling stock, forecasting, settlement, currant bud mite, phytophagous.

Прогнозування *Cecidoflopsis ribis* від впровадження модернізованої системи обприскування

A. В. Бакалова¹ | В. С. Титаренко² | Н. В. Грицюк¹ | І. В. Іващенко¹

¹ Поліський національний
університет, м. Житомир,
Україна

² Державний університет
«Житомирська політех-
ніка», м. Житомир,
Україна

В статті приведені результати наукової роботи, де вперше проведений довгостроковий прогноз «рослина-фітофага», що є досить важливим заходом при захисті смородини чорної. В ході експерименту акцентувалась увага на погодні умови, оскільки цей важливий фактор був задіяний при побудові логістичної моделі прогнозування. Важливою задачею нашої наукової роботи, було знайти такий період біологічного розвитку мігруючої личинки фітофага, де застосування комплексних препаратів було б економічно вигідним. Пошкоджена брунька смородиновим бруньковим кліщем відрізняється від звичайної бруньки тим, що вона нагадує розтріснуту голівку капустини. Це відбувається за рахунок живлення фітофага клітинним соком. Слинний фермент кліща підсилює ріст і розвиток клітин, тому брунька від такого явища видозмінюється. Бруньки пошкоджені смородиновим бруньковим кліщем, не розпускаються, поступово засихають загніваються та опадають. За нашим прогнозуванням чітко розрахована модель виходу мігруючої личинки за регресійним рівнянням, що співпадає з кінцем четвертої та переходом до п'ятої фенофази розвитку смородини чорної, тобто перед цвітінням. Не менш важливим в системі захисту є процес обприскування, якщо проводити звичайним навісним обприскувачем то фактично верхня частина листової поверхні є обробленою, личинка смородинового брунькового кліща знаходиться в середніх та нижніх ярусах куща, препарат на яку практично не впливає. Тому нами було розроблена модернізація штангового обприскувача ОП – 2000, та створено (СРС) спеціалізований рухомий склад, що забезпечує гнучкість системи та маневреність і насамперед обслуговує оптимальність зон з урахуванням нижнього середнього та верхнього ярусів куща смородини чорної. Слід відмітити важливе, про дугові кронштейни з оригінальною конструкцією форсунок, які визначають геометрію оптимальних зон дисперсійного обприскування. Такі кронштейни мають дугоподібну конструкцію та встановлені з двох боків обприскувача. Коли рухається спеціалізований агрегат, верхня форсунка забезпечує оптимальне обприскування верхньої зони, середня форсунка – середню частину, а нижня форсунка – нижній ярус куща смородини чорної, де і знаходиться основна заселеність фітофага. Завдяки боковим форсункам обприскувач створює туманоподібне дрібнодисперсне середовище, що безпосередньо забезпечує обробку міжряддя за один прохід агрегату та зменшує застосування хімічних препаратів у чотирьох разів.

Ключові слова: модернізований обприскувач, смородина чорна, спеціалізований рухомий склад, прогнозування, заселеність, смородиновий бруньковий кліщ, фітофаг.

Бібліографічний опис для цитування: Бакалова А. В., Титаренко В. С., Грицюк Н. В., Іващенко І. В. Прогнозування *Cecidoflopsis ribis* від впровадження модернізованої системи обприскування. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 5–10.

Вступ

Традиційною і важливою галуззю нині в Україні є ягідництво. Ягоди споживають як у свіжому вигляді для дитячого харчування (садочки, школи, дачні та аматорські господарювання), використовують як сировину для переробних підприємств, фармацевтичних, парфумерних закладах і насамперед із ягідної продукції виступає смородина чорна, яка окрім того виступає як лікувальна ягода, оскільки містить багато вітамінів, мікроелементів, дубильних властивостей, антиоксидантів, фокусує протизапальними діями, противірусними, проти інфарктними елементами, регулює вітамін С в організмі людини і виводить не тільки важкі метали але й радіонукліди [1–3].

Смородина чорна має не тільки «золоті» властивості але може давати потужні урожаї ягід, які в сучасних сортів сягають до 10–12 т/га, та на жаль ці результати отримати не дозволяють через низку шкідливих організмів і насамперед це шкідники [4].

В смородинових агроценозах нині зареєстровано близько 220 видів комах і кліщів, в тому числі найбільш небезпечними з них 20 видів [5].

До найпоширеніших на смородині чорній віднесені: смородинова склівка (*Synanthedon tipuliformis* Cl.), смородинова вузькотіла златка (*Agrilus viridis* L.), попелиці – велика смородинова (*Hyperomyzus lactucae* Kalt.), червоносмородинова галова (*Cryptomyzus ribis* L.), агрусова пагонова (*Aphis grossulariae* Kalt.), кліщі – звичайний павутинний (*Tetranychus urticae* Koch), смородиновий бруньковий (*Cecidophyopsis ribis* Westw.), листокрутка кривовуса смородинова (*Pandemis ribeana* Hb.), листокрутка розанова (*Archips rosana* L.), листокрутка кривовуса вербова (*Pandemis heparana* Den. u. Shiff.), каліфорнійська щитівка (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.), акацієва несправжньощитівка (*Parthenolecanium corni* Bouche.), комоподібна щитівка (*Lepidosaphes ulmi* L.), вербова щитівка (*Chionaspis salicis* L.), агрусова вогнівка (*Zophodia convolutella* Zell.), люцерновий довгоносик (*Otiorrhynchus ligustici* L.), смородинова брунькова міль (*Incurvaria capitella* Cl.), чорносмородиновий жовтий пильщик (*Nematus ribesii* Scop.), чорнувата садова – гірчачова совка (*Melauchra persicorae* L.) агрусовий блідоногий пильщик (*Pristiphora pallipes* Lepel.) [6–10].

Серед такої великої когорти шкідників, досить поширений та відомий понад сто років, що спричиняє велику шкоду насадженням смородини чорної – смородиновий бруньковий кліщ (*C. ribis* Westw.) [11].

Смородиновий кліщ вперше був відмічений в 40-х роках, а в 70-х роках смородинового брунькового кліща виявили в Голандії, незабаром у Німеччині, згодом в Скандінавії, Франції, Італії, в Канаді виявили у 1915 році [12].

Значної шкоди цей фітофаг почав завдавати Україні у 50-х роках [13].

Доросла самка кліща завдовжки 0,2–0,3 мм, та 0,04–0,5 мм завширшки, молочно-білого кольору, червоподібний, що властиво родині галових кліщів, має дві пари ніг та у більш вузькій головній частині розміщено колюче-сисний ротовий орган з голкоподібними щетинками [14, 15].

Самці менших розмірів та зустрічаються рідше. Досліджено, що самиці здатні розмножуватись партеногенетично і зимують в середині бруньок [15, 16].

Для проведення ефективного захисту смородини чорної від смородинового брунькового кліща необхідно надавати фіто санітарному моніторингу смородинових фітоценозів та розробці прогнозів [17–20].

Мета дослідження

Мета роботи полягала у впровадженні технології обробки смородини чорної комплексним препаратом для боротьби з бруньковим смородиновим кліщем на основі застосуванням модернізованого обприскувача.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

модернізація стандартного обприскувача ОП-2000 для обробки малодосяжних зон габітуса куща;

дослідження ефективності застосування технології обробки смородини чорної інсектоакарицидами;

розробка моделей довгосторокового прогнозування фенологічного розвитку смородини та біології розвитку смородинового брунькового кліща.

Матеріали і методи

Полеві дослідження проводили в 2011–2022 рр. в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету.

Ефективність пестицидів вивчали за способу обприскування рослин смородини чорної проти смородинового брунькового кліща за такою схемою: 1) контроль (обробка водою);

2) Бі – 58 новий еталон (1,2 л / га);

3) Препарат 30 В (12,5 кг / га) + Конфідор, 20 % к.е. (0,3 л / га)+Мітак (0,8 л / га).

Окомірним методом обліковували брунькового смородинового кліща, за кількістю пошкоджених бруньок на кущ. Щоби визначити відсоток заселених бруньок, на п'яти гілках кожного куща підраховували їх загальну кількість, та кількість пошкоджених тобто заселених фітофагом бруньок, які визначали за формулою 1:

$$P = \frac{100 \times n}{N}, \quad (1)$$

де P – заселеність рослин;

n – кількість заселених рослин, шт.;

N – загальна кількість рослин в обліку, шт.

Личинок смородинового брунькового кліща обліковували на етапі цвітіння.

Ступінь заселеності рослин визначали за 9-ти бальною шкалою, наведеною в таблиці 1.

Таблиця 1

Шкала визначення ступені заселеності смородиновим бруньковим кліщем

| Бал заселення | Ступінь заселеності | Заселено новоутворених бруньок, % |
|---------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 | Дуже слабкий | < 5 |
| 2 – 3 | Слабкий | 5 – 10 |
| 4 – 5 | Середній | 11 – 20 |
| 6 – 7 | Сильний | 21 – 50 |
| 8 – 9 | Дуже сильний | > 50 |

Результати та їх обговорення

За 2011 – 2022 роки проведені польові дослідження, визначено етапи фенофаз розвитку сморо-

дини чорної (рис. 1). Встановлено, що основними предикторами прогнозу є: середньодобова температура повітря (максимальна, мінімальна), та тривалість світлового дня.

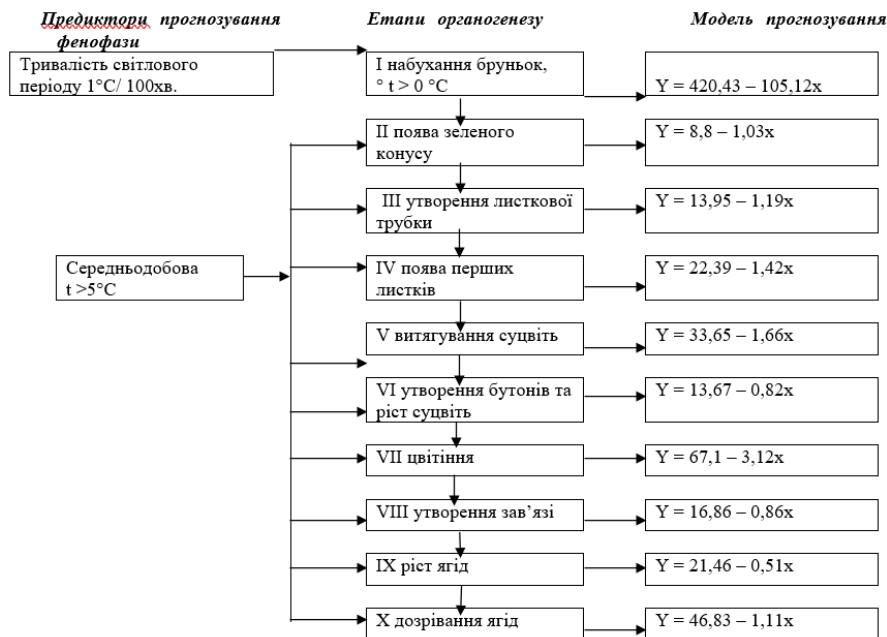


Рис. 1. Алгоритми фенологічного прогнозування тривалості розвитку смородини чорної

Примітки: Y- тривалість періоду, днів; x – середньодобова температура повітря, $^\circ\text{C}$

Модель фенологічного прогнозу смородини чорної побудована за вихідною межею переходу температури через біологічний «нуль», від стану зимового спокою до початку вегетації. За проведенням довгостроковим прогнозом, фенофаза (набухання бруньок), розпочинається в середньому через 48 дні, від переходу температури через «біологічний нуль» за середньодобової температури за ці дні $3,8^\circ\text{C}$, та розраховується за рівнянням регресії (1):

$$Y = 420,43 - 105,12x, \quad (1)$$

де: Y – початок набухання бруньок смородини чорної, днів;

x – середньодобова температура повітря, що перевищує $>5^\circ\text{C}$.

Прогнозування наступних 9 фенофаз проводили від періоду набухання бруньок, за середньодобової температури вище $+5^\circ\text{C}$, які виражені рівняннями регресійної залежності, наведеними на розробленій моделі рис. 1.

Фенологічний прогноз біологічного розвитку смородинового брунькового кліща був проведений у відповідності з алгоритмами фенологічного прогнозування смородини чорної, який приведений на рис. 2.

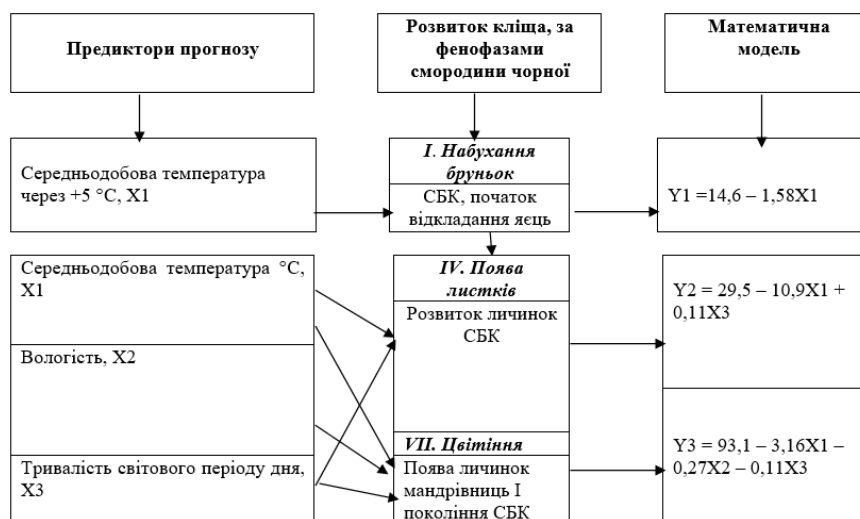


Рис. 2. Алгоритм побудови фенологічного прогнозу розвитку смородинового брунькового кліща на смородині чорній

Примітка: СБК – смородиновий бруньковий кліщ

Багаторічні дослідження біологічного розвитку кліща на смородині чорній дали можливість розрахувати кореляційну залежність, виражену низкою

однофакторних лінійних рівнянь регресії, за етапами органогенезу, які занесені до таблиці 2.

Таблиця 2

Прогнозування розвитку смородинового брунькового кліща на 2022 рік

| Розвиток кліща | Рівняння регресії | Дати | | Відхилення |
|-------------------------|--|--------------|----------|------------|
| | | прогнозовані | фактичні | |
| Період відкладання яєць | $Y = 14,6 - 1,58X1$ $R^2 = 0,82$ | 23.03 | 22.03 | 1 |
| Розвиток личинки | $Y = 29,5 - 10,9X1 + 0,11X3$ $R^2 = 0,92$ | 28.03 | 25.03 | 3 |
| Міграція личинки | $Y = 93,1 - 3,16X1 - 0,27X2 - 0,11X3$ $R^2 = 1$ | 26.04 | 22.04 | -4 |

Дані таблиці 2 свідчать про те, що довгостроковий прогноз основних етапів розвитку смородинового брунькового кліща в умовах проведених досліджень є достовірним з точністю від 1 до 4 днів.

Із вищевикладених результатів проведеного прогнозу, визначена тенденція стану багаторічної динаміки фенологічного розвитку смородинового брунькового кліща на смородині чорній, безпосередньо пов'язана з основними фенофазами рослин, що дає змогу вчасно вжити заходів з обмеження його чисельності. А тому, для системи захисту насаджень смородини чорної була проведена модернізація штангового обприскувача ОП – 2000, та створено спеціалізований рухомий склад, що забезпечує маневреність і гнучкість системи. Розроблена модель прогнозу біологічного розвитку смородинового брунькового кліща, яка безпосередньо накладена на етапи розвитку сморо-

дини відповідає взаємодії «рослина-фітофаг» це головним чином дає можливість визначити період шкідливості мігруючої личинки фітофага. За допомогою розробленої моделі спеціального рухомого складу модернізованого обприскувача, яка забезпечує обприскування кущів в насадженнях смородини верхнього, середнього та нижнього ярусу. Конструкція рухомого спеціалізованого складу дає можливість рівномірно нанести препарат по всіх ярусах куща туманоподібним ефектом. На (рис. 3) показано спеціальні конструктивні елементи, які геометрично визначають три яруси куща за допомогою яких наноситься робоча рідина препарату з нижньої сторони листка, тобто дугоподібні кронштейни встановлені по обидва боки обприскувача, що дає можливість одночасно обробити два суміжні ряди насаджень смородини чорної, або одного міжряддя.

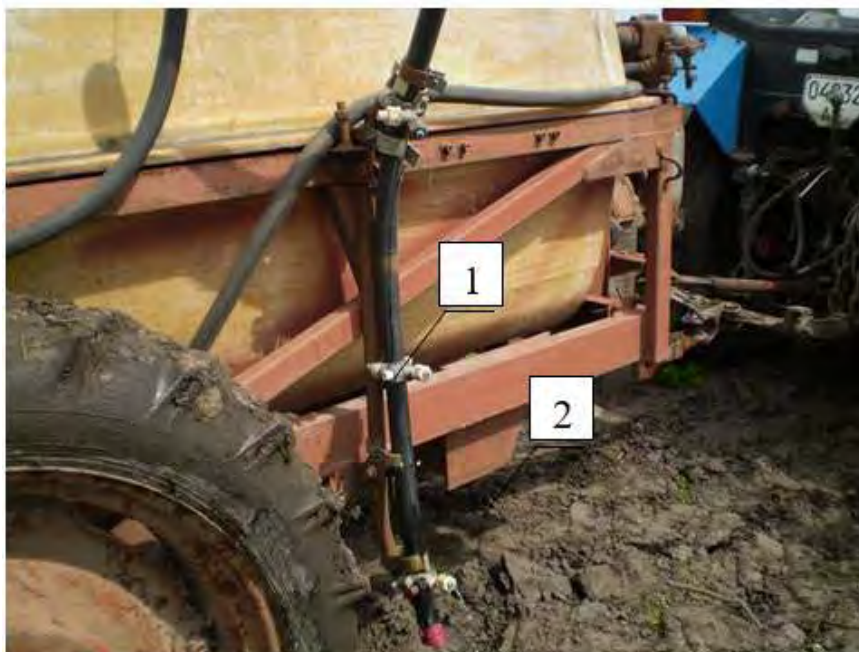


Рис. 3. Конструкція модернізованого обприскувача

Примітки: 1 – дуговий кронштейн зі спеціальними форсунками, 2 – шасі напівпричепа ОП – 2000

На [рисунок 4](#) продемонстровано три форсунки, які забезпечують оптимальне обприскування дисперсійного пилу інсектициду за різними ярусами (нижнього, середнього, верхнього), де знаходиться основна

заселеність на даному етапі органогенезу мігруючих личинок смородинового брунькового кліща, що чітко зображені на [рисунок 5](#).

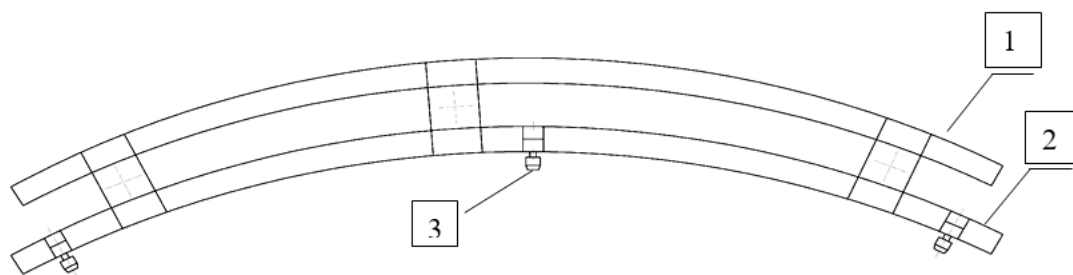


Рис. 4. Дугоподібний кронштейн
Примітки: 1 – кронштейн, 2 – трубопровід, 3 – спеціальна форсунка

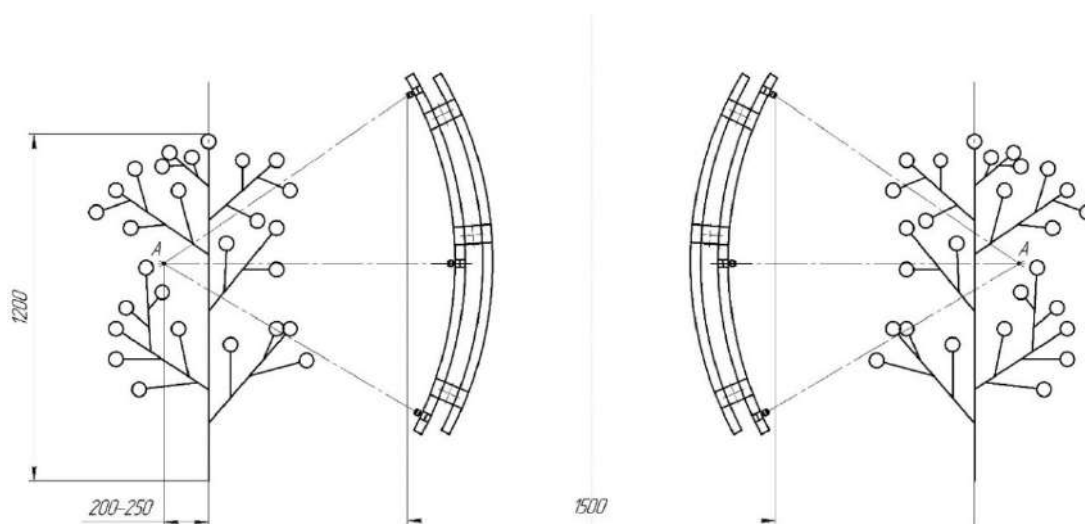


Рис. 5. Модель обробки кущів смородини чорної по ярусах

Враховуючи довгостроковий прогноз біологічного розвитку смородинового брунькового кліща та за допомогою модернізованого обприскувача, нами

проводилося комплексне обприскування інсектоакарицидами перед фено фазою цвітіння смородини чорної, результати ефективності наведені в таблиці 3.

Таблиця 2

Ефективність застосування інсектоакарицидів для захисту смородини чорної від брунькового кліща

| № з/п | Варіант дослідження | Норма препарату, кг, л/га | Щільність до обробки, бруньок /кущ | Ефективність (в %) за днями обліку після обробки | | | |
|-------|---|---------------------------|------------------------------------|--|------|------|------|
| | | | | 3 | 7 | 14 | 21 |
| 1 | Контроль | – | 47,3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Бі –58 Новий, 40 % к.е – еталон (диметоат) | 1,2 | 46,8 | 16,7 | 39,5 | 62,3 | 72,6 |
| 3 | Препарат 30 В, 76 % к.е. (масло індустріальне) + Конфідор, 20 % к.е (імдаклоприд) + Мітак, 20% к.е. (амітраз) | 25,0+ | 45,9 | 35,5 | 64,2 | 85,1 | 95,9 |
| | | 0,3+ | | | | | |
| | | 0,8 | | | | | |

Дані таблиці 3 свідчать про те, що проведення обприскування насаджень смородини чорної інсектоакарицидами проти смородинового брунькового кліща за допомогою модернізованого оприскувача та прогнозування, комплексна обробка проти сисного фітофага, вже на 3-й день після обробки суттєво зменшила чисельність шкідника від 16,7 – 35,5 %. На 7-й – 14-й та 21 день після обробки, показники технічної ефективності становили 72,6 та 95,9 % відповідно.

Застосування комплексної обробки інсектоакарицидів модернізованим обприскувачом забезпечує зниження чисельності смородинового брунькового кліща на 96% та тим самим підвищує продуктивність смородини чорної.

Нині сільське господарство України переживає важкий етап свого розвитку та всієї економіки країни.

А тому, час приймати такі екстремальні рішення, які безперечно б захищали інтереси господарювання різних форм власності, в цілому сприяли б підвищенню ефективності земельних ресурсів та землеробства. За рахунок таких рішень підвищити родючість ґрунту, збільшити урожайність сільськогосподарських культур та вирішити проблему екологічної чистоти навколишнього середовища. Впровадження у виробництво передової практики, техніки, досягнень наукових розробок для ефективного використання створеного в країні виробничого потенціалу. Та це питання здебільшого належить до виробництва ягідної продукції, де помітна увага приділяється нині смородині чорній, її валовому виробництву ягід. Сучасні сорти смородини чорної можуть давати до 10 т/га ягід, але шкідливі організми зменшують урожайність 3–4 рази,

насамперед це шкідники.

Найбільш поширений та шкідливий в смородиновому агроценозі це смородиновий бруньковий кліщ, який віднесений до світового масштабу. Надважливим у захисті смородини проти цього фітофага є те, що довготривалий період він знаходиться в бруньці, та застосування високотоксичних препаратів на смородині застосовувати не рекомендовано, оскільки ягода вживається в свіжому виді. Тому, проводити заходи захисту можливо та ефективно лише в той період коли прогресує мігруюча личинка. Щоби цей період визначити проведено довгострокове прогнозування смородинового брунькового кліща, що дало змогу визначити мігрантку та її шлюбний період, оскільки статеві запліднена самка потрапляє та заселяє новоутворену бруньку. За роки досліджень, не тільки визначено її міграцію, але розроблено модель спеціалізованого рухомого обприскувача, за допомогою якого наноситься препарат по трьох ярусах куша смородини чорної (нижній, середній, верхній).

Таким чином, проведення довгострокового прогнозу по вивченню біологічних особливостей розвитку смородинового брунькового кліща, що підтверджено достовірність регресійним значенням та модернізованого обприскувача, дало можливість підвищити показник технічної ефективності на 95,9 %.

Висновок

Вперше в зоні Полісся України проведений довгостроковий прогноз смородини чорної та смородинового брунькового кліща, уточнені фенологічні особливості їх розвитку, динаміка прогнозування за фактичними показниками, відхилення яких складає від 1 до 4 днів. За рахунок модернізованого обприскувача комплексним препаратом до складу якого входять інсектоакарициди (Препарат 30 В, 76 % к.е + Конфідор, 20 % к.е + Мітак, 20 % к.е.) заселеність фітофага (СБК) відчутно зменшується, показник технічної ефективності сягає позначки 96 %. А тому, застосування даного комплексного прийому проти смородинового брунькового кліща дасть можливість підвищити продуктивність та якість ягід смородини чорної.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bakalova, A. V. (2011). Stikist smorodiny chornoj. Vplyv mikroelementiv na stikist proty sysnykh. *Quarantine and Plant Protection*, 7, 19–22. [in Ukrainian]
2. Blaszczyńska, B. (2007). Przyszłość plantacji porzeczki w Polsce. *Warzywa*, 6, 36–39.
3. Plyta, S. (2007). Nowe perspektywy dla czarnej porzeczki. *NASLO Ogródnicze*, 5, 90–91.
4. Brennan, R. M., Robertson, G. W., Mcnicol, J. W., Fyffe, L., & Hall, J. E. (1992). The use of metabolic profiling in the identification of gall mite (*Cecidophyopsis ribis* Westw.)-resistant blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) genotypes. *Annals of Applied Biology*, 121 (3), 503–509. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1992.tb03460.x>
5. Roberts, I. M., Jones, A. T., & Amrine, J. W. (1994). Ultrastructure of the black currant gall mite, *Cecidophyopsis ribis* (Acari: Eriophyidae), the vector of the agent of reversion disease. *Annals of Applied Biology*, 125 (3), 447–455. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1994.tb04982.x>
6. Yanovskyi, Yu. P. (1994). Efektyvnist khimichnykh zakhodiv borotby iz sysnymy shkidnykamy yabluni v plodovomu rozsadnyku. *Zakhyst Roslyn*, 41, 85–87. [in Ukrainian]
7. Jones, A. T., Brennan, R. M., McGavin, W. J., & Lemmetty, A. (1998). Galling and reversion disease incidence in a range of blackcurrant genotypes, differing in resistance to the blackcurrant gall mite (*Cecidophyopsis ribis*) and blackcurrant reversion disease. *Annals of Applied Biology*, 133 (3), 375–384. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1998.tb05837.x>
8. Chu, P. W. G., & Francki, R. I. B. (1982). Detection of lettuce necrotic yellows virus by an enzyme-linked immunosorbent assay in plant hosts and the insect vector. *Annals of Applied Biology*, 100 (1), 149–156. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1982.tb07201.x>
9. Ribes and Rubus crops Ribes et Rubus. (2002). *EPPO Bulletin*, 32(2), 423–441. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2338.2002.00574.x>
10. Bakalova, A. V. (2012). Efektyvnist zastosuvannya insektoakarytsydiv pry zakhysti smorodyny chornoj vid akaryformnykh klishchiv v ahroekolohichnykh umovakh Tsentralnoho polissia Ukrainy. *Quarantine and Plant Protection*, 3, 126–131. [in Ukrainian]
11. Kovtun, I. M., Kopan, V. P., Markovskiy, V. S., & Olifer, A. S. (1986). *Yahidni kultury*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]
12. Moreno, A., Nebreda, M., Diaz, B. M., García, M., Salas, F., & Ferreres, A. (2007). Temporal and spatial spread of Lettuce mosaic virus in lettuce crops in central Spain: factors involved in Lettuce mosaic virus epidemics. *Annals of Applied Biology*, 150 (3), 351–360. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00135.x>
13. Markovskiy, V. S. (1989). *Spravochnyk po yahodnym kulturam*. Kyiv: Urozhai [in Russian]
14. Müller, C. B., Williams, I. S., & Hardie, J. (2001). The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology*, 26 (3), 330–340. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2001.00321.x>
15. Ruban, M. B., Hadzalo, Ya. M., Bobos, I. M., Honcharenko, O. I., & Likar, Ya. O. (2007). *Shkidnyky smorodiny i agrusu. Silskohospodarska entomolohiia*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian]
16. Pospelov, S. M., Arsenieva, M. V., & Hruzdiv, H. S. (1981) *Shkidnyky yahidnykiv. Zakhyst roslyn*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian]
17. Knapp, M. (2006). Population models for threshold-based control of *Tetranychus urticae* in small-scale Kenyan tomato fields and for evaluating weather and host plant species effects. *Experimental and Applied Acarology*, 11, 401–405.
18. Tertyshnyi, O. S. (1996). Ahrobiolohichne obgruntuvannya zakhystu yabluni, slyvy, ta chornoj smorodiny vid shkidnykiv v umovakh Skhidnoho Lisostepu. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]
19. Fedorenko, V. P., Pokozyi, Y. T., & Krut, M. V. (2004). *Shkidnyky yahidnykh kultur. Shkidnyky silskohospodarskykh roslyn*. Kyiv [in Ukrainian]
20. Klechkovskiy, Yu. E. (2006). Biolohichne obgruntuvannya kontroliu chyselnosti obmezheny poshyrenykh karantynnykh shkidnykiv plodovykh nasadzen na pivdni Ukrainy. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian]

ORCID

- A. Bakalova  <https://orcid.org/0000-0002-6803-6304>
V. Tytarenko  <https://orcid.org/0000-0002-4518-1808>
N. Hrytsiuk  <https://orcid.org/0000-0002-4185-7495>
I. Ivaschenko  <https://orcid.org/0000-0003-1588-3718>



© 2023 Bakalova 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.

Analysis of mycoflora of seeds of hybrids and varieties of sunflower

N. Nechiporenko | G. Pospelova✉ | N. Kovalenko | B. Balym | O. Buzyna

Article info

Correspondence Author

G. Pospelova

E-mail:

ganna.pospelova@pdau.edu.ua

Poltava State Agrarian

University,

1/3, Skovoroda St.,

Poltava, 36000,

Ukraine

Citation: Nechiporenko, N., Pospelova, G., Kovalenko, N., Balym, B., & Buzyna, O. (2023). Analysis of mycoflora of seeds of hybrids and varieties of sunflower. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 11–17. doi: 10.31210/spi2023.26.01.02

Sunflower is one of the most important oil crops in the world. Realization of its genetic potential is associated with disease damage to plants. A significant species composition of pathogenic microorganisms found on sunflower poses a threat to the quality of seed material. Losses caused by seed-borne diseases are an expression of the degree of seed contamination, the virulence of the pathogen, and the sensitivity of plants. The infection prevents the formation of the planned plant stand density, negatively affects their condition in the following phases of development. Seedlings from affected seeds are not aligned, plants are depressed with reduced productivity. In the course of the research, an analysis of the diseases of sunflower seeds of two hybrids (Nk Brio, Ukrainian sunflower) and the Lux variety of the 2021 and 2022 harvests was carried out in the fields of agricultural enterprises of the Poltava region. According to the results of the macroscopic analysis of the sunflower seed material of the 2021 harvest, a high percentage of the presence of sclerotia of the causative agent of white rot (1.17 %) was found in the Lux variety; in the hybrid Ukrainian sunflower, the sclerotia of *Whetzelinia sclerotiorum* is 0.12 % less; the hybrid Nk Brio is free from this type of infection. *W. sclerotiorum* and *Botrytis cinerea* were present in the seeds of the 2022 harvest. Thus, Lux variety had contamination level of 1.68 %, the hybrids Nk Brio had 0.28 % and Ukrainian sunflower had contamination level of 0.91 %. This fact is related to climatic conditions. High indicators of the sowing qualities of the seeds of all the tested varietal material of the 2021 and 2022 harvests were noted. The best level of growth strength and laboratory germination were shown by the hybrids, especially the Nk Brio hybrid with laboratory germination of 96 %, and germination energy of 92–94 %. The highest percentage of seed infection was found in the conditions of 2022. Thus, the Lux variety had 38 % of seed infection, while the Ukrainian sunflower hybrid had 29 % and Nk Brio had 21 % respectively. Phytoexpertise of sunflower seeds allowed to establish its contamination by a complex of micromycetes (*Botrytis Micheli*, *Alternaria Nees*, *Fusarium Link.*, *Cladosporium Link.*, *Penicillium Link.*, *Aspergillus Micheli et Fr.*, and *Trichothecium Link.*), some of which are active producers of phytotoxins. A slight difference (within 1 %) was established between external sporulation of the fruit membrane and infection of the core.

Keywords: sunflower, sowing qualities, micromycetes, phytosanitary condition of seeds, contamination.

Аналіз мікофлори насіння гібридів та сортів соняшника

Н. І. Нечипоренко | Г. Д. Поспелова | Н. П. Коваленко | Б. В. Балім | О. С. Бузина

Полтавський державний
аграрний університет,
Полтава, Україна

Соняшник є однією з найбільш значимих олійних культур у світі. Реалізація його генетичного потенціалу пов'язана з ураженням рослин хворобами. Значний видовий склад патогенних мікроорганізмів виявлених на соняшнику створює загрозу для якості посівного матеріалу. Втрати, спричинені хворобами що передаються через насіння, є вираженням ступеня зараженості насіння, вірулентності патогенного агента, чутливості рослин. Інфекція перешкоджає формуванню запланованої густоти стояння рослин, негативно позначається на їхньому стані в наступні фази розвитку. Сходи з ураженого насіння не вирівняні, рослини пригнічені зі зниженою продуктивністю. У ході досліджень проведено аналіз ураженості хворобами насіння соняшника двох гібридів (Нк Бріо, Українське сонечко) та сорту Люкс урожаю 2021 року та 2022 року, вирощених на полях сільськогосподарських підприємств Полтавської області. За результатами макроскопічного аналізу насінневого матеріалу соняшнику урожаю 2021 року виявлено високий відсоток присутності склеротіїв збудника білої гнилі (1,17 %) у сорту Люкс; у гібриду Українське сонечко засміченість склеротіями *Whetzelinia sclerotiorum* на 0,12 % менша, гібрид Нк Бріо вільний від даного типу інфекції. У насінні урожаю 2022 року були наявні склеротії *W. sclerotiorum* і *Botrytis cinerea*. Так, у сорту Люкс рівень контамінації становив – 1,68 %, у гібридів: Нк Бріо – 0,28 % і Українське сонечко – 0,91 %. Даний факт пов'язаний з кліматичними умовами. Відмічено високі показники посівних якостей насіння усього тестованого сортового матеріалу урожаю 2021 і 2022 років. Найкращий рівень сили росту та лабораторної схожості притаманні гібридам, особливо гібриду Нк Бріо, лабораторна схожість – 96 %, а енергія проростання – 92–94 %. Найвищий відсоток інфікування насіння виявлено в умовах 2022 року, у сорту Люкс він склав 38 %, у гібриду Українське сонечко – 29 %, у гібриду Нк Бріо – 21 %. Проведення фітоекспертизи насіння соняшника дозволило встановити контамінацію його комплексом мікроміцетів (*Botrytis Micheli*, *Alternaria Nees*, *Fusarium Link.*, *Cladosporium Link.*, *Penicillium Link.*, *Aspergillus Micheli et Fr.*, *Trichothecium Link.*), частина з яких є активними продуцентами фітотоксинів. Встановлено незначну різницю (в межах 1 %) між зовнішнім заспорюванням плодової оболонки та інфікуванням ядра.

Ключові слова: соняшник, посівні якості, мікроміцети, фітосанітарний стан насіння, контамінація.

Бібліографічний опис для цитування: Нечипоренко Н. І., Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Балім Б. В., Бузина О. С. Аналіз мікофлори насіння гібридів та сортів соняшника. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 11–17.

Вступ

Соняшник є однією з найбільш значимих олійних культур у світі. У 2022 році на контрольованій Україною території площі, засіяні цією культурою склали 4 573,8 тис. га, що на 1719,5 тис. га менше у порівнянні з попереднім роком. Такий стан пов'язаний із повномасштабним вторгненням Росії в Україну. Середня врожайність соняшнику в 2022 році становила 2,24 т/га, що на 5 % нижче середнього показника за останні три роки.

Проблеми з реалізацією генетичного потенціалу культури пов'язані з ураженням рослин хворобами [4, 6, 13, 20]. Значний видовий склад патогенних мікроорганізмів (близько 70 видів) зареєстрований на соняшнику (*Helianthus annuus* L.) створює загрозу для якості посівного матеріалу.

Запорукою отримання дружніх сходів, нормального розвитку рослин і отримання високих врожаїв є використання якісного і здорового насіння. Дослідженнями В. М. Лукомця, М. Д. Кирика та інших фітопатологів доведено вплив ряду агрономічних, погодних та інших факторів на формування якості насіння [9–12].

Відповідно Державних стандартів в галузі насінництва вимоги до сортових і посівних якостей насіння достатньо високі, так енергія проростання для здорового зерна має становити не менше 80 %, а мінімальним показником схожості є 85 % від усїєї маси насіння. Також важливий показник контамінації насіння патогенними організмами [14, 15].

Через насіння патогени можуть передаватися трьома шляхами: як механічна домішка (у вигляді склероціїв білої гнилі, насіння вовчку соняшникового), у вигляді спор та міцелію на поверхні насіння та у вигляді спор чи міцелію під насінневими оболонками або у зародку насіння [3, 5].

В. Ф. Пересипкін відмічав, що з насінням передається понад 30 % всіх збудників хвороб сільськогосподарських культур. Сівба інфікованим посівним матеріалом призводить до передачі хвороб на вегетуючі рослини, таким чином створюються і підтримуються осередки інфекції [5].

Частота передачі патогенних агентів через насіння варіює в залежності від умов середовища, в яких вони утворилися, обробки насіння під час обмолоту та умов зберігання. Згідно літературних даних за сприятливих умов для розвитку хвороб соняшнику в період вегетації ступінь зараженості насіння патогенною грибною мікрофлорою родів: *Alternaria* (як правило комплексна інфекція 2–4 різних видів) становить 30–40 %, *Rhizopus* – в середньому близько 40 %, *Botrytis* – 5–55 %, *Mucor* – 20–70 %, *Penicillium* – 30–40 %, *Fusarium* – 10–15 %, *Trichothecium* – до 10 % і бактеріями *Xanthomonas* – до 5 % насінин в окремих партіях [17, 21, 22].

Втрати, спричинені хворобами що передаються через насіння, є вираженням ступеня зараженості насіння, вірулентності патогенного агента, чутливості рослин [9, 19, 23]. Інфекція перешкоджає формуванню запланованої густоти стояння рослин, негативно позначається на їхньому стані в наступні фази розвитку. Сходи з ураженого насіння не

вирівняні, рослини пригнічені зі зниженою продуктивністю [16, 18].

Науковці, які досліджують проблеми інфікування насіння ефіроолійних культур, відмічають, що патогенні гриби не тільки використовують поживне середовище – сім'янку, але і своїми токсичними виділеннями отруюють зародок і проростки насіння, а в період досягання впливають на якість жирів і олійність [8, 9].

Зважаючи на зазначене вище актуальність проведення фітосанітарної експертизи насіння сільськогосподарських культур є беззаперечною. Її результати є основою для добору найбільш ефективного протруйника для контролю виявлених патогенів.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було проведення фітопатологічної експертизи насіння соняшнику різних сортів та гібридів урожаю 2021 та 2022 років для вивчення його епіфітної та субепідермальної мікрофлори. Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання: визначити лабораторну схожість, енергію проростання досліджуваних гібридів і сорту соняшнику та рівень інфікованості насіння; встановити видовий склад патогенної мікрофлори.

Матеріали і методи

У ході досліджень проводили аналіз ураженості хворобами насіння соняшника двох гібридів (Нк Бріо, Українське сонечко) та сорту Люкс урожаю 2021 року та 2022 року, вирощених на полях сільськогосподарських підприємств Полтавської області.

Посівні якості та фітосанітарний стан насіння визначали згідно ДСТУ 4138-2002 та Національного стандарту України 6068 : 2008. Насіння соняшнику. Сортові та посівні якості на кафедрі захист рослин Полтавського державного аграрного університету [14, 15]. Збудників грибних хвороб визначали за морфологічними ознаками плодових тіл і спор за В. Й. Білай [3].

Результати та їх обговорення

Як було зазначено вище, насіння соняшника являє собою надзвичайно сприятливий субстрат для розвитку численної мікрофлори, а зараженість насіння мікроорганізмами, в свою чергу, є однією з причин погіршення посівних властивостей та прояву хвороб на вегетуючих рослинах.

Аналізуючи результати макроскопічного аналізу насінневого матеріалу соняшнику врожаю 2021 і 2022 рр. ми дійшли висновку, що в урожаї 2021 року не виявлені склероції збудника сірої гнилі, а найвищий відсоток присутності склероціїв збудника білої гнилі (1,17 %) відмічений у насінневому матеріалі сорту Люкс, тоді як насіння гібриду Українське сонечко було засмічене склероціями *W. sclerotiorum* на 0,12 %, а гібрид Нк Бріо виявився вільним від цього типу інфекції (табл. 1).

Умови 2022 року сприяли прояву інфекції та формуванню характерних видозмін міцелію збудників

обох типів гнилі, однак прослідковується тенденція щодо сортової реакції на збудників.

Так, найвищий відсоток склероціїв зареєстрований у насіннєвому матеріалі сорту Люкс

(1,68 %) за рахунок присутності цього типу видозмін міцелію, характерних як для *Whetzelinia sclerotiorum* (2 шт.), так і для *Botrytis cinerea* (3 шт.).

Таблиця 1

Результати макроскопічного аналізу насіння соняшнику (до очищення)

| Варіанти | Смітна домішка, % | Невиповнене насіння від маси проби, % | Кількість склероціїв на 100 г насіння, шт. | | % склероціїв від маси проби |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------------|--|-------------|-----------------------------|
| | | | білої гнилі | сірої гнилі | |
| 2021 р. | | | | | |
| Гібрид Нк Бріо | 3,2 | 7,4 | 0 | 0 | 0 |
| Сорт Люкс | 3,6 | 7,6 | 3 | 0 | 1,17 |
| Гібрид Українське сонечко | 2,8 | 6,7 | 1 | 0 | 0,25 |
| 2022 р. | | | | | |
| Гібрид Нк Бріо | 2,8 | 7,2 | 1 | 1 | 0,28 |
| Сорт Люкс | 2,5 | 7,3 | 2 | 3 | 1,68 |
| Гібрид Українське сонечко | 3,3 | 5,4 | 1 | 1 | 0,91 |

Засміченість склероціями насіння гібридів була дещо нижчою і становила по одному склероціальному утворенню обох видів, хоча значна різниця у масі наявних склероціїв (0,28 і 0,91 %) може свідчити про досить великі розміри цих утворень збудника білої гнилі у насіннєвому матеріалі гібриду Українське сонечко.

Подальше вивчення насіннєвого матеріалу тестованих гібридів і сорту передбачало як визначення посівних якостей, так і проведення

фітоекспертизи насіння з метою виявлення і визначення епіфітної та субепідермальної мікрофлори (рис. 1). Необхідно відмітити достатньо високі показники посівних якостей насіння усього тестованого сортового матеріалу урожаю 2021 і 2022 років. Найкращий рівень сили росту та лабораторної схожості протягом періоду досліджень були притаманні гібридам, особливо гібриду Нк Бріо, лабораторна схожість якого була на рівні 96 %, а енергія проростання становила 92–94 %.

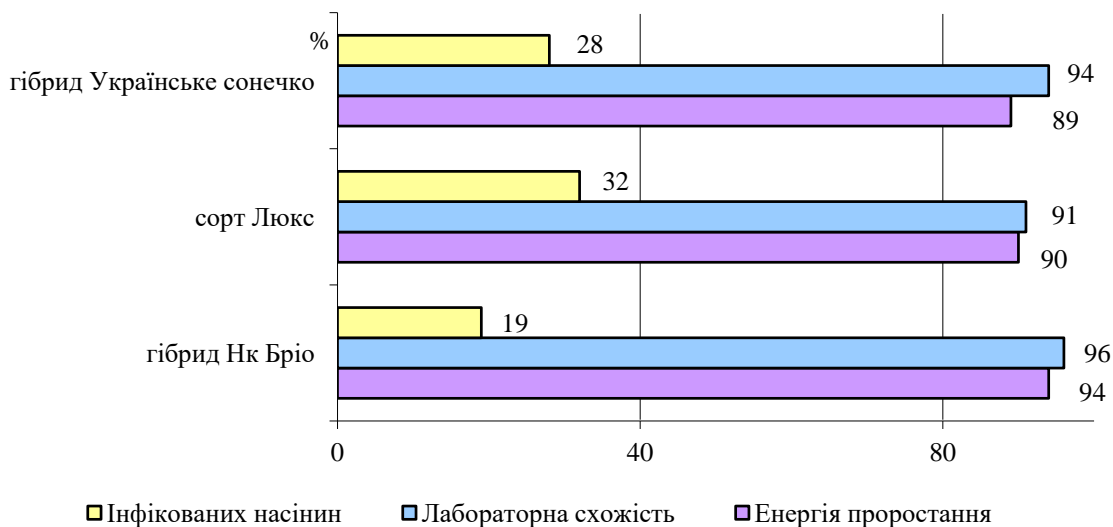


Рис. 1. Посівні якості соняшнику урожаю 2021 року

Відносно прояву насіннєвої інфекції необхідно відмітити, що найвищий відсоток інфікування насіння в умовах 2021 року був притаманний сорту Люкс і досягав 32 % від проаналізованого насіння. Для гібриду Українське сонечко цей показник становив 28 %, а насіння гібриду Нк Бріо було інфіковано на рівні 19 %. Цікаво відмітити, що в цілому прослідковується зворотна залежність між рівнем інфікованості насіння та його посівними якостями, що цілком відповідає наведеним в багатьох публікаціях даним [8, 11, 12].

На [рисунку 2](#) прослідковується аналогічна

тенденція щодо посівних якостей та інфекційного фону насіннєвого матеріалу соняшнику урожаю 2022 року, хоча різниця показників лабораторної схожості між гібридами і сортом виявилася менш значною.

Звертає на себе увагу рівень присутності інфекції у насіннєвому матеріалі сорту Люкс – 38 %, що на 6 % перевищує показник 2021 року.

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили виявити як високий потенціал розвитку тестованого сортового матеріалу, так і реальний фактор його зниження.

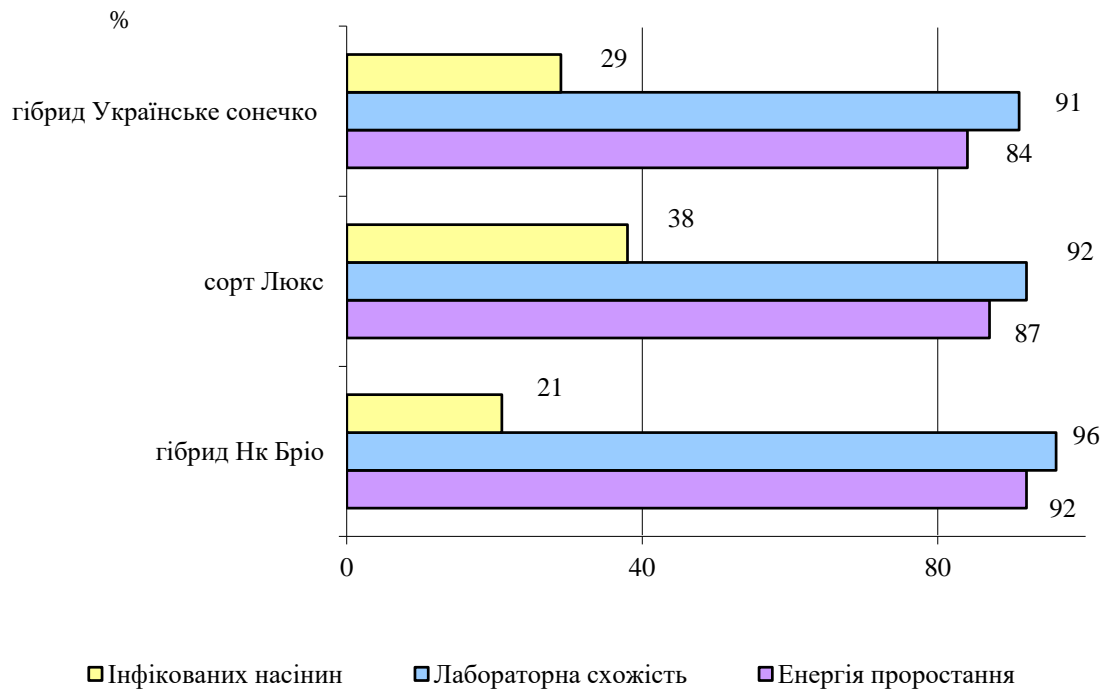


Рис. 2. Посівні якості соняшнику урожаю 2022 року

Відомо, що вплив насінневої інфекції залежить від патогенних характеристик конкретних видів мікроміцетів, головним чином від рівня їх токсикогенності

[23]. Саме тому ми вважали за необхідне виявити і проаналізувати структуру патогенної мікрофлори насіння, що представлено на [рисунках 3–5](#).

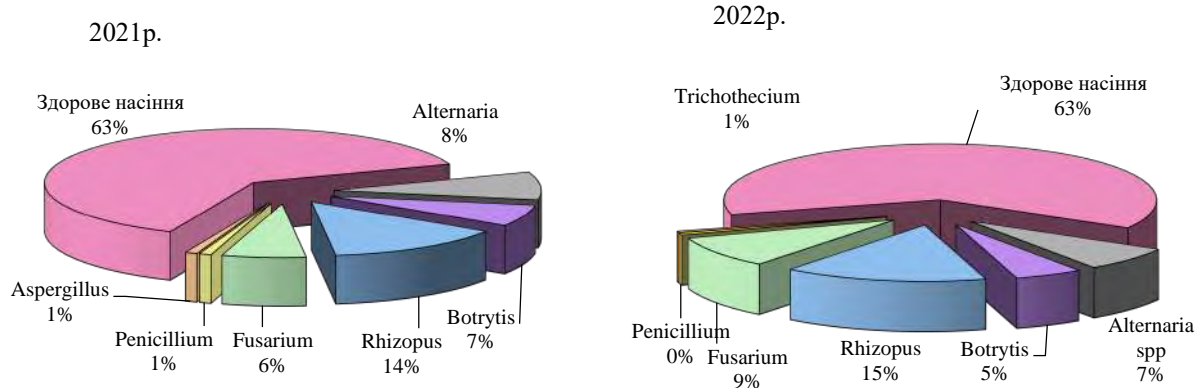


Рис. 3. Структура патогенного комплексу грибів на насінні соняшнику сорту Люкс

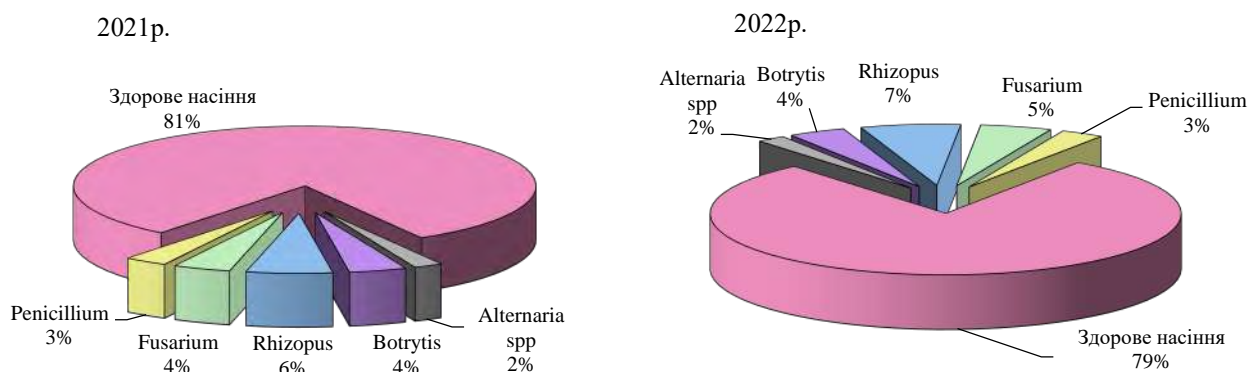
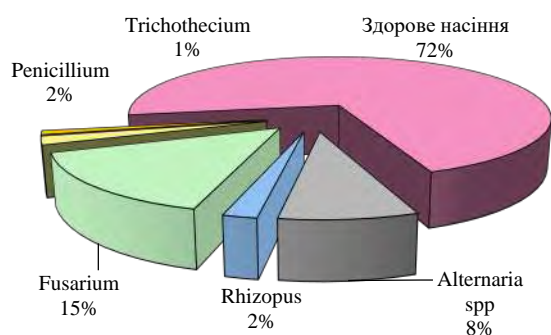


Рис. 4. Структура патогенного комплексу грибів на насінні соняшнику гібриду Нк Бріо

2021р.



2022р.

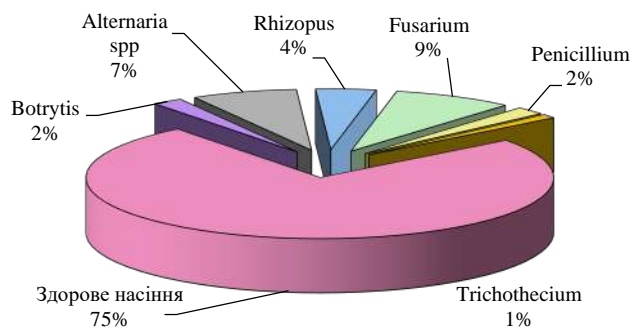


Рис. 5. Структура патогенного комплексу грибів на насінні соняшнику гібриду Українське сонечко

Загальна оцінка ступеню інфікування насіння свідчить про кращий фітосанітарний стан гібридів – 81 і 79 % здорових насінин у насінневому матеріалі Нк Бріо та 72 і 75 % в Українського сонечка відповідно в роки досліджень; гірший показник – 63 % – був характерним для сорту Люкс.

Аналізуючи спектр мікроміцетів, виявлених на насінні сорту Люкс, необхідно відзначити досить стабільні показники протягом періоду досліджень. Так, відсоток насіння без ознак присутності мікроорганізмів залишався на рівні 63 %. Виявлений і визначений комплекс мікроміцетів представлений переважно збудниками пліснявіння: темного (*Cladosporium* Link., *Alternaria* Nees), сіро-зеленого (*Botrytis* Micheli, *Rhizopus* Ehrend., *Penicillium* Link., *Aspergillus* Micheli et Fr.) і біло-рожевого (*Fusarium* Link., *Trichothecium* Link.). Вважається, що збудники пліснявіння характеризуються вираженими сапрофітними властивостями, але за певних умов здатні паразитувати, використовуючи життєздатне насіння сільськогосподарських культур як харчовий субстрат [19]. Внаслідок встановлення паразитичних взаємовідносин і повноцінного живлення мікроміцетів на поверхні сім'янок соняшника проявляється наліт різної структури і забарвлення [3, 5, 18].

Найбільшої уваги заслуговує присутність на насінневому матеріалі фузаріозної інфекції (*Fusarium* Link.). Відомо, що рід *Fusarium* включає значну кількість видів мікроміцетів, більшість з яких продукують широкий спектр біологічно активних вторинних метаболітів, включаючи й мікотоксини [2]. Необхідно зазначити, що токсинам фузарієвих грибів притаманна загальноплазматична токсична дія на клітини як тваринного, так і рослинного походження [2, 13]. З огляду на дані факти, контамінація насіння соняшнику тестованого сортового матеріалу в роки досліджень повинна насторожувати, як з точки зору посівної придатності, так і щодо отримання високоякісної олії. Особливо це стосується гібриду Українське сонечко, в насінневому матеріалі якого відмічена присутність 15 і 9 % контамінованого насіння в умовах 2021 і 2022 рр. відповідно. Зважаючи на досить високі показники посівних якостей, можна припустити наявність переважно зовнішнього

інфікування, яке не впливає на зародкову зону сім'янки. Стабільно висока присутність цього типу інфекції в роки досліджень була притаманна також для сорту Люкс (6 і 9 % в урожаї 2021 і 2022 рр. відповідно). Контамінація фузаріями насіння гібриду Нк Бріо відмічена на найнижчому рівні і становила 4 і 5 % в роки досліджень відповідно. Настільки значну різницю у наявності фузаріїв у/на насінні різних сортів і гібридів соняшнику можна пояснити, на нашу думку, чутливістю рослин до біологічно-активних речовин, що продукують ці гриби [2].

Аналогічний негативний вплив на рослини в різні періоди розвитку притаманний також грибам роду *Alternaria* Nees. Зважаючи на експансійне поширення альтернаріозної інфекції на різних культурах в останні роки, ця група патогенів заслуговує на посилену увагу. В наших дослідженнях найменша присутність цього типу інфікування була відмічена в насінневому матеріалі гібриду Нк Бріо – по 2 % в роки досліджень. Показники інфікованості насіння сорту Люкс і гібриду Українське сонечко були значно вищими і становили 8 і 7 % в умовах 2021 і 2022 рр. відповідно. Виходячи зі здатності грибів роду *Alternaria* продукувати як специфічні, так і неспецифічні фітотоксини, їх віднесено до групи некротрофних патогенів з широким спектром рослин-живителів [16]. Відомо, що притаманні цим грибам фітотоксини, спричиняють зокрема дисфункцію клітинних мембран, внаслідок чого проявляються характерні симптоми [1, 7]. Відповідно до наведених даних слід очікувати негативного впливу цього типу інфекції на проростання насіння і формування сходів соняшнику.

Як було зазначено вище, збудник сірої гнилі (*Botrytis cinerea*) виявлений у насінневому матеріалі в процесі макроскопічного аналізу у вигляді склероціїв. Проведення мікроскопічного аналізу дозволило також встановити контамінацію насіння спорами гриба *Botrytis cinerea*, особливо це стосується сорту Люкс, у якому були присутні 7 і 5 % інфікованих сірою гниллю сім'янок (2021 і 2022 рр.). Для гібриду Нк Бріо цей показник в роки досліджень стабільно становив 4 %, а у насінневому матеріалі гібриду Українське сонечко врожаю 2021 року цей тип інфекції не виявлений; в урожаї 2022 року на 2 % сім'янок

сформувалися типові для даного збудника інфекційні структури.

Аналіз отриманих результатів змусив також звернути увагу на присутність у насінневому матеріалі інфекційних структур збудників бурої сухої гнилі соняшника (*Rhizopus Ehrend.*). Особливо це стосується сорту Люкс, контамінація насіння якого цим типом інфекції в роки досліджень становила 14 і 15 %. Для гібриду Нк Бріо цей показник був вдвічі нижчим (6 і 7 %), а серед насіння гібриду Українське сонечко відмічено 2 і 4 % інфікованих сім'янок відповідно у 2021 і 2022 рр. Присутність цього типу інфекції особливо потрібно брати до уваги у випадку прогнозування високої ймовірності посушливих умов у період вегетації [18].

Як видно з представлених рисунків (3–5), спостерігалось також незначне спорадичне контамування насіння іншими видами пліснявих грибів (*Cladosporium* Link., *Penicillium* Link., *Aspergillus* Micheli et Fr., *Trichothecium* Link.). Присутність 3 % сім'янок з ознаками розвитку пеніцилових грибів серед насіння гібриду Нк Бріо, може свідчити про більш високу вологість насінневої маси, але ці мікроміцети вважаються менш токсикогенними, порівняно з описаними вище групами, а деякі з них продукують токсини тільки в лабораторних умовах [23].

Таким чином, проведення фітоекспертизи насіння соняшнику дозволило встановити контамінацію його комплексом мікроміцетів, частина з яких є активними продуцентами фітотоксинів.

Зважаючи на розглянуті вище матеріали, виникла необхідність вивчити локалізацію контамінантів, оскільки залежно від присутності інфекційних структур на плодовій оболонці чи ядрі проявляється ступінь негативного впливу інфекції на проростання насіння і розвиток рослин.

В таблиці 2 представлені результати вивчення присутності грибів роду *Fusarium* в/на різних ділянках сім'янок сорту Люкс (табл. 2).

Таблиця 2

Локалізація грибів роду *Fusarium* на насінні соняшнику сорту Люкс, 2021–2022 рр.

| Рік досліджень | Розвиток грибів роду <i>Fusarium</i> , % | |
|----------------|--|---------|
| | плодова оболонка | ядро |
| 2021 | 4,4±1,2 | 3,5±1,1 |
| 2022 | 5,3±1,3 | 4,2±1,2 |
| середнє | 4,9±1,5 | 3,9±1,3 |

* - дані лабораторії фітоекспертизи насіння.

Як свідчать наведені дані, в роки досліджень зовнішнє заспорювання плодової оболонки дещо перевищувало інфікування ядра, в середньому за роки досліджень ця різниця становила 1 %. В урожаї 2022 року рівень контамінації був вищим і становив 4,2±1,2 % по інфікуванню ядра та 5,3±1,3 % по заспоренню плодових оболонок, тобто різниця показників досягала 0,9 %. В умовах 2021 року виявлено 3,5 % інфікованих ядер сім'янок, що також на 0,9 % менше за рівень заспорення плодових оболонок.

Висновок

Проаналізовано фітосанітарний стан та посівні якості насіння соняшника двох гібридів (Нк Бріо, Українське сонечко) та сорту Люкс урожаю 2021 року та 2022 року, вирощених на полях сільськогосподарських підприємств Полтавської області.

За результатами макроскопічного аналізу насінневого матеріалу соняшнику урожаю 2021 року виявлено високий відсоток присутності склероціїв збудника білої гнилі (1,17 %) у сорту Люкс; у гібриду Українське сонечко засміченість склероціями *Whetzelinia sclerotiorum* на 0,12 % менша, гібрид Нк Бріо вільний від даного типу інфекції. У насінні урожаю 2022 року були наявні склероції *W. sclerotiorum* і *Botrytis cinerea*. Так, у сорту Люкс рівень контамінації становив – 1,68 %, у гібридів: Нк Бріо – 0,28 % і Українське сонечко – 0,91 %. Даний факт пов'язаний з кліматичними умовами.

Відмічено високі показники посівних якостей насіння усього тестованого сортового матеріалу урожаю 2021 і 2022 років. Найкращий рівень сили росту та лабораторної схожості притаманні гібридам, особливо гібриду Нк Бріо, лабораторна схожість – 96 %, а енергія проростання – 92–94 %. Найвищий відсоток інфікування насіння виявлено в умовах 2022 року, у сорту Люкс він склав 38 %, у гібриду Українське сонечко – 29 %, у гібриду Нк Бріо – 21 %.

Проведення фітоекспертизи насіння соняшнику дозволило встановити контамінацію його комплексом мікроміцетів (*Botrytis* Micheli, *Alternaria* Nees, *Fusarium* Link., *Cladosporium* Link., *Penicillium* Link., *Aspergillus* Micheli et Fr., *Trichothecium* Link.), частина з яких є активними продуцентами фітотоксинів.

Встановлено незначну різницю (в межах 1 %) між зовнішнім заспорюванням плодової оболонки та інфікуванням ядра.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу виявлених патогенів на розвиток і продуктивність рослин соняшнику.

Конфлікт інтересів

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

References

- Berestetskii, A. O., Terletskii, V. M., Gannibal, F. B., & Khodorkovskii, M. A. (2013). Kharakteristika yevraziiskikh izolyatov Alternaria sonchi po morfologo-kulturalnim, molekulyarnim i fiziologo-biokhimičeskim priznakam. *Mikologiya i Fitopatologiya*, 47 (2), 120–128. [in Russian]
- Bilai, V. I. (1977). *Fuzarii*. Kyiv: Naukova Dumka [in Ukrainian]
- Bilay, V. I. (1980). *Osnovy obshchey mikologii*. Kiyev: Golovnoe izdatelstvo obedineniya «Vishcha shkola» [in Russian]
- Bochkovoy, A. D., Kamardin, V. A., Saukova, S. L., & Nazarov, D. A. (2020). Pathogenic microflora of sunflower breeder and foundation seeds. *Oil Crops*, 181 (1), 114–120. <https://doi.org/10.25230/2412-608x-2020-1-181-114-120>
- Peresipkina, V. F. (red.). (1990). *Bolezni selskokhozyaistvennikh kultur V 3-kh tomakh. Tom 2: Bolezni tekhnicheskikh kultur i kartofelya*. Kiev: Urozhai [in Russian]

6. Burkin, A. A., Ustyuzhanina, M. I., Zotova, E. V., & Kononenko, G. P. (2018). Prichiny kontaminatsii proizvodstvennykh partij semyan podsolnechnika (*Helianthus annuus* L.) mikotoksinami. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 53 (5), 969–976. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.5.969rus> [in Russian]
7. Dalinova, A. A., Salimova, D. R., & Beresteckij, A. O. (2020). Griby roda *Alternaria* kak producenty biologicheskii aktivnykh soedinenij i biogerbicidov (obzor). *Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya*, 56 (3), 223–241. <https://doi.org/10.31857/s0555109920030022> [in Russian]
8. Kyrychenko, V. V., Petrenkova, V. P., Cherniaeva, I. M., & Borovska, I. Yu. (2009). Zakhyst soniashnyka vid khvorob i shkidnykiv. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba: Naukovo-vyrobnychi shchorichnyk*, 32–39. [in Ukrainian]
9. Kyryk, M. M., Kovalyshyn, A. B., & Kovalyshyna, H. M. (2013). Formuvannia mikroflory zerna pshenytsi ozymoi v rizni fazy rozvytku. *Ahronom*, 2, 80–81. [in Ukrainian]
10. Kyryk, M., & Pikovskiy, M. (2012). Diahnostyka khvorob nasinnia soniashnyku. *Propozytisia*, 4, 100–103. [in Ukrainian]
11. Lukomets, V. M., Piven, V. T., & Tishkov, N. M. (2011). Integrirovaniya zashchita podsolnechnika. *Zashchita i Karantin Rastanii*, 2, 50–56. [in Russian]
12. Lukomets V. M., Piven V. T., Tishkov N. M. (2014) Zashchita podsolnechnika ot vrednykh organizmov pri intensivnoi tekhnologii vozdelivaniya. *Zashchita i Karantin Rastanii*, 12, 38–32. [in Russian].
13. Muradasilova, N. V., Maslienko, L. V., & Pisen, V. T. (2006). Patogennost i fitotoksichnost gribov roda *Fusarium* na prorostkakh podsolnechnika. *Bolezni i vrediteli maslichnikh kultur*. Krasnodar [in Russian].
14. DSTU 2240-93. Systemy upravlinnia yakistiu. Chynnyi vid 1997-07-01. (1994). Kyiv [in Ukrainian].
15. Natsionalnyi standart Ukrainy. Nasinnia soniashnyku. Sortovi ta posivni yakosti. Retrieved from: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=74272 [in Ukrainian].
16. Orlov, A. (2019). Alternarioz podsolnechnika – ugroza proizvodstvu kultury vo vseh regionah Ukrainy. *Ahronom*, 2, 112–116. [in Russian].
17. Patil, A. C., Suryawanshi, A. P., Anbhule, K. A., Raner, R. B., & Hurule, S. S. (2018). Detection of sunflower seedborne mycoflora and their effect on seed and seedling parameters. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, Special Issue-6, 2509–2514.
18. Popyuk, O. (2019). Khvorobi koshika sonyashnyku. *Agroexpert*, 7 (132), 56–57 [in Ukrainian].
19. Pikovskii, M., Kirik, M., & Derevenets, K. (2012) Khvorobi nasinnia kukurudzii. *Propozytisia*, 12, 74 [in Ukrainian].
20. Pospelov, S. V., Pospelova, G. D., Nechiporenko, N. I., Mishchenko, O. V., Cherniak O. O., Skliar, S. S., & Ivanichko, O. V. (2021). Analysis of sunflower areas' phyto-pathogenic condition during vegetation period under different agro-climatic conditions. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 133–141. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.17>
21. Afzal, R. S., Mughal, S. M., Munir, M., Sultana, K., Qureshi, R., Arshad, M. N., & Laghari, M. K. (2010). Mycoflora associated with seeds of different sunflower cultivars and its management. *Pakistan Journal of Botany*, 42, 435–445.
22. Sharfun-Nahar, Mushtaq, M. H., & Hashmi, M. H. (2005). Seed-borne mycoflora of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 37, 451–457.
23. Efimochkina, N. R., Sedova, I. B., Sheveleva, S. A., & Tutelyan, V. A. (2019). Toxicogenic properties of mycotoxin-producing fungi. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya*, 45, 6–33. <https://doi.org/10.17223/19988591/45/1>

ORCID

- N. Nechiporenko  <https://orcid.org/0000-0003-2572-9095>
- G. Pospelova  <https://orcid.org/0000-0002-8030-1166>
- N. Kovalenko  <https://orcid.org/0000-0001-5998-1745>



© 2023 Nechiporenko N. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Yield and energy productivity of energy crops grown together in phytocenosis

D. D'omin | M. Kulyk ✉

Article info

Correspondence Author
M. Kulyk
E-mail:
kulykmaksym@ukr.netPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody Str.,
Poltava, 36003,
Ukraine**Citation:** D'omin, D., & Kulyk, M. (2023). Yield and energy productivity of energy crops grown together in phytocenosis. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 18–23. doi: 10.31210/spi2023.26.01.03

Sustainable development of the energy sector is a topical issue for Ukraine today. Among the available energy sources, many scientists believe that the most affordable is the energy from plants, the so-called energy crops. These crops are biologically perennial, adapted to growing conditions, and highly productive. These plants include: willow clones (*Salix*), miscanthus (*Miscanthus*), sorghum (*Sorghum*) and switchgrass, as well as other less widespread plants. This publication will focus on the aspects of growing low spread energy crops (*Indiangrass*, *Sorghastrum nutans* (L.) Nash. and *Andropogon gerardii* Vitman) together with well-known and better studied crops: *Panicum virgatum* L., *Sorghum alnum* Parodi. In the future, this will involve the development of ergonomically sound recommendations for their cultivation for sustainable phytomass and biofuel production. The aim of our research was to determine the influence of joint cultivation of energy crops on the yield of their aboveground vegetative phytomass and the energy productivity of the crops. The general and special (experimental) research methods were applied in the field experiment. According to the approved methods and recommendations, the moisture content in phytomass was determined, raw and dry biomass yields were recorded, and the energy productivity of the crops was identified. The application of the analysis of variance and correlation made it possible to assess significant differences between the variants of the experiment. The research results allowed us to establish the variability of phytomass yield with a variety of combinations of energy crops in joint crops. In terms of the dry biomass volume, the most productive were the following grass mixtures of energy crops: Switchgrass and Indiangrass (13.1 t/ha), Switchgrass and Big bluestem (12.8 t/ha), Indiangrass and Big bluestem (12.5 t/ha). The same variants were characterized by high energy productivity, ranging from 217.6 to 224.0 GJ/ha. The dry biomass yield was at a level of the standard on the variants of joint cultivation of Switchgrass and Sorghum perennial and Indiangrass and Sorghum perennial (12.3 t/ha). Significantly lower dry biomass yield compared with control and other experimental variants was at joint cultivation of Big bluestem and Sorghum perennial (11.8 t/ha). Thus, to obtain a high biomass yield (12.5–13.1 t/ha) when growing low-energy crops together, Switchgrass and Indiangrass, Switchgrass and Big bluestem should be sown together. This will also help to obtain an energy yield in the range of 217.6–224.0 GJ per hectare.

Keywords: Switchgrass, Sorghum perennial, Big bluestem, Indiangrass, joint cultivation, yield, biomass, energy productivity.

Урожайність та енергопродуктивність енергетичних культур за сумісного вирощування у фітоценозі

Д. Г. Дьомін | М. І. Кулик

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Сталий розвиток енергетичного сектору для України на сьогодні є актуальним питанням. З-поміж наявних енергоджерел, на думку багатьох вчених найбільш доступним є енергія рослин, так званих – енергетичних культур. Ці культури за біологією – багаторічні, адаптовані до умов вирощування, високоврожайні. До них відносять: клони верби (*Salix*), міскантуси (*Miscanthus*), сорго (*Sorghum*) та просо прутюподібне (*Switchgrass*) та інші, менш поширені рослини. У зв'язку з чим, дана публікація буде присвячена вивченню аспектів вирощування малопоширених енергетичних культур (*Indiangrass*, *Sorghastrum nutans* (L.) Nash., та *Andropogon gerardii* Vitman) сумісно із загальновідомими, та більш вивченими культурами: *Panicum virgatum* L., *Sorghum alnum* Parodi. Що у перспективі передбачатиме розробку агрономічно-обґрунтованих рекомендацій їх вирощування для отримання сталої фітомаси та виробництва біопалив. Метою наших досліджень було визначення впливу сумісного вирощування енергокультур на врожайність їхньої надземної вегетативної фітомаси та енергопродуктивності посівів. Під час проведення польового експерименту були застосовані як загальні, так і спеціальні (експериментальні) методи досліджень. Згідно затверджених методик й рекомендацій проводили визначення вологості у фітомасі, облік врожайності сирової та сухої біомаси та визначали енергопродуктивність посівів. Застосування дисперсійного й кореляційних аналізів дало можливість провести оцінку суттєвих відмінностей між варіантами дослідження. Обґрунтовані результати досліджень дали змогу встановити мінливість врожайності фітомаси за різнопланового поєднання енергетичних культур у сумісних посівах. За обсягом сухої біомаси виокремлено найбільш врожайні травосумішки малопоширених енергетичних культур: Світчґрас та Індіанґрас (13,1 т/га), Світчґрас та Біг-блюестем (12,8 т/га), Індіанґрас та Біг-блюестем (12,5 т/га). Ці ж варіанти мали й високу енергопродуктивність – від 217,6 до 224,0 ГДж/га. На рівні контролю врожайність за сухою масою була на варіантах сумісного вирощування світчґрасу та Сорго багаторічного й Індіанґрасу та Сорго багаторічного (12,3 т/га). Суттєво меншою, порівняно з контролем та іншими варіантами дослідження врожайність сухої біомаси була за сумісного вирощування Біг-блюестему та Сорго багаторічного (11,8 т/га). Отже, для отримання високої врожайності біомаси (12,5–13,1 т/га) за сумісного вирощування малопоширених енергокультур необхідно висівати разом Світчґрас та Індіанґрас, Світчґрас та Біг-блюестем. Це також дозволить отримати вихід енергії в межах 217,6–224,0 ГДж з одного гектара.

Ключові слова: Світчґрас, Сорго багаторічне, Біг-блюестем, Індіан-ґрас, сумісне вирощування, урожайність, біомаса, енергопродуктивність.**Бібліографічний опис для цитування:** Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Урожайність та енергопродуктивність енергетичних культур за сумісного вирощування у фітоценозі. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 18–23.

Вступ

Насьогодні, поряд із загальновідомими та поширеними на території нашої країни рослинами, використання нових та виробництва із них біопалива набуває актуального значення. Адже, інтродуковані, малопоширені енергокультури мають цілий спектр переваг: багаторічний цикл життя, високу продуктивність, адаптивні властивості до умов вирощування та шкідників і збудників хвороб, високу ефективність виробництва біомаси. Що також дозволить розширити різноманіття енергетичних культур для вирощування на маргінальних землях [1–3].

Окрім цього визначено, що загальновідомі енергокультури – світчграс (*Panicum virgatum* L.) й сорго багаторічне та малопоширені: сорго поникаючий (*Sorghastrum nutans* (L.) Nash), бородач Жерарді (*Andropogon gerardii* Vitman) за біологією є типовими представниками родини тонконогові. Ці рослини за своїми морфологічними особливостями здатні формувати потужну надземну вегетативну масу на 2–3 рік вегетації з терміном експлуатації енергопосівів – від 7 до 15 років. Що цілком відповідає критеріям сталості виробництва рослинної біомаси, як сировини для виробництва біопалив [4].

В попередній нашій публікації ми вивчили вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних протягом 2018–2020 рр. Було встановлено, що біометричні показники рослин за висотою і густиною стеблостою мають суттєвий вплив на рівень врожайності біомаси індіанграсу (сорго поникаючого), бігблестему (Бородача Жерарді) та сорго багаторічного (трави Колумба). Було визначено, що найбільшу врожайність за сухою біомасою у монокультурі формує сорго багаторічне (8,0 т/га) й сорго поникаючий (5,0 т/га), суттєво менше – Бородача Жерарді (2,3 т/га) [5].

Зарубіжними дослідженнями встановлено, що збирання змішаних травостоїв (*Andropogon gerardii*, *Sorghastrum nutans*, *Schizachyrium scoparium*) з інтервалами від 30 до 40 днів може забезпечити високі врожаї біомаси. Що не впливало на відновлення після-сезонного відростання травостою за багаторазового його збирання. А врожайність досліджуваних культур була в межах – від 7,6 до 8,5 т/га [6].

У подібному дослідженні, в якому порівнювало врожайність енергетичних культур в штаті Міссурі: *Panicum virgatum* L., *Schizachyrium scoparium* (Michx) та *Sorghastrum nutans* L. було визначено потенціал їх продуктивності. Автори публікації встановили, що ці культури формували врожайність біомаси на рівні або вище 4,0 т/га, тоді як урожай *Tripsacum dactyloides* L. становив 3,8 т/га [7].

Зарубіжні науковці визначили, що суміші світчграсу і Індіанграсу добре підходять для сталого виробництва енергії з біомаси. Встановлено, що вимоги до азотного живлення для цих сумішей були відносно низькими, що зменшувало виробничі витрати на виробництво біомаси [8].

Результатами досліджень Т. Л. Springer із співавторами доведено ефективність вирощування світчграсу в поєднанні з іншими культурами. Вони

вивчали комплементарні види рослин як альтернативний підхід до виробництва фітомаси. Було вивчено 6 монокультур та 15 бінарних сумішей. Поєднання цих рослин дозволило збільшити врожайність біомаси до 12,3–13,6 т/га [9].

Нашими попередніми дослідженнями визначено ефективність вирощування світчграсу разом із люпином багаторічним: як в плані збільшення врожайності біомаси, так і використання для очищення ґрунтів [10].

Поряд з цим, інші науковці визначили, що застосування певного комплексу агрозаходів за вирощування енергетичних культур збільшує їх врожайність, підвищує енергопродуктивність та забезпечує більший вихід енергії [11–13].

Тому, подальше вивчення особливостей формування врожайності й пошуку шляхів збільшення обсягів біомаси та її енергопродуктивності має актуальне значення. У зв'язку з тим, що досліджень малопоширених енергокультур на території України обмаль, нами були проведені дослідження з пошуку заходів збільшення врожайності та енергопродуктивності біомаси цих культур.

Мета дослідження

Метою дослідження є визначення впливу сумісного вирощування енергокультур на врожайність їхньої надземної вегетативної фітомаси та енергопродуктивність посівів.

Передбачено виконання наступних завдань дослідю:

1. Встановити рівень врожайності надземної вегетативної маси (біомаси) за сумісного вирощування енергетичних культур.
2. Визначити енергопродуктивність різних сумішок енергокультур в розрізі варіантів дослідю.

Матеріали і методи

Дослід закладено і проведено в умовах Дніпровської області на маргінальних ґрунтах упродовж 2018–2022 років. Ґрунти дослідної ділянки мали наступні характеристики, що відповідали визначенню «маргінальні»: вміст гумусу – низький – на рівні 2,8 %, лужно-гідролізованого азоту – 105,5 мг/кг ґрунту, фосфору – 114,6 мг/кг ґрунту, рН сольове становить 6,8.

Погодні умови протягом періоду проведення досліджень характеризувалися щомісячною мінливістю як за температурою повітря, так і за кількістю опадів порівняно із середньобагаторічними показниками.

Найбільш повно погодні умови можливо охарактеризувати за гідро-термічним коефіцієнтом (ГТК). Протягом періоду вегетації енергетичних культур ГТК був мінливим: у 2018 році він становив 0,63, у 2019 – 0,81, у 2020 році – 0,92, у 2021 – 0,53, а у 2022 – 0,87. Тобто, майже в усі роки дослідження відмічали посушливі умови протягом вегетаційного періоду енергокультур, що були поставлені на вивчення.

Дослід закладено й проведено згідно методики дослідної справи в агрономії [14] за схемою двофакторного експерименту із рослинами енергетичних культур: світчграс (*Panicum virgatum*L.), сорго багаторічне (*Sorghum alnum Parodi*), сорговник поникаючий (*Sorghastrum nutans (L.) Nash*), Біг-блуестем – бородач Жерарді (*Andropogon gerardii Vitman*).

За проведення експерименту ми застували: загальнонаукові методи, так і спеціальні методи, в т.ч.: польовий – визначення взаємодії енергокультур з умовами вирощування; ваговий – визначення врожайності біомаси енергетичних культур; лабораторно-аналітичний – визначення енергоємності біомаси енергетичних культур, розрахунковий – встановлення енергопродуктивності посівів енергетичних культур. Також був застосований математично-статистичний аналіз отриманих результатів досліджень (дисперсійний метод). Він полягав у визначенні суттєвої різниці між варіантами досліду згідно НІР при 5% рівні значущості.

Варіанти досліду поєднували:

- Sw – одновидові посіви світчграсу (варіант 1, контроль),
- Sa – одновидові посіви сорго багаторічного (варіант 2, ум. контроль),
- Bb – одновидові посіви Біг-блуестему (варіант 3, ум. контроль),
- Ig – одновидові посіви індіанграсу (варіант 4, контроль),
- Sw+Sa – сумісні посіви світчграсу та сорго багаторічного (варіант 5),
- Sw+Bb – сумісні посіви світчграсу та Біг-блуестему (варіант 6),
- Sw+Ig – сумісні посіви світчграсу та індіанграсу (варіант 7),
- Sa+Bb – сумісні посіви Біг-блуестему та сорго багаторічного (варіант 8),
- Sa+Ig – сумісні посіви індіанграсу та сорго багаторічного (варіант 9),
- Bb+Ig – сумісні посіви індіанграсу та Біг-блуестему (варіант 10).

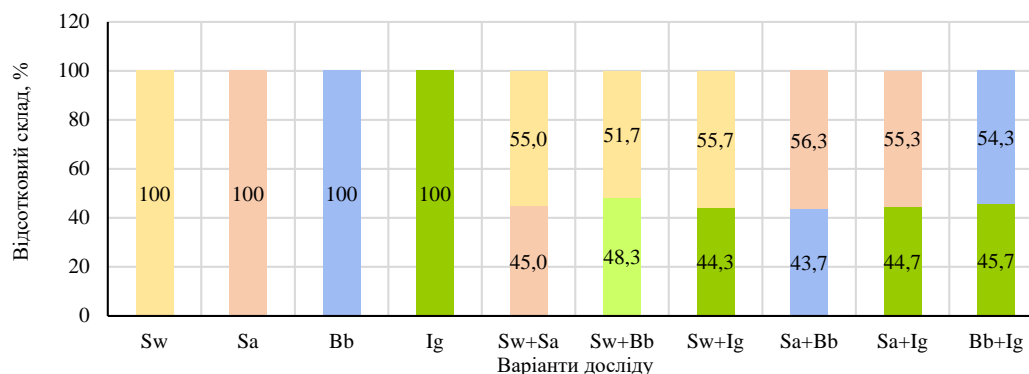


Рис. 1. Структура фітоценозу у польовому досліді, 2018–2022 рр.

Примітки: Sw – одновидові посіви світчграсу (варіант 1, контроль); Sa – одновидові посіви сорго багаторічного (варіант 2, ум. контроль); Bb – одновидові посіви Біг-блуестему (варіант 3, ум. контроль); Ig – одновидові посіви індіанграсу (варіант 4, контроль); Sw+Sa – сумісні посіви світчграсу та сорго багаторічного (варіант 5); Sw+Bb – сумісні посіви світчграсу та Біг-блуестему (варіант 6); Sw+Ig – сумісні посіви світчграсу та індіанграсу (варіант 7); Sa+Bb – сумісні посіви Біг-блуестему та сорго багаторічного (варіант 8); Sa+Ig – сумісні посіви індіанграсу та сорго багаторічного (варіант 9); Bb+Ig – сумісні посіви індіанграсу та Біг-блуестему (варіант 10).

Варіанти у кожному повторенні розміщували рендомізованим методом (табл. 1).

Таблиця 1

Схематичне зображення варіантів у польовому досліді

| Ig | Sw+Ig | Ig | Sa |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Bb+Ig | Bb | Sa+Bb | Sw+Ig |
| Sw+Bb | Sa+Ig | Sw | Bb |
| Sw | Sw+Sa | Sw+Sa | Sw+Bb |
| Sa+Bb | Sa | Sw+Bb | Sa+Bb |
| Sw+Ig | Sw | Bb | Sw+Sa |
| Sa+Ig | Sa+Bb | Bb+Ig | Sw |
| Bb | Ig | Sa+Ig | Bb+Ig |
| Sw+Sa | Sw+Bb | Sw+Ig | Sa+Ig |
| Sa | Bb+Ig | Sa | Ig |
| 1 повторення | 2 повторення | 3 повторення | 4 повторення |

Примітки: Sw – одновидові посіви світчграсу (варіант 1, контроль); Sa – одновидові посіви сорго багаторічного (варіант 2, ум. контроль); Bb – одновидові посіви Біг-блуестему (варіант 3, ум. контроль); Ig – одновидові посіви індіанграсу (варіант 4, контроль); Sw+Sa – сумісні посіви світчграсу та сорго багаторічного (варіант 5); Sw+Bb – сумісні посіви світчграсу та Біг-блуестему (варіант 6); Sw+Ig – сумісні посіви світчграсу та індіанграсу (варіант 7); Sa+Bb – сумісні посіви Біг-блуестему та сорго багаторічного (варіант 8); Sa+Ig – сумісні посіви індіанграсу та сорго багаторічного (варіант 9); Bb+Ig – сумісні посіви індіанграсу та Біг-блуестему (варіант 10).

У наших дослідженнях врожайність так званої «сирої» (фітомаси) та «сухої» (біомаси) надземної маси енергетичних культур визначали після закінчення вегетації рослин [15].

Енергопродуктивність біомаси енергетичних культур розраховували відповідно методики [16]. Статистичний обрахунок даних досліду здійснювали відповідно методичних вказівок [17].

Результати та їх обговорення

За результатами багаторічних досліджень встановлено, що сумісне вирощування енергетичних культур дозволяє оптимізувати структуру фітоценозу і найбільш доцільно використати площу. Це сприяє рівномірному розподілу рослин у відсотковому складі, інтенсивнішому росту й розвитку енергетичних культур, затіненню й витісненню ними бур'янів (рис. 1).

Визначено, що одновидові посіви енергетичних культур займали 100 % склад, тоді як у сумісних посівах відмічалось варіювання за даним показником – від 43,7 до 55,7 % залежно від складу травосумішки. Що пов'язуємо із природньою

конкуренцією рослин за світло та поживні речовини при розміщенні їх сумісно на одній площі.

Оптимізація видового складу у сумісних посівах енергетичних культур впливає на рівень врожайності біомаси рослинних компонентів за роками досліджень (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність біомаси енергетичних культур (т/га), 2018–2022 рр.

| Варіанти | Рік вегетації | | | Середнє за роки | Прибавка до контролю |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|----------------------|
| | перший (2018-2020 рр.) | другий (2019-2021 рр.) | третій (2020-2022 рр.) | | |
| Sw | 9,3 | 12,8 | 14,9 | 12,3 | - |
| Sa | 8,1 | 12,9 | 13,5 | 11,5 | - |
| Bb | 6,2 | 7,8 | 10,7 | 8,2 | - |
| Ig | 7,8 | 10,4 | 11,2 | 9,8 | - |
| Sw+Sa | 9,5 | 13,0 | 14,4 | 12,3 | 0,0 |
| Sw+Bb | 9,6 | 13,8 | 14,9 | 12,8 | 0,5 |
| Sw+Ig | 10,1 | 14,3 | 15,0 | 13,1 | 0,8 |
| Sa+Bb | 8,3 | 13,4 | 13,6 | 11,8 | 0,3 |
| Sa+Ig | 9,5 | 13,2 | 14,1 | 12,3 | 0,5 |
| Bb+Ig | 7,6 | 11,3 | 12,5 | 10,5 | 2,3 |
| НІР ₀₅ | 0,05 | 0,03 | 0,06 | 0,25 | |

Примітки: Sw – одновидові посіви світчграсу (варіант 1, контроль); Sa – одновидові посіви сорго багаторічного (варіант 2, ум. контроль); Bb – одновидові посіви Біг-блюстему (варіант 3, ум. контроль); Ig – одновидові посіви індіанграсу (варіант 4, контроль); Sw+Sa – сумісні посіви світчграсу та сорго багаторічного (варіант 5); Sw+Bb – сумісні посіви світчграсу та Біг-блюстему (варіант 6); Sw+Ig – сумісні посіви світчграсу та індіанграсу (варіант 7); Sa+Bb – сумісні посіви Біг-блюстему та сорго багаторічного (варіант 8); Sa+Ig – сумісні посіви індіанграсу та сорго багаторічного (варіант 9); Bb+Ig – сумісні посіви індіанграсу та Біг-блюстему (варіант 10).

3-поміж варіантів дослідження, порівняно із одновидовими посівами, найбільшу прибавку врожаю забезпечило сумісне вирощування Bb+Ig (2,3 т/га). Але на цих варіантах дослідження, порівняно з іншими формувалася суттєво нижча врожайність біомаси (10,5 т/га).

Найбільшу врожайність надземної вегетативної маси за сухою речовиною забезпечили варіанти

сумісного вирощування Sw+Ig – на рівні 13,1 т/га (прибавка 0,8 т/га) та Sw+Bb – 12,8 т/га (прибавка 0,5 т/га). На рівні стандарту (в межах НІР₀₅) врожайність за сухою масою була на варіантах: Sw+Sa – 12,3 т/га та Sa+Bb – 11,8 т/га.

Вміст вологи у фітомасі на час збору врожаю має істотний вплив на рівень врожайності за сухою біомасою (рис. 2).

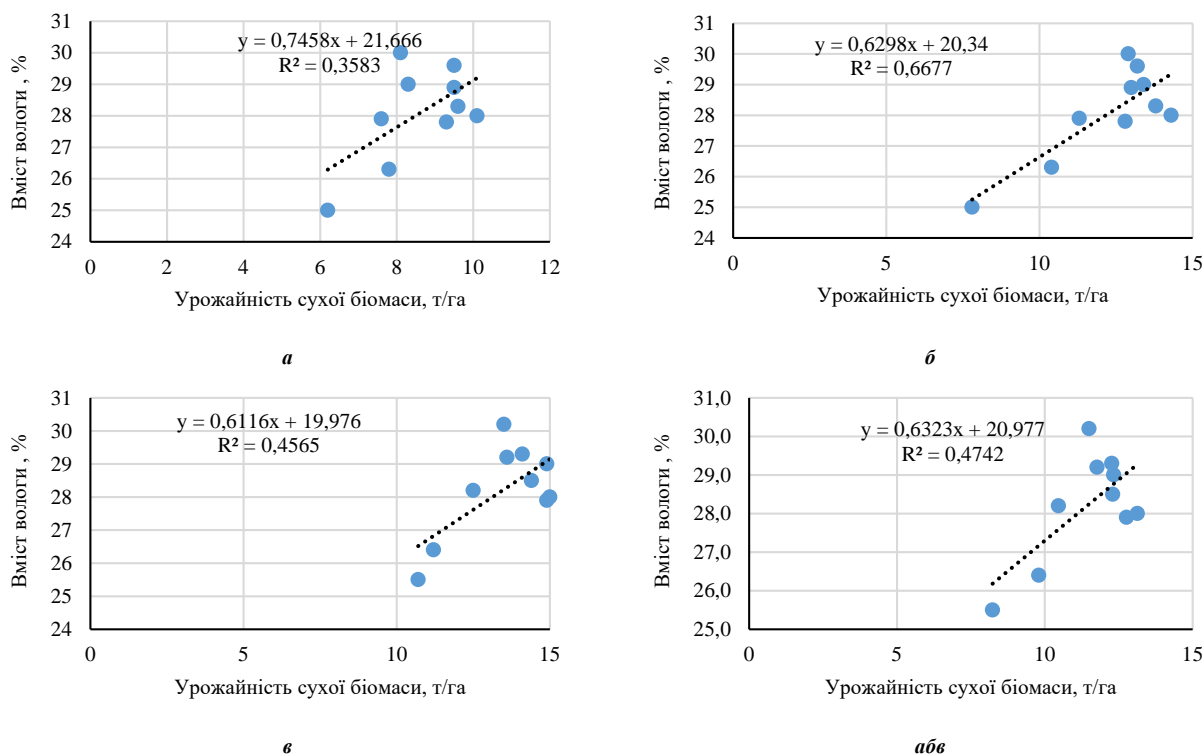


Рис. 2. Зв'язок між вмістом вологи у фітомасі та врожайністю сухої біомаси за усіма видами посіву, 2018–2022 рр.

Примітки: а – перший рік дослідження, б – другий рік дослідження, в – третій рік дослідження, абв – за три роки дослідження.

Встановлено, що вміст вологи у фітомасі та врожайність сухої біомаси енергетичних культур у середньому за роки дослідження на 47,0 % мають взаємозалежність за коефіцієнтом апроксимації ($R^2 = 0,47$).

Після визначення вмісту енергії в сухій біомасі (що була в межах 16,9–17,2 МДж/кг), було розраховано енергопродуктивність посівів енергетичних культур на різних варіантах досліду в розрізі років (рис. 3).

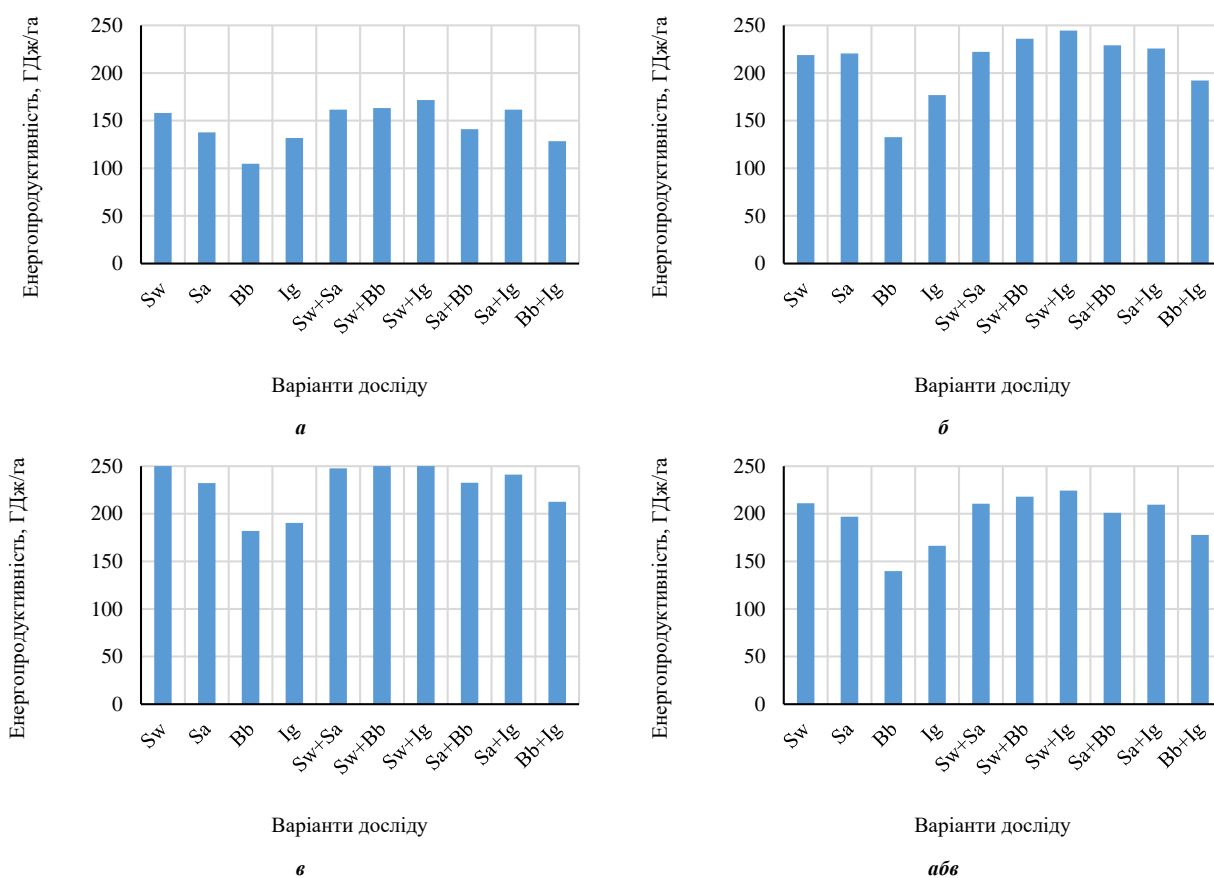


Рис. 3. Енергопродуктивність біомаси енергетичних культур (ГДж/га), 2018–2022 рр.

Примітки: а – перший рік дослідження, б – другий рік дослідження, в – третій рік дослідження, абв – за три роки дослідження.

Sw – одновидові посіви світчграсу (варіант 1, контроль); Sa – одновидові посіви сорго багаторічного (варіант 2, ум. контроль); Bb – одновидові посіви Біг-блюестему (варіант 3, ум. контроль); Ig – одновидові посіви індіанграсу (варіант 4, контроль); Sw+Sa – сумісні посіви світчграсу та сорго багаторічного (варіант 5); Sw+Bb – сумісні посіви світчграсу та Біг-блюестему (варіант 6); Sw+Ig – сумісні посіви світчграсу та індіанграсу (варіант 7); Sa+Bb – сумісні посіви Біг-блюестему та сорго багаторічного (варіант 8); Sa+Ig – сумісні посіви індіанграсу та сорго багаторічного (варіант 9); Bb+Ig – сумісні посіви індіанграсу та Біг-блюестему (варіант 10).

Результати досліджень переконливо доводять, що сумісне вирощування світчграсу і індіанграсу (Sw+Ig), порівняно із одновидовими посівами (Sw) значно збільшує кількість енергії, отриманої із одного гектара – на 13,1 ГДж/га, на варіанті 6 (Sw+Bb) – на 6,9 ГДж/га, на варіанті 8 (Sa+Bb) – на 4,1 ГДж/га, на варіанті 9 (Sa+ Ig) – на 12,6 ГДж/га, на варіанті 10 (Bb+Ig) – на 11,4 ГДж/га. На інших варіантах досліду за сумісного вирощування енергокультур отримали енергопродуктивність на рівні контролю.

Результати наших досліджень знайшли своє підтвердження у публікаціях інших авторів, за результатами яких визначено ефективність вирощування енергетичних культур у одновидових та сумісних посівах. При цьому, відзначається екологічний ефект вирощування енергетичних культур [18], збільшення їх врожайності [19–21] та енергопродуктивності посівів [22] за різного розміщення рослинних компонентів у фітоценозах.

Це цілком збігається із розробленню нами моделлю створення штучних фітоценозів. Що

дозволяє проводити меліорацію з використанням енергетичних культур на основі агроекологічного моніторингу та агрономічного обґрунтування їх вирощування [23].

Висновок

1. Встановлено, що розміщення енергетичних культур в сумісних посівах світчграсу й Біг-блюестему (Sw+Bb), світчграсу й індіанграсу (Sw+Ig) та сорго багаторічного й індіанграсу (Sa+Ig) дозволяє збільшити загальну врожайність за сухою біомасою, відповідно до 12,8, 13,1 та 12,3 т/га.

2. На основі енергоємності біомаси (16,9–17,2 МДж/кг), що залежала від вмісту вологи у фітомасі та рівня врожайності біомаси визначено, що найбільшу кількість енергії можна отримати від сумісного вирощування світчграсу й індіанграсу (224,2 ГДж/га) та світчграсу й Біг-блюестему (218,0 ГДж/га).

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у встановленні шляхів поліпшення якості

біомаси малопоширених культур для біопаливного використання.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

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

References

1. Humentyk, M. Ya. (Red.). (2018). *Vyroshchuvannia bioenerhetychnykh kultur*. Kyiv: Komprint [in Ukrainian]
2. Rakhmetov, D. B. (2011). *Teoretychni ta prykladni aspekty introdukciyi roslyn v Ukrayini: monografiya*. Kyiv: Agrar Media Grup [in Ukrainian]
3. Roik, M. V., Hanzhenko, O. M., Fuchylo, Ya. D., & Kvak, V. M. (2019). Ekonomichni aspekty vyroshchuvannia bahatorichnykh enerhetychnykh kultur. *Bioenerhetyka*, 1 (13), 4–7. [in Ukrainian]
4. Kulyk, M. I., Taranenko, A. O., D'omin, D. G., & Rozhko, I. I. (2022). Agroecological aspects of rare energy crops growing in order to produce sustainable plant biomass. *Development trends of the world agriculture in the XXIst century: the view of the modern scientific community: Scientific monograph*. Riga, Latvia: "Baltija Publishing".
5. 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>
6. Temu, V., Rude, B., & Baldwin, B. (2014). Nutritive value response of native warm-season forage grasses to harvest intervals and durations in mixed stands. *Plants*, 3 (2), 266–283. <https://doi.org/10.3390/plants3020266>
7. Angima, S. D., Kallenbach, R. L., & Riggs, W. W. (2009). Optimizing hay yield under lower nitrogen rates for selected warm-season forages. *Electronic Journal of Integrative Biosciences*, 7, 1–6.
8. Mulkey, V. R., Owens, V. N., & Lee, D. K. (2008). Management of warm-season grass mixtures for biomass production in South Dakota USA. *Bioresource Technology*, 99 (3), 609–617. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.12.035>
9. Springer, T. L., Aiken, G. E., & McNew, R. W. (2001). Combining ability of binary mixtures of native, warm-season grasses and legumes. *Crop Science*, 41(3), 818–823. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.413818x>
10. Kulyk, M., Galytskaya, M., Plaksienko, I., Kocherga, A., & Mishchenko, O. (2020). Switchgrass and lupin as phytoremediation crops of contaminated soil. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Proceedings SGEM 2020, Ecology, Economics, Education and Legislation*. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.098>
11. Lemus, R., Charles Brummer, E., Lee Burras, C., Moore, K. J., Barker, M. F., & Molstad, N. E. (2008). Effects of nitrogen fertilization on biomass yield and quality in large fields of established switchgrass in southern Iowa, USA. *Biomass and Bioenergy*, 32 (12), 1187–1194. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.02.016>
12. Miesel, J. R., Jach-Smith, L. C., Renz, M. J., & Jackson, R. D. (2017). Distribution of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) above-ground biomass in response to nitrogen addition and across harvest dates. *Biomass and Bioenergy*, 100, 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.03.012>
13. Kulyk, M. I., Kurylo, V. L., & Kalinichenko, O. V. (2019). Urozhainist ta enerhetychna efektyvnist vyrobnystva vidnovliuvanoi roslynnoi syrovyny enerhetychnykh kultur. In: Kulyk, M. I., & Kalinichenko, O. V. (reds.). *Optymalni enerhetychni systemy z urakhuvanniam naiavnogo potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii u Lisostepu Ukrainy: kolektyvna monohrafiya*. Poltava [in Ukrainian]
14. Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian].
15. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). Methodology of conducting field and laboratory researches with switchgrass (*Panicum virgatum* L.). Poltava [in Ukrainian]
16. Dubrovin, V. O., Holub, H. A., Drahnev, S. V., Heletukha, H. H., Zheleznaia, T. A., Kucheruk, P. P., Matveiev, Yu. B., Kudria, S. O., Zabarnyi, H. M., & Masliukova, Z. V., 2013. *Metodyka uzahalnenoj otsinky tekhnichno-dosiazhnogo enerhetychnoho potentsialu biomasy*. Kyiv: TOV.«Viol-prynt [in Ukrainian]
17. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychni analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6: Metodychni vkazivky*. Kyiv [in Ukrainian]
18. Delucia, E. H., Heckathorn, S. A., & Day, T. A. (1992). Effects of soil temperature on growth, biomass allocation and resource acquisition of *Andropogon gerardii* Vitman. *New Phytologist*, 120 (4), 543–549. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1992.tb01804.x>
19. McKone, M. J., Lund, C. P., & O'Brien, J. M. (1998). Reproductive biology of two dominant prairie grasses (*Andropogon gerardii* and *sorghastrum nutans*, Poaceae): male-biased sex allocation in wind-pollinated plants? *American Journal of Botany*, 85 (6), 776–783. <https://doi.org/10.2307/2446412>
20. Weik, L., Kaul, H. -P., Kübler, E., & Aufhammer, W. (2002). Grain Yields of perennial grain crops in pure and mixed stands. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188 (5), 342–349. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2002.00580.x>
21. Jungers, J. M., DeHaan, L. R., Betts, K. J., Sheaffer, C. C., & Wyse, D. L. (2017). Intermediate wheatgrass grain and forage yield responses to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 109 (2), 462–472. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.07.0438>
22. Roik, M. V., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., & Hanzhenko, O. M. (2011). Rol i miste fitoenerhetyky v palyvno-enerhetychnomu kompleksi Ukrainy. *Tsukrovi Buriaky*, 1, 6–7. [in Ukrainian]
23. Kulyk, M., D'omin, D., & Rozhko, I. (2021). Reclamation of marginal lands using rare energy crops. *European Vector of Development of the Modern Scientific Researches*. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-077-3-27>

ORCID

D. D'omin  <https://orcid.org/0000-0002-2421-0729>
M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>



2023 D'omin D. 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.

Influence of weather conditions and fertilizer systems on the winter wheat yield

O. Barabolia  | S. Doronin

Article info

Correspondence Author

O. Barabolia

E-mail:

olga.barabolia@pdau.edu.ua

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

Citation: Barabolia, O., & Doronin, S. (2023). Influence of weather conditions and fertilizer systems on the winter wheat yield. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 24–30. doi: 10.31210/spi2023.26.01.04

Growing different varieties of winter wheat, combining high productivity with adaptability, is impossible without studying the patterns of variability of yield formation depending on weather and soil conditions of the territory, fertilizer systems and fertilizer options. The aim of the study is to determine the effect of weather conditions on the formation of winter wheat yields of varieties Vidrada, Sahaidak and Orzhytsia using different fertilizer systems. The study was conducted during 2020–2022 in the production conditions of the forest-steppe zone of Ukraine. Winter wheat varieties of Ukrainian selection were studied. They are characterized by high productivity, sufficient resistance to diseases and stress factors. It was determined that the most favorable by temperature and precipitation during the growing season was 2021, hence the yield of all experimental varieties has increased in comparison with 2020. The year 2022 was the least favourable due to a prolonged cool spring, a dry June and heavy rainfall in July. The crop capacity of winter wheat under these conditions fluctuated against the background without basic fertilization with different variants of additional fertilization and fertilization by varieties in 2021 and 2022 respectively: Vidrada – 6.9–7.6 t/ha and 5.2–5.6 t/ha; Sahaidak – 8.0–8.6 t/ha and 7.2–7.6 t/ha; Orzhytsia – 6.0–6.4 t/ha and 5.1–5.6 t/ha. It was determined that the influence of weather conditions on the yield of winter wheat of the experimental varieties is on average 10–12 %. The application of N30P60K60 with the main fertilizer contributed to increasing the average yield of the experimental varieties of wheat by 9.1–13.2 % under different variants of fertilization and was the most effective for the additional fertilizer N 60 with the additional fertilizer Mono Copper and CAM. The most effective over the years of research additional fertilizer N 60 with fertilizer variants Mono Copper, CAM or their combined use in the phase of tillering on the background without basic fertilizer (the average yield of varieties): Vidrada – 6.3–6.7 t/ha; Sahaidak – 6.3–6.7 t/ha; Orzhytsia – 5.9–6.3 t/ha. On a background of application of N30P60K60 with the additional fertilizer N 60 the highest average yield for 2020–2022 is provided by feeding with CAM or its compatible use with Mono Copper for the following varieties: Vidrada – 7.1–7.5 t/ha; Sahaidak – 9.1–9.5 t/ha; Orzhytsia – 6.7–7.1 t/ha.

Key words: winter wheat, yield, fertilizer, fertilizer option, growing season.

Вплив погодних умов і систем удобрення на урожайність пшениці озимої

О. В. Бараболя | С. М. Доронін

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Вирощування різних сортів пшениці озимої, що поєднують високу продуктивність з адаптивністю, неможливе без вивчення закономірностей мінливості формування врожайності в залежності від погодних і ґрунтових умов території, систем удобрення та варіантів підживлення. Метою дослідження є визначення впливу погодних умов на формування врожайності пшениці озимої сортів Відрода, Сагайдак і Оржиця за різних систем удобрення. Дослідження проведено протягом 2020–2022 рр. у виробничих умовах у лісостеповій зоні України. Досліджувалися сорти пшениці озимої української селекції, що характеризуються високою продуктивністю, достатньою стійкістю до хвороб і стресових факторів. Визначено, що найбільш сприятливим за температурою й опадами у вегетаційний період виявився 2021 р., що дозволило збільшити врожайність всіх дослідних сортів пшениці відносно 2020 р. Найменш сприятливим став 2022 р. через затяжну прохолодну весну, посушливий червень і сильні опади у липні. Врожайність пшениці озимої за цих умов коливалася на фоні без основного удобрення за різних варіантів додаткового удобрення та підживлення за сортами у 2021 і 2022 рр. відповідно: Відрода – 6,9–7,6 т/га і 5,2–5,6 т/га; Сагайдак – 8,0–8,6 т/га і 7,2–7,6 т/га; Оржиця – 6,0–6,4 т/га і 5,1–5,6 т/га. Визначено, що вплив погодних умов на врожайність пшениці озимої дослідних сортів складає у середньому 10–12 %. Застосування N₃₀P₆₀K₆₀ за основного удобрення сприяло збільшенню середньої врожайності дослідних сортів пшениці на 9,1–13,2 % за різних варіантів підживлення та є найбільшим для додаткового удобрення N 60 за сумісного підживлення Моно Мідь і КАС. Найбільш ефективним за роки досліджень є додаткове удобрення N 60 з варіантами підживлення Моно Мідь, КАС або їх сумісним використанням у фазі кушення на фоні без основного удобрення (середня врожайність за сортами): Відрода – 6,3–6,7 т/га; Сагайдак – 6,3–6,7 т/га; Оржиця – 5,9–6,3 т/га. На фоні застосування N₃₀P₆₀K₆₀ з додатковим удобренням N 60 найбільшу середню врожайність за 2020–2022 рр. забезпечено підживленням КАС або його сумісним використанням з Моно Мідь за сортами: Відрода – 7,1–7,5 т/га; Сагайдак – 9,1–9,5 т/га; Оржиця – 6,7–7,1 т/га.

Ключові слова: пшениця озима, врожайність, удобрення, підживлення, вегетаційний період.

Бібліографічний опис для цитування: Бараболя О. В., Доронін С. М. Вплив погодних умов і систем удобрення на урожайність пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 24–30.

Вступ

У всьому світі пшениця є другою за обсягом виробництва зерновою культурою після кукурудзи. З огляду на наслідки зміни клімату, було прогнозовано втрати глобальної врожайності пшениці на рівні $6,0 \pm 2,9$ % з кожним підвищенням градуса Цельсія [1]. Дослідження [2] стверджують, що при підвищенні температури на 2 °C врожайність пшениці зменшується на 1–28 %, а при підвищенні температури на 4 °C – на 6–55 %. Понад два десятиліття тому було визначено, що збільшення екстремальних погодних явищ в Європі призведе до зниження врожайності та більшої мінливості врожаю [3].

Отже, стабілізація врожайності в умовах зміни погоди та клімату є однією з основних проблем сучасного рослинництва. Відомо, що застосування засобів інтенсифікації певною мірою дозволяє зменшити коливання врожайності пшениці озимої з року в рік, але проблема залишається актуальною [4, 5]. Одним із найбільш реальних шляхів її вирішення є вирощування адаптивних сортів пшениці озимої до відповідних природно-кліматичних і ґрунтових умов [6, 7].

У випадку пшениці озимої посуха та тепловий стрес є двома найбільш широко дослідженими кліматичними факторами. Посуха впливає як на розростання листя, так і на продуктивність фотосинтезу. Встановлено, що відмінності в накопиченні біомаси переважно є результатом накопичення біомаси від середини цвітіння до остаточного врожаю [8]. Тривалість і швидкість фази досягання визначають кінцеву масу зерна. Висока температура та посуха є основними стресовими факторами під час дозрівання зернових культур. Обмеження води та висока температура під час розвитку зерна призводять до значних втрат урожаю в основному через зменшення накопичення крохмалю [9]. Зазначається, що обмежені азотно-водні умови призводять до негативних змін урожайності у випадку озимих культур порівняно з лише обмеженням води [10].

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.), посіяна восени, вимагає впливу низьких температур, але без сильних морозів на стадії росту, щоб запустити репродуктивну стадію навесні [11]. У процесі розвитку культура проходить генеративні фази, які визначають продуктивну здатність культури [12].

Особливістю розвитку пшениці озимої є отримання хороших сходів і куцтості [13, 14]. Врожайність пшениці озимої не є чутливою до температури, сумарних температур, опадів, але вона чутлива до теплового стресу. Найбільшу чутливість виявлено у зерномолочній фенологічній стадії на 23-му календарному тижні [11]. У дослідженні [15] визначено, що пшениця озима має два найбільш чутливі періоди до короткотривалого (2–5 днів) високотемпературного стресу, один між 8 і 6 днями до цвітіння, а інший між 2 і 0 днями до цвітіння.

Таким чином, фіксація основних фаз розвитку пшениці озимої в залежності від погодних умов дозволяє визначити стан посівів, оперативно вживати заходи зменшення втрат від несприятливих факторів і прогнозувати продуктивність культури [16, 17].

Важливого значення у цьому процесі набуває тепловий стрес, врахування дії якого на пшеницю озиму сприяє її успішному вирощуванню та підвищенню врожайності в майбутньому.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у визначенні впливу погодних умов на формування врожайності пшениці озимої сортів Відрада, Сагайдак і Оржиця за різних систем удобрення в умовах Лісостепу.

Завдання дослідження: здійснити аналіз впливу погодних умов 2020–2022 рр. на врожайність дослідних сортів пшениці озимої; визначити найбільш ефективну систему основного та додаткового удобрення культури за відповідних природно-кліматичних умов; проаналізувати вплив різних варіантів підживлення у фазі куцтіння пшениці озимої на її врожайність.

Матеріали і методи

Дослідження пшениці озимої сортів Відрада, Сагайдак і Оржиця було проведено протягом 2020–2022 рр. в умовах виробництва с. Кравченки Миргородського району Полтавської області, розташованого у лісостеповій фізико-географічній зоні. За кліматичними характеристиками Миргородський район відноситься до Центрального середньо зволоженого району [18]. Ґрунтовий покрив представлений чорноземами глибокими на лесових породах з вмістом гумусу 3,4 % [19]. Насиченість ґрунтів основними поживними речовинами (азотом, фосфором, калієм), що безпосередньо впливають на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, є незначно нижчою від стандартів, однак їх кількість достатня для забезпечення живлення рослин: близько 120,3 мг/кг фосфатів та 109,7 мг/кг калію [18].

У дослідженні використана методика дослідної справи [20] з урахуванням науково-практичних рекомендацій з вирощування пшениці озимої [21–23]. Використана загальноприйнята технологія вирощування пшениці озимої в умовах Лісостепу, окрім факторів, які досліджувалися.

Дослід передбачав проведення на фоні без добрив і внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення:

- 1) ранньовесняне внесення добрив за схемою: без добрив, 30 і 60 кг/га діючої речовини аміачної селітри;
- 2) позакореневе підживлення у фазу весняного куцтіння:

- *варіант 1:* без підживлення;

- *варіант 2:* з підживленням мікродобривом Моно Мідь (норма внесення 1 л/га) з хімічним складом: N – 5 %, S – 3 %, Cu (схелатована EDTA) – 6 % [24];

- *варіант 3:* підживлення КАС (60 л/га) з вмістом: аміачної селітри – 44,3 %, карбаміду – 35,4 %, води – 19,4 %, аміачної води – 0,5 % [25];

- *варіант 4:* сумісне застосування Моно Мідь і КАС.

Розрахунок гідротермічного коефіцієнту зволоження Г. Т. Селянінова (ГТК) виконувалося за формулою [26]:

$$ГТК = \frac{R}{0,1 \sum T'}$$

де R – кількість опадів за період з температурою вище +10 °С, мм; $\sum T'$ – сума активних температур вище +10 °С, °С.

Облік урожайності пшениці озимої дослідних сортів проводили у фазі повної стиглості методом поділянкового обмолоту.

Результати та їх обговорення

Кліматичні умови в Україні мають постійну динаміку до змін і коливань, що обумовлює необхідність агровиробників адаптуватися до нових погодних умов на фоні більш ускладнених умов

господарювання через продовження повномасштабного вторгнення з боку країни-агресора [27]. Так, середньорічна температура в Україні зростає втричі швидше, ніж у всьому світі. При цьому з кожним роком фіксується стійке пришвидшення інтенсивності температурного росту в усі сезони, що у порівнянні з багаторічними нормами становить +2,5...+3,0 °С [28]. Відповідна динаміка характерна і для Полтавської області (рис. 1).

Відомо, що значний вплив на якість зерна та врожайність сільськогосподарських культур мають опади, тоді як їх ефективність щорічно значно зменшується через швидке випаровування на фоні помітного зростання температур, що характеризує клімат України вже більше як посушливий.

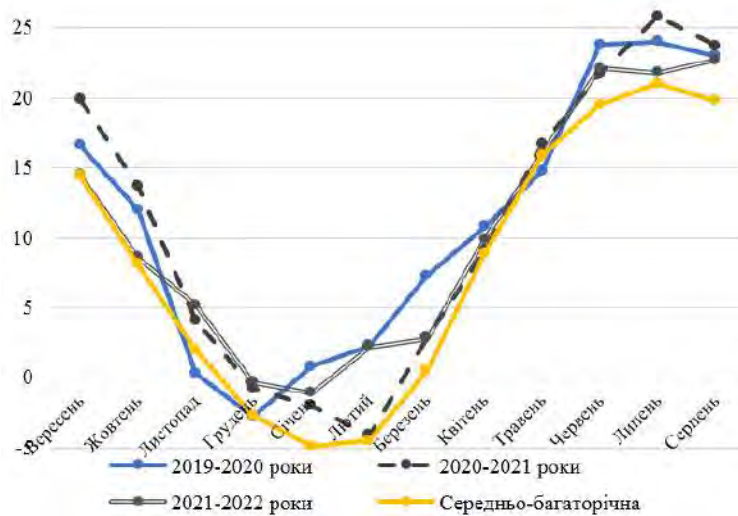


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря у Полтавській області, 2019–2022 рр., °С
Джерело: побудовано за [28–30].

Останні роки місячна норма опадів забезпечується головним чином завдяки короткочасним та інтенсивним зливам протягом однієї доби. У випадку, коли декілька дощів виконують річну норму опадів, створюються непередбачувані та несприятливі

погодні умови з природними катаклізмами (сильні зливи, повені, град тощо). Отже, кліматичні відхилення від норми стають частим і тривалим явищем в Україні взагалі та Полтавській області зокрема (рис. 2).

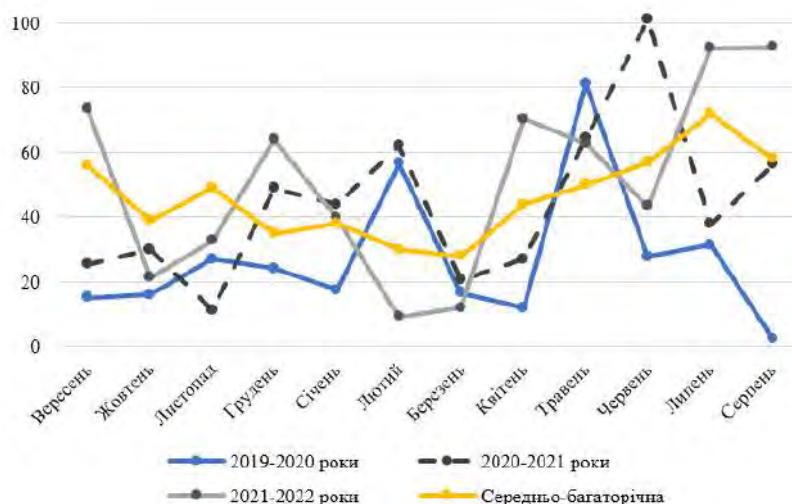


Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів у Полтавській області, 2019–2022 рр., мм
Джерело: побудовано за [28–30].

Погодні умови 2020–2022 рр. місяця проведення дослідів теж відповідало зазначеним тенденціям, про що свідчить розрахований показник ГТК (рис. 3). У 2020 р. усереднений показник ГТК за період

вегетації пшениці озимої у Полтавській області становив 0,6, що свідчить про середню посуху, тоді як у 2021 і 2022 рр. – 1,2 і 1,3 відповідно (достатньо волого).

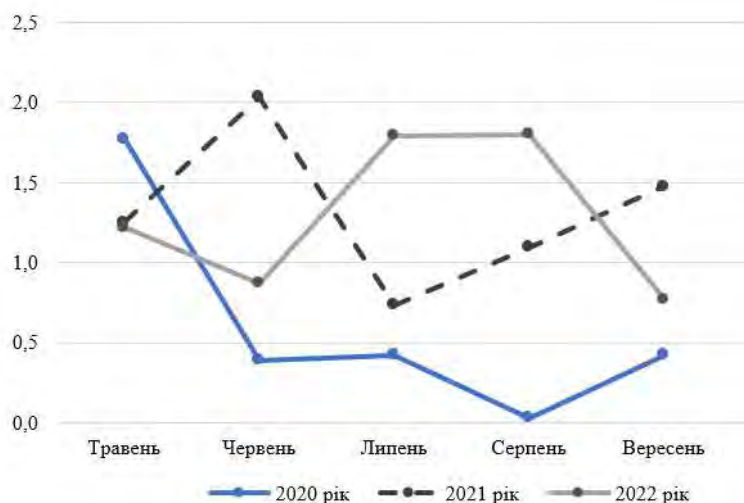


Рис. 3. Динаміка ГТК Полтавської області, 2020–2022 рр.
Джерело: розраховано за [28–30].

Як вже зазначалося, на врожайність пшениці озимої значний вплив має тепловий стрес у відповідних фазах онтогенезу. Так, кількість колосків рослини залежить від тривалості періоду «вихід у трубку», на що напряму впливає достатній рівень забезпечення вологою та відповідний температурний режим. Наукові дослідження свідчать, що підвищення температури повітря в цей період із 20 до 30 °C зменшує кількість колосків на 35 % [31]. Також відзначається, що у фазі «наливання зерна» відбувається формування крупності зерна культури завдяки фотосинтетичній активності: прапорцевого листка – на 45 %, підпрапорцевого й інших листків – на 35 %, колосу – на 20 % [32, 33]. У зв'язку з цим високі температури та посуха у травні–червні не дозволяють отримати потенційний урожай пшениці озимої, оскільки є основними обмежувачами факторами повноцінного функціонування рослин у період наливання зерна.

За періоди досліджень спостерігалось співпадіння періоду наливання зерна пшениці озимої в багатьох регіонах із аномально спекотною температурою. Не виключенням стала і Полтавська область, в якій у 2020 р. у травні місяці було 8 днів з температурою понад 20 °C з кількістю опадів – 81,2 мм, а у червні – 26 днів з максимальною температурою 29,5 °C і 27,7 мм опадів (рис. 1–2).

У 2021 р. травень характеризувався 11 днями з температурою понад 20 °C і 64,3 мм опадів, тоді як

початок червня (до 8 числа) характеризувався температурою від 9,5 до 19 °C з поступовим щоденним збільшенням до максимальної у 32 °C. При цьому кількість опадів у червні 2021 р. становила 101 мм, що сприяло достатній вологості у відповідальні фази формування врожайності культури.

Середньодобова температура травня 2022 р. у Полтавській області становила 16,1 °C (за середньо-багаторічної – 15,9 °C, рис. 1) і трьома днями, коли було вище за 20 °C: 12.05 – 22,5 °C; 21.05 – 20,5 °C; 31.05 – 26 °C. Кількість опадів цей місяць становила 62,7 мм. У червні 2022 року середньодобова температура становила 22,1 °C (за середньо-багаторічної – 19,5 °C) і сумою опадів у 43,4 мм, що нижче середньо-багаторічного показника на 23,9 %. У результаті формування врожайності пшениці озимої відбулося у спекотний і посушливий період, а значні опади після першої декади липня 2022 р. змістили збір урожаю як мінімум на тиждень і погіршили його якість (всього за липень випало 92,2 мм за норми 72 мм, рис. 2). Окрім того, передпосівний період для пшениці озимої в 2022 р. виявився посушливим і відновлення активної вегетації рослин відбулося майже на тиждень пізніше за середні багаторічні строки [34].

Використані дослідні сорти пшениці озимої належать до української селекції, високопродуктивні, стійкі до більшості хвороб і стресових факторів (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика дослідних сортів пшениці озимої

| Сорт пшениці озимої | Висота рослин, см | Період вегетації, дні | Потенціал урожайності, т/га | Стійкість до вилягання, бали | Посухостійкість, бали | Стійкість до осипання, бали |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Відрада | 101–105 | 262–268 | 7,1–7,9 | 6,9–7,3 | 8,2–8,7 | 8,2–9,0 |
| Сагайдак | 99–104 | 279–288 | 11,4 | 8,2–8,6 | 8,1–9,0 | 8,6–8,9 |
| Оржиця | 56–87 | 257–294 | 6,9–9,4 | 8,6–9,0 | 8,6–9,0 | 8,0–9,0 |

Джерело: дані [35–37].

Сорт Відрада, селекції Білоцерківської дослідно-селекційної станції ім. О. К. Коломієць та Л. А. Бурденюк-Тарасевич, рекомендований для вирощування у Поліссі, Лісостепу та Степу. Сорти Сагайдак (для зон Полісся та Лісостеп) і Оржиця (для зони Степ) належать селекції Полтавської державної аграрної академії відносяться до високопродуктивних сортів інтенсивного типу, достатньо стійких до хвороб і стресових факторів.

Погодні умови років досліджень і застосовані агрозаходи призвели до значних коливань урожайності дослідних сортів пшениці озимої. Так, сорт Відрада у 2020 р. показав середню врожайність за роки досліджень за варіантами позакореневого

підживлення у фазу весняного кушіння на фоні без основного добрива на рівні 5,9–6,5 т/га та за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ в основне удобрення – 6,6–7,3 т/га. Найбільші показники урожайності були у 2021 р. на рівні 6,2–6,8 т/га і 6,9–7,6 т/га відповідно. Середня врожайність за роками досліджень представлена у табл. 2–3 з найвищим показником за умови удобрення N 60 за сумісного підживлення Моно Мідь і КАС на рівні 7,2 т/га на фоні без основного удобрення та 7,5 т/га – за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Сорт Сагайдак показав найвищий серед дослідних сортів показник урожайності, який значно коливався під впливом як погодних умов, так і систем удобрення та варіантів підживлення (див. табл. 2–3).

Таблиця 2

Середня врожайність пшениці озимої дослідних сортів на фоні без основного добрив, 2020–2022 рр., т/га

| Система удобрення | Варіанти підживлення | Сорти пшениці озимої | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------|--------|
| | | Відрада | Сагайдак | Оржиця |
| Без добрив | Варіант 1 | 5,7 | 7,6 | 5,7 |
| | Варіант 2 | 6,0 | 7,7 | 5,9 |
| | Варіант 3 | 6,2 | 7,9 | 6,0 |
| | Варіант 4 | 6,4 | 8,2 | 6,2 |
| N 30 | Варіант 1 | 6,3 | 8,1 | 6,1 |
| | Варіант 2 | 6,5 | 8,4 | 6,3 |
| | Варіант 3 | 6,5 | 8,4 | 6,3 |
| | Варіант 4 | 6,7 | 8,6 | 6,4 |
| N 60 | Варіант 1 | 6,5 | 8,2 | 6,2 |
| | Варіант 2 | 6,6 | 8,5 | 6,4 |
| | Варіант 3 | 6,8 | 8,7 | 6,5 |
| | Варіант 4 | 7,2 | 8,9 | 6,7 |

Примітка: варіант 1 – без підживлення; варіант 2 – з підживленням мікродобривом Моно Мідь; варіант 3 – підживлення КАС; варіант 4 – сумісне застосування Моно Мідь і КАС. Джерело: авторські розрахунки.

Наприклад, на фоні без основного удобрення середня урожайність за варіантами підживлення складала: 2020 р. – 7,5–8,2 т/га; 2021 р. – 8,0–8,6 т/га; 2022 р. – 7,2–7,6 т/га. Внесення $N_{30}P_{60}K_{60}$ за основного удобрення збільшило середню врожайність до 8,4–9,2 т/га, 8,9–9,7 т/га і 8,0–8,6 т/га відповідно за

роками, що свідчить про її збільшення в середньому на 10–12 %. Також значний вплив на врожайність сорту Сагайдак здійснило удобрення N 60 за сумісного підживлення Моно Мідь і КАС відносно контролю: 8,5 % – на фоні без добрив, 6,7 % – з удобренням $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Таблиця 3

Середня врожайність пшениці озимої дослідних сортів на фоні $N_{30}P_{60}K_{60}$, 2020–2022 рр., т/га

| Система удобрення | Варіанти підживлення | Сорти пшениці озимої | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------|--------|
| | | Відрада | Сагайдак | Оржиця |
| Без добрив | Варіант 1 | 6,0 | 8,1 | 5,9 |
| | Варіант 2 | 6,1 | 8,1 | 6,0 |
| | Варіант 3 | 6,4 | 8,4 | 6,2 |
| | Варіант 4 | 6,8 | 8,9 | 6,5 |
| N 30 | Варіант 1 | 6,5 | 8,5 | 6,2 |
| | Варіант 2 | 6,5 | 8,6 | 6,2 |
| | Варіант 3 | 6,6 | 8,8 | 6,3 |
| | Варіант 4 | 7,0 | 9,2 | 6,7 |
| N 60 | Варіант 1 | 6,8 | 8,8 | 6,4 |
| | Варіант 2 | 6,8 | 8,8 | 6,5 |
| | Варіант 3 | 7,1 | 9,1 | 6,7 |
| | Варіант 4 | 7,5 | 9,5 | 7,1 |

Джерело: авторські розрахунки.

Сорт Оржиця протягом дослідного періоду виявився найменш врожайним за всіх систем удобрення та варіантів живлення (табл. 2–3). Так, завдяки удобренню N 60 за сумісного підживлення Моно Мідь і КАС у фазі кушіння відбулося збільшення середньої врожайності на фоні без основного добрива на 8,1 %, а за удобрення $N_{30}P_{60}K_{60}$ – 9,2 % відносно контролю. Погодні умови за роки

досліджень також сприяли найбільшій урожайності у 2021 р. (6,2–6,9 т/га за різних систем удобрення) та найменшій у 2022 р. (5,4–6,0 т/га), що свідчить про вплив погоди на урожайність сорту у межах 10,5–11,1 %.

Таким чином, вплив варіантів підживлення по різному впливає на врожайність дослідних сортів (рис. 4).

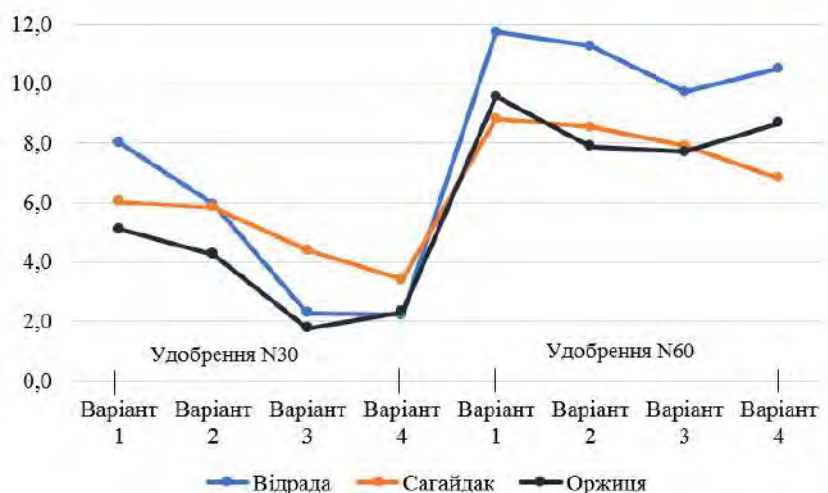


Рис. 4. Вплив варіантів удобрення на врожайність дослідних сортів пшениці озимої за удобрення N 30 і N 60, %
Джерело: авторські розрахунки.

Так, за удобрення N 30 коливання між варіантами підживлення за сортами відносно контролю складає: Відрада – 2,2–8,0 %; Сагайдак – 3,4–6,0 %; Оржиця – 1,8–5,1 %. Удобрення N 60 за різних варіантів підживлення у фазі кушення мають більший вплив на врожайність дослідних сортів пшениці озимої відносно контролю: Відрада – 9,7–11,7 %; Сагайдак – 7,9–8,8 %; Оржиця – 7,7–9,6 %.

Вплив $N_{30}P_{60}K_{60}$ за основного удобрення дослідних сортів пшениці озимої коливається у межах 9,1–13,2 % за різних варіантів підживлення та є найбільшим для сумісного використання Моно Мідь і КАС.

Висновок

Проведене дослідження впливу погодних умов і систем удобрення на врожайність пшениці озимої сортів Відрада, Сагайдак і Оржиця протягом 2020–2022 рр. в умовах Миргородського району Полтавської області дозволяє зробити наступні висновки:

1. Найбільш сприятливим за температурою й опадами у вегетаційний період виявився 2021 р., що дозволило збільшити врожайність усіх дослідних сортів пшениці. Тоді як найменш сприятливим став 2022 р. через затяжну прохолодну весну, посушливий червень і сильні опади у липні. Середня врожайність за цих умов коливалася на фоні без основного удобрення за сортами у 2021 і 2022 рр. відповідно: Відрада – 6,9–7,6 т/га і 5,2–5,6 т/га; Сагайдак – 8,0–8,6 т/га і 7,2–7,6 т/га; Оржиця – 6,0–6,4 т/га і 5,1–5,6 т/га. Визначено, що вплив погодних умов на врожайність пшениці озимої дослідних сортів складає у середньому 10–12 %.

2. Застосування $N_{30}P_{60}K_{60}$ за основного удобрення сприяло збільшенню середньої врожайності дослідних сортів на 9,1–13,2 % за різних варіантів підживлення та є найбільшим для додаткового удобрення N 60 за сумісного підживлення Моно Мідь і КАС.

3. Найбільш ефективним за дослідний період є додаткове удобрення N 60 з варіантами підживлення

Моно Мідь, КАС або їх сумісним використанням у фазі кушення на фоні без основного удобрення: Відрада – 6,3–6,7 т/га; Сагайдак – 6,3–6,7 т/га; Оржиця – 5,9–6,3 т/га. На фоні застосування $N_{30}P_{60}K_{60}$ з додатковим удобренням N 60 найбільшу врожайність забезпечено підживленням КАС або його сумісним використанням з Моно Мідь за сортами: Відрада – 7,1–7,5 т/га; Сагайдак – 9,1–9,5 т/га; Оржиця – 6,7–7,1 т/га.

Перспективи подальших досліджень – визначення впливу погодних умов на якість зерна пшениці озимої сортів Відрада, Сагайдак і Оржиця.

Конфлікт інтересів

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

References

- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., Huang, M., Yao, Y., Bassu, S., Ciaia, P., Durand, J.-L., Elliott, J., Ewert, F., Janssens, I. A., Li, T., Lin, E., Liu, Q., Martre, P., Müller, C., Peng, S., Peñuelas, J., Ruane, A. C., Wallach, D., Wang, T., Wu, D., Liu, Z., Zhu, Y., Zhu, Z., & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(35), 9326–9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., Kimball, B. A., Ottman, M. J., Wall, G. W., & White, J. W. (2015). Rising temperature reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5, 143–147.
- Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239–262. [https://doi.org/10.1016/s1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/s1161-0301(02)00004-7)
- Pavlovskaya, N., Rodimtsev, S., Borodin, D., Vershinin, S., Gagarina, I., & Mikhaylova, Y. (2021). Application of satellite images for assessing winter wheat and spring barley crops on the average NDVI value. *E3S Web of Conferences*, 279, 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127903012>
- Simic Milas, A., & Vincent, R. K. (2016). Monitoring Landsat vegetation indices for different crop treatments and soil chemistry. *International Journal of Remote Sensing*, 38(1), 141–160. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1259680>

6. Esaulko, A., Sitnikov, V., Pismennaya, E., Vlasova, O., Golosnoi, E., Ozheredova, A., Ivolga, A., & Erokhin, V. (2022). Productivity of Winter Wheat Cultivated by Direct Seeding: Measuring the Effect of Hydrothermal Coefficient in the Arid Zone of Central Fore-Caucasus. *Agriculture*, 13 (1), 55. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010055>
7. Guha, S., & Govil, H. (2021). Relationship between land surface temperature and normalized difference water index on various land surfaces: A seasonal analysis. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6 (3), 165–173. <https://doi.org/10.26833/ijeg.821730>
8. Rose, T., Nagler, S., & Kage, H. (2017). Yield formation of Central-European winter wheat cultivars on a large scale perspective. *European Journal of Agronomy*, 86, 93–102. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.03.003>
9. Barnabás, B., Jäger, K., & Fehér, A. (2007). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Environment*, 31 (1), 11–38. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x>
10. Webber, H., Zhao, G., Wolf, J., Britz, W., Vries, W. de, Gaiser, T., Hoffmann, H., & Ewert, F. (2015). Climate change impacts on European crop yields: Do we need to consider nitrogen limitation? *European Journal of Agronomy*, 71, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.002>
11. Huzsvai, L., Zsembeli, J., Kovács, E., & Juhász, C. (2022). Response of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Yield to the Increasing Weather Fluctuations in a Continental Region of Four-Season Climate. *Agronomy*, 12 (2), 314. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020314>
12. Medina, H., Tian, D., & Abebe, A. (2021). On optimizing a MODIS-based framework for in-season corn yield forecast. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 95, 102258. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102258>
13. Sarker, J. R., Singh, B. P., Cowie, A. L., Fang, Y., Collins, D., Badgery, W., & Dalal, R. C. (2018). Agricultural management practices impacted carbon and nutrient concentrations in soil aggregates, with minimal influence on aggregate stability and total carbon and nutrient stocks in contrasting soils. *Soil and Tillage Research*, 178, 209–223. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.019>
14. Sankaran, S., Khot, L. R., & Carter, A. H. (2015). Field-based crop phenotyping: Multispectral aerial imaging for evaluation of winter wheat emergence and spring stand. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.09.001>
15. Prasad, P. V. V., & Djanaguiraman, M. (2014). Response of floret fertility and individual grain weight of wheat to high temperature stress: sensitive stages and thresholds for temperature and duration. *Functional Plant Biology*, 41 (12), 1261. <https://doi.org/10.1071/fp14061>
16. Crippen, R. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment*, 34 (1), 71–73. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90085-z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-z)
17. Sabzchi-Dehkharghani, H., Nazemi, A. H., Sadraddini, A. A., Majnooni-Heris, A., & Biswas, A. (2021). Recognition of different yield potentials among rain-fed wheat fields before harvest using remote sensing. *Agricultural Water Management*, 245, 106611. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106611>
18. *Ahroekonomichnyi atlas Myrhorodskoho raionu Poltavskoi oblasti*. (2013). Kyiv: Instytut mistsevoho rozvytku [In Ukrainian]
19. Interaktyvna karta hruntiv Ukrainy. Poltavska oblast. Retrieved from: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#w15> [in Ukrainian]
20. Didora, V. H., Smahlii, O. F., & Ermantraut, E. R. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii* : navch. posib. Kyiv: Tsentru uchbovoi literatury [in Ukrainian]
21. Vlokh, V. H., Bomba, M. Ya., Lykhochvor, V. V., Babiak, M. V., & Kotsupyr, D. P. (1998). *Dovidnyk z vyroshchuvannya ozymoi pshenytsi*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian]
22. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., & Ivashchuk, P. V. (2008). *Zernovyrobnytstvo*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian]
23. Lykhochvor, V. V., & Petrychenko, V. F. (2014). *Roslynnystvo. Tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian]
24. Dobryvo Ekolyst Mono Mid Ekoplón. Retrieved from: <https://agrozon.com.ua/products/mikrodrobrivo-ekolist-mono-mid-ekoplón---20-1> [in Ukrainian]
25. Barabolia, O. V., Barat, Yu. M., Kulyk, M. I., & Onoprienko, O. V. (2018). Urozhainist pshenytsi ozymoi zalezno vid system udobrennia ta pohodnykh umov vegetatsiinoho periodu. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 2, 3–9. [in Ukrainian].
26. Hidrotermichnyi koefitsiient zvolozhennia. Retrieved from: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/gidrotermichniy-koefitsiyent-zvolozhennya-id20236> [in Ukrainian]
27. 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>
28. Pohodni umovy 2020: opady, temperatura gruntu ta povitria. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/782-pogodni-umovi-2020-opadi-temperatura-gruntu-temperatura-povitrya> [in Ukrainian]
29. Analiz pohodnykh umov v Ukraini v 2021 rotsi. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/871-analiz-pogodnih-umov-v-ukrayini-v-2021-rotsi> [in Ukrainian]
30. Pohoda v Poltavi po misiatsiakh. Retrieved from: <https://tur-pogoda.com.ua/ukraine/poltava/monthly> [in Ukrainian]
31. Yamkova, V. (2020). Minimizatsiia stresovykh faktoriv u kliuchovi fazy formuvannya urozhainosti ozymoi pshenytsi. Retrieved from: <https://agroexpert.ua/minimizatsiia-stresovykh-faktoriv-u-kliuchovi-fazy-formuvannya-urozhainosti-ozymoi-pshenytsi/> [in Ukrainian]
32. Fazy rozvytku zernovykh i protses formuvannya vrozhaiu. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/fazy-rozvytku-zernovykh-i-protses-formuvannya-vrozhayu/> [in Ukrainian]
33. Korotkova, I., Chaika, T., Romashko, T., & Rybalchenko, A. (2022). Photosynthetic pigments content in emmer wheat plants as criteria of productivity in traditional and organic farming technology. *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 6 (1), 31–39. <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.1.255277>
34. Ukraina: pohodni umovy ta stan silskohospodarskykh kultur u chervni 2022 roku – NAAN Ukrainy. Retrieved from: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1527888> [in Ukrainian]
35. Pshenytsia Vidrada. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-pshenicya-ozima/vidrada-id9847> [in Ukrainian]
36. Pshenytsia Sahaidak. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-pshenicya-ozima/sagaydak-id9835> [in Ukrainian]
37. Pshenytsia Orzhytsia. Retrieved from: <https://superagronom.com/nasinnya-pshenicya-ozima/orjitsya-id9648> [in Ukrainian]

ORCID

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



© 2023 Barabolia O. and Doronin S. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The influence of metabolites of oat plants on the growth and development of the of pathogenic *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker

I. Beznosko  | V. Mudrak | J. Turovnik | T. Gorgan | L. Havrylyuk | I. Mosiychuk

Article info

Citation: Beznosko, I., Mudrak, V., Turovnik, J., Gorgan, T., Havrylyuk, L., & Mosiychuk, I. (2023). The influence of metabolites of oat plants on the growth and development of the of pathogenic *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 31–36. doi: 10.31210/spi2023.26.01.05

Correspondence Author

I. Beznosko

E-mail:

beznoskoirina@gmail.com

Institute of Agroecology
and Environmental
Management of NAAS,
Metrologichna st., 12,
Kyiv, 03143,
Ukraine

The root system of oat plants releases into the rhizosphere soil a significant amount of potentially valuable biologically active allelopathic substances, which are components of the donor-acceptor interaction between plants and microorganisms in agroecosystems. Root exometabolites of oat plants exert an active chemical influence on poorly soluble mineral substances of the soil, participate in the biodynamics of organic matter, affect the composition and number of mycobiota, and also suppress pathogens, inactivate toxins and exoenzymes released by fungi into the environment, inhibit fungal sporulation. During the 2020–2022 research years, was studied the role exometabolites of oat plants the Tembre variety, grown using different technologies, in allelopathic relationships with micromycetes of the species *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. It was established that the metabolites of oats the Tembre variety, grown according to organic technology, significantly influenced the cultural and morphological properties of the studied micromycete, and also restrained its sporulation and was characterized by a low percentage of germinating conidia (20%). Exometabolites of oat plants the Tembre variety, grown according to traditional technology, also changed the cultural and morphological characteristics of the micromycete, restrained sporulation of the pathogen and were characterized by low germination the conidia (35%). In the control version, intensive development of the studied micromycete was observed with high rates of sporulation and up to 80% germinated conidia. On the basis of research, the exometabolites of oat plants grown using different technologies can be considered one of the mechanisms the influence of the plant variety on the intensity of phytopathogenic background formation in agroecosystems. This it possible to use exometabolites of germinating donor seeds to increase the resistance of acceptor agricultural plants to diseases caused by phytopathogenic micromycetes.

Keywords: exometabolites of the Tembre oat plants, rate of radial growth the mycelium, intensity of sporulation, cultural morphological features, formation of phytopathogenic background, viability of conidia.

Вплив метаболітів рослин вівса на ріст і розвиток патогенного мікроміцету *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker

I. В. Безноско | В. О. Мудрак | Ю. А. Туровнік | Т. М. Горган | Л. В. Гаврилюк | І. І. Мосійчук

Інститут агроекології
та природокористування
НААН,
м. Київ, Україна

Коренева система рослин вівса виділяє у ризосферний ґрунт значну кількість потенційно цінних біологічно активних аеллопатичних речовини, що є складовими донорно-акцепторної взаємодії між рослинами і мікроорганізмами в агроценозах. Впродовж 2020–2022 років дослідження, вивчено роль екзо-метаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій, у аеллопатичних взаємовідносинах із мікроміцетом виду *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. Встановлено, що метаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, істотно впливали на культурально морфологічні властивості досліджуваного мікроміцету, а також стримували його спорування і характеризувалися низьким відсотком проростаючих конідій (20%). Екзо-метаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією, також змінювали культурально морфологічні ознаки мікроміцету, стримували спорування патогена і характеризувалися низьким проростанням конідій (35%). У контрольному варіанті спостерігали інтенсивний розвиток досліджуваного мікроміцету із високими показниками спорування і до 80% пророслими конідіями. На підставі досліджень, екзо-метаболіти рослин вівса, вирощеного за різних технологій, можна вважати одним із механізмів впливу сорту рослин на інтенсивність формування фітопатогенного фону в агроценозах. Це дає можливість використовувати екзо-метаболіти проростаючого насіння-донора для підвищення стійкості сільськогосподарських рослин-акцепторів до захворювань, спричинених фітопатогенними мікроміцеями.

Ключові слова: метаболіти рослин вівса сорту Тембр, швидкість радіального росту міцелію, інтенсивність спорування, культурально морфологічні ознаки, формування фітопатогенного фону, життєздатність конідій.

Бібліографічний опис для цитування: Безноско І. В., Мудрак В. О., Туровнік Ю. А., Горган Т. М., Гаврилюк Л. В., Мосійчук І. І. Вплив метаболітів рослин вівса на ріст і розвиток патогенного мікроміцету *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 31–36.

Вступ

Внаслідок екологічної ситуації, яка склалася на сьогодні, особливо гостро постає проблема забезпечення населення високоякісними та екологічно безпечними продуктами харчування. Значна частина сільськогосподарської продукції, в тому числі і вівсяна сировина, не завжди відповідає чинним світовим стандартам якості та безпеки [1, 2]. Зі зміною ґрунтово-кліматичних умов України з переважанням посухи, в агроценозах вівса все частіше зустрічається мікроміцет виду *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker [3], який чинить найбільший шкідливий вплив на ослаблені рослини, що страждають від нестачі поживних речовин [4].

Останніми роками контамінація вівсяної сировини мікотоксинами сягає 60–80%. Мікотоксини характеризуються високою токсичністю, та мають канцерогенну, тератогенну, мутагенну та імунодепресивну дію як на тварин, так і на людину. Вони здатні порушувати білковий, ліпідний та мінеральний обмін речовин, викликають руйнування вітамінів, зменшують поживність рослинної продукції та призводять до біологічного забруднення біоценозів [5, 6].

Коренева система рослин вівса виділяє у ризосферний ґрунт значну кількість потенційно цінних біологічно активних аелопатичних речовин. Вони є складовими донорно-акцепторної взаємодії між рослинами і мікроорганізмами [7, 8]. Кореневі метаболіти рослин вівса чинять активний хімічний вплив на важкорозчинні мінеральні речовини ґрунту, беруть участь в біодинаміці органічної речовини, впливають на склад та чисельність ризосферної мікобіоти [9], а також пригнічують патогени, інактивують токсини та екзоферменти, які виділяються грибами в оточуюче середовище, гальмують спороношення грибів [10].

Узагальнюючи результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених, можна зробити висновок,

що на кількісний і якісний склад корневих екзометаболітів впливають не лише генотип рослин [11], вік (фаза розвитку) [12], температура, живлення [13], ґрунти (хімічний і фізичний склад середовища), а і їх технології вирощування [14]. Тому актуальним є визначення впливу корневих екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного в умовах традиційної та органічної технології, на формування репродуктивної здатності мікроміцету *B. sorokiniana*.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було визначити вплив корневих екзометаболітів на ріст і розвиток мікроміцету *B. sorokiniana*.

Завданням дослідження було визначити швидкість радіального росту, інтенсивність споротворення та морфологічно-культуральні ознаки мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій.

Матеріали і методи

Впродовж 2020–2022 рр, проводили дослідження в лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН. Для дослідження використовували насіння рослин вівса сорту Тембр, який вирощували за традиційною та органічною технологіями. Сорто-зразки були відібрані на дослідних полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАП НААН, де застосовувалася органічна і традиційна технології вирощування рослин. Відбирання проб та подальші дослідження здійснено згідно ДСТУ 4138:2002 [15]. Насіння рослин вівса сорту Тембр було інтенсивно контаміновано мікроміцетом *B. sorokiniana*, який був домінуючим в мікобіомі насіння рослин (рис. 1).

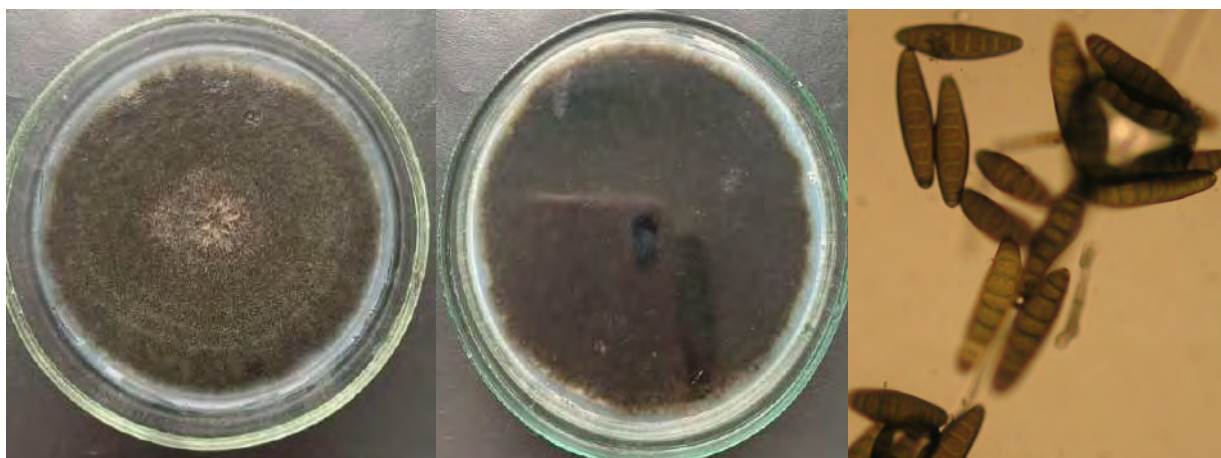


Рис. 1. Мікроміцет *B. sorokiniana* культивований на середовищі Чапека, впродовж 14 днів за температури 25°C

Для отримання метаболітів рослин вівса, відбирали по 50 насінин кожного досліджуваного варіанту. Насіння замочували у стерильній воді й

витримували впродовж 3–8 діб в залежності від фізіологічних особливостей культури до формування проростків довжиною 2–3 см. По 10 проростків

кожного варіанту поміщали у чашки Петрі зі стерильною дистильованою водою та витримували впродовж 72 год на розсіяному світлі за температури 22–24°C. Екзометаболіти змивали і фільтрували через мікропористий бактеріальний фільтр (0,02 мкм) [11].

Ізоляти мікроміцету *B. sorokiniana* культивували на картопляно-декстрозному агарі з додаванням 1 мл ексудатів рослин до 9 мл середовища. У досліді як контроль використовували дистильовану воду.

Визначали морфологічно-культуральні ознаки, швидкість радіального росту та інтенсивність спороутворення мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу метаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій.

Швидкість радіального росту міцелію мікроміцету визначали за формулою [16]:

$$Kr = \frac{r1 - r0}{t1 - t0} \quad (1)$$

де Kr — радіальна швидкість росту колоній мікроміцету;

$r0$ — радіус колоній у момент часу $t0$;

$r1$ — радіус колоній у момент часу $t1$.

Спороношення мікроміцетів під дією метаболітів рослин вівса підраховували на п'ятнадцяту добу субкультивування, відбираючи по 3 вибірки з центральної, середньої та периферійної частини колонії. Проби заливали 10 мл дистильованої води та настоювали впродовж 1 години і ретельно струшували на мікробіологічній мішалці.

Кількість спор в суспензії на 1 см^2 площі колонії визначали за допомогою камери Горяєва-Тома за формулою [17]:

$$N = \frac{M \times 2500 \times V \times 100}{n \times 0,5024} \quad (2)$$

де N — кількість спор на 1 см^2 площі колонії;

M — число спор в 100 великих квадратах камери Горяєва;

V — об'єм води, мл;

n — число вибірок;

$0,524$ — площа свердла № 1, мм^2 ;

2500 — експериментально вирахований коефіцієнт для перерахунку на 1 мл.

Для вивчення впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій, на проростання конідій мікроміцетів *B. sorokiniana* використовували загальноприйнятну методику, яка включає пророщування спор на предметних скельцях у водному агарі [18]. За проростанням конідій спостерігали впродовж 6, 12, 24 та 48 годин. Як контрольний варіант використовували дистильовану воду.

Впродовж дослідження було виявлено, що оптимальним часом для підрахунку пророслих конідій є 12 годин після посіву мікроміцету *B. sorokiniana*, коли росткова трубка перевищує розмір конідії і має оптимальний розмір, щоб не ускладнювати підрахунок.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за загальноприйнятими методиками із залученням пакету програм Microsoft Excel. У таблицях наведено середньоарифметичні показники досліджень та їх стандартні похибки.

Результати та їх обговорення

Визначено вплив метаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій, на швидкість радіального росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* (рис. 2).

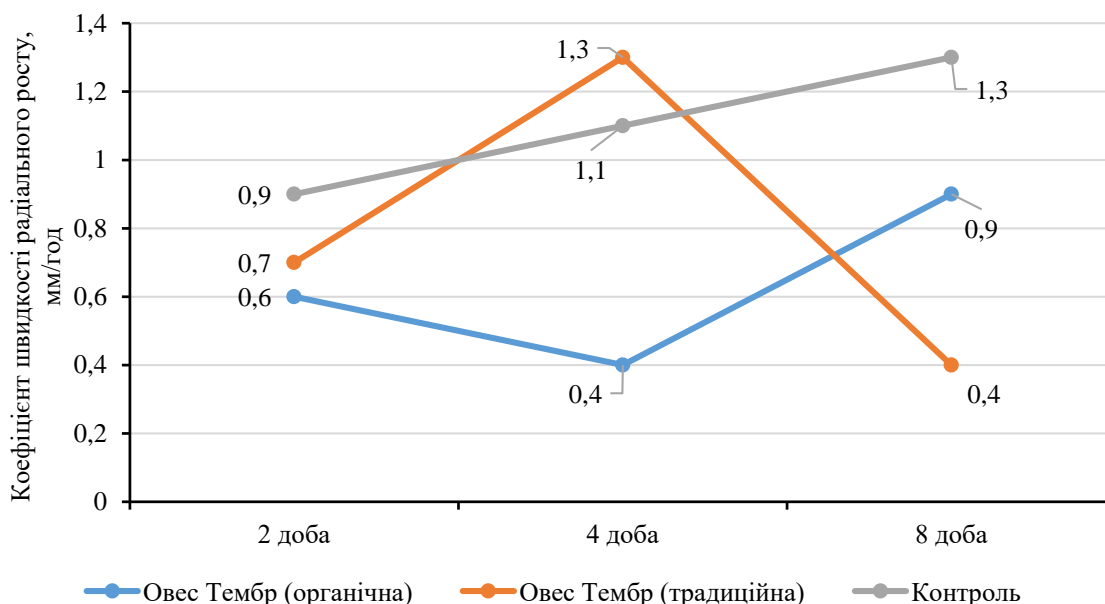


Рис. 2. Швидкість радіального росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу метаболітів рослин вівса

За даними представленими на рисунку 2, проаналізовано, що на початкових етапах субкультивування швидкість радіального росту міцелію гриба на фоні метаболітів вівса сорту Тембр,

вирощеного за органічної технології, становила 0,6 мм/год, а за традиційної 0,7 мм/год, що були істотно нижчими ніж у контрольному варіанті (0,9 мм/год). Впродовж четвертої доби

субкультивування, за впливу метаболітів рослин вівса, вирощених за органічної технології, відмічали незначне зниження швидкості росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* (0,4 мм/год), де діаметр колонії також був найменший і становив 22 мм, а на восьму добу швидкість росту мікроміцету зростала і становила 0,9 мм/год, а діаметр колонії досягав 55 мм. Це дає підстави вважати, що метаболіти вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, здатні істотно впливати на ріст колонії мікроміцету *B. sorokiniana*, стримуючи його своїми біологічно активними речовинами.

Водночас за впливу метаболітів рослин вівса, вирощеного за традиційною технологією, швидкість росту мікроміцету на четверту добу субкультивування істотно зростала і становила 1,3 мм/год, діаметр колонії досягав 45 мм, а на 8 добу швидкість росту міцелію істотно знижувалася і сягала 0,4 мм/год, а діаметр колонії становив 70 мм. Це свідчить, що екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією,

здатні стримувати ріст колонії меншою мірою ніж екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічної технології. У контрольному варіанті швидкість росту міцелію мікроміцету *B. sorokiniana* зростала лінійно (0,9–1,1–1,3 мм/год), поки міцелій колонії не заповнив всю чашку і на восьму добу її діаметр становив 95 мм. Це свідчить, що біохімічний склад екзометаболітів рослин вівса та технології їхнього вирощування мають істотний вплив на фізіологічну активність мікроміцету *B. sorokiniana*.

Визначено інтенсивність спороутворення досліджуваного мікроміцету та відсоток проростання спор за впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій. Встановлено, що екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного як за органічною, так і за традиційною технологіями, здатні знижувати інтенсивність споруляції гриба *B. sorokiniana*, яка коливалася в межах 23,446–50,129, що майже вдвічі була менша за контрольний варіант (рис. 3).

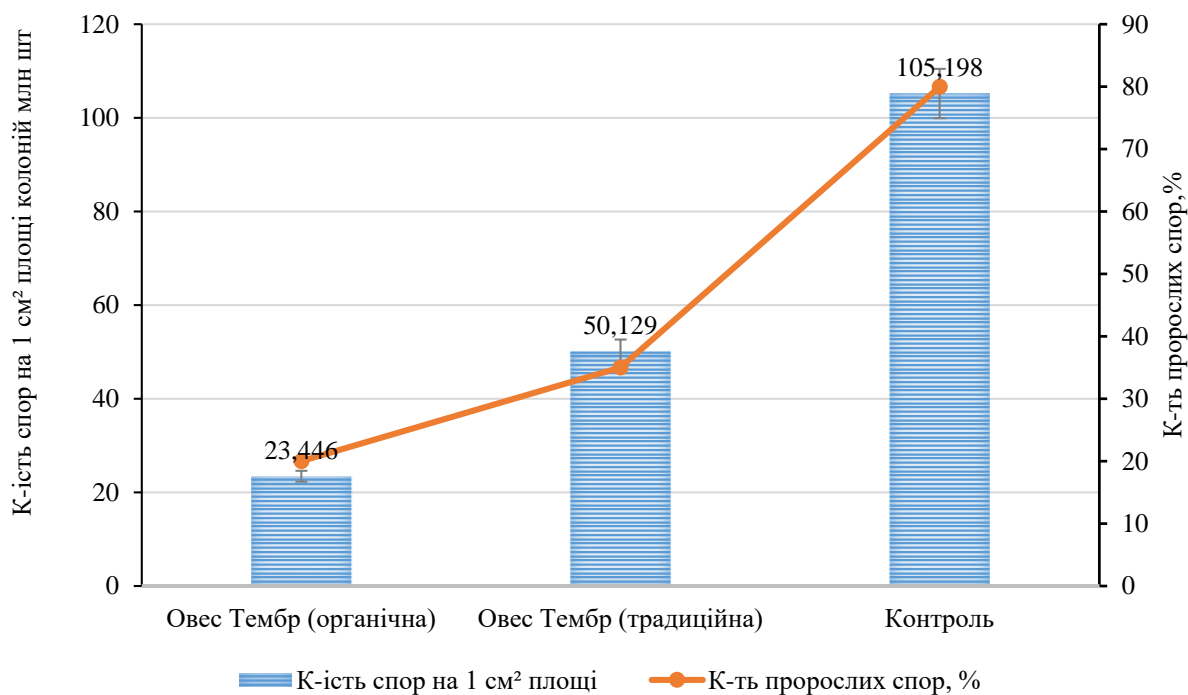


Рис. 3. Репродуктивна здатність мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу екзометаболітів рослин вівса




На фоні екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, спостерігали найменшу кількість спор, яка становила 23,446 тис/см² площі колоній, млн шт, а відсоток пророслих спор досягав 25 %. Водночас, на фоні екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією, кількість спор була у 2 рази вищою і становила 50,129 тис/см² площі колоній, млн шт, але відсоток проростання спор був незначний – 35 %. У контрольному варіанті спостерігали інтенсивне спороутворення мікроміцету *B. sorokiniana*, що перевищувала досліджувані варіанти у 2–3 рази і становила вище 1 млн шт на см² площі колоній, відсоток проростання спор також був високим і становив 80 %.

Отже, це дає підстави вважати, що екзометаболіти рослин вівса вирощеного, як за органічною так і за традиційною технологіями, здатні пригнічувати інтенсивність спороутворення, проростання конідій та швидкість росту міцелію колонії мікроміцету *B. sorokiniana*. Слід зазначити, що екзометаболіти рослин вівса, вирощеного за органічної технології, найефективніше впливали на пригнічення розвитку мікроміцету *B. sorokiniana*.

За отриманими результатами дослідження, охарактеризовано культуральні і морфологічні ознаки мікроміцету *B. sorokiniana* за впливу екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різних технологій (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр на морфологічні та культуральні ознаки мікроміцету *Bipolaris sorokiniana*

| Сортзразки | Фото колоній | Ознаки мікроміцетів: | |
|--|--|--|--|
| | | Культуральні | Морфологічні |
| Екзометаболіти сорту Тембр (традиційна технологія) |  | Колонії на (PDA) темно сірого кольору повітряний міцелій добре розвинений, діаметр росту колонії на восьму добу становив 70 мм | Зустрічаються макроконідії еліптичні із загостреними кінцями, розмір 50-110 × 14-20 мкм, мають по 2-5 септ, відсоток проростання спор становив 35%/ |
| Екзометаболіти сорту Тембр (органічна технологія) |  | Колонії на (PDA) сірого кольору повітряний міцелій добре розвинений, діаметр росту колонії на восьму добу становив 55 мм | Зустрічаються макроконідії еліптичні із загостреними кінцями, великих розмірів 60-130 × 14-20 мкм, мають по 5-10 септ, відсоток проростання спор становив 25%/ |
| Контроль (вода) |  | Колонії на (PDA) темно сірого кольору повітряний міцелій добре розвинений, діаметр росту колонії на восьму добу становив 95 мм | Зустрічаються макроконідії еліптичні із загостреними кінцями, розміром 40-100 × 10-15 мкм, мають по 2-5 септ, відсоток проростання спор становив 80%. |

Отже, кореневі екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за різними технологіями, характеризувалися фунгіцидними та бактерицидними властивостями, що обумовлюються комплексом біологічно активних речовин, які здатні по-різному впливати на розвиток патогенної мікrobiоти. На підставі цього їх можна вважати одним із механізмів регуляції фітопатогенного фону в агроценозах вівса.

Велике теоретичне і практичне значення має вивчення механізмів і чинників, що впливають на швидкість формування чисельності патогенних мікроміцетів в агроценозах сільськогосподарських культур, в тому числі вівса. Біологічно активні речовини рослин вівса, які утворюються в процесі проростання насіння, виконують декілька функцій [19–21]: едифікаторну, фітоценотичну, стимуляційну, інгібуючу, фітотоксичну, фітонцидну, захисну, регуляційну, відновлювальну, біоконсервуючу та еволюційну. Спільна дія всіх видів речовин створює навколо рослин вівса специфічну біохімічну сферу [22, 23]. Кореневі екзометаболіти захищають проростаюче насіння, проростки і рослини від збудників хвороб, виявляють фунгіцидні та бактерицидні властивості, пригнічують патогени, інактивують токсини та екзоферменти, які виділяються грибами в оточуюче середовище, гальмують спороношення грибів. [24, 25].

Аналіз літературних джерел свідчить про фрагментарні дослідження щодо використання

сполук, синтезованих рослинами вівса для використання їх в якості альтернативи хімічним речовинам, що призводять до забруднення довкілля. Тому важливим завданням сьогодення є пошук механізмів дії фунгіцидів природного походження. Вище зазначені результати дослідження дозволяють припустити використання водорозчинних речовин як альтернативи хімічним фунгіцидам. Дослідження в цьому напрямку поглиблюють знання щодо вивчення ролі екзометаболітів рослин вівса у алопатичних взаємовідносинах із патогеним мікроміцетом *B. sorokiniana*, що є одним із механізмів регуляції чисельності мікроміцетів в агроценозах рослин.

Висновок

Екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за органічною технологією, здатні істотно впливати на ріст колонії мікроміцету *B. sorokiniana*, а також стримувати його спороутворення та знижувати життєздатність конідій.

Разом із тим, Екзометаболіти рослин вівса сорту Тембр, вирощеного за традиційною технологією, стримують ріст колонії досліджуваного мікроміцету меншою мірою, ніж метаболіти рослин вівса, вирощені за органічною технологією, а також можуть стимулювати інтенсивність спороутворення, при цьому знижуючи життєздатність спор *B. sorokiniana*.

Це свідчить, що біохімічний склад кореневих екзометаболітів рослин вівса сорту Тембр та технології їхнього вирощування мають істотний вплив на фізіологічну активність гриба *B. sorokiniana*.

Дослідження в цьому напрямі поглиблюють знання процесу взаємодії мікроміцетів із сортами рослин вівса і розкривають нові можливості біологічного контролю чисельності фітопатогенних грибів в агроекосистемах.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Kaminska, V. V., Dudka, O. F., & Mushyk, B. V. (2014). Formation of the productivity of bare oats under different growing technologies. *A collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences"*, 4, 60–66. [in Ukrainian]
2. Mostoviyak, I. I., Demyanyuk, O. S., Parfenyuk, A. I., & Beznosko, I. V. (2020). Varieties as a factor in the formation of stable agrocenoses of grain crops. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 110–118. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.13>
3. Manamgoda, D. S., Rossman, A. Y., Castlebury, L. A., Crous, P. W., Madrid, H., Chukeatirote, E., & Hyde, K. D. (2014). The genus *Bipolaris*. *Studies in Mycology*, 79 (1), 221–288. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.10.002>
4. Phan, C.-S., Li, H., Kessler, S., Solomon, P. S., Piggott, A. M., & Chooi, Y.-H. (2019). Bipolenins K–N: New sesquiterpenoids from the fungal plant pathogen *Bipolaris sorokiniana*. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 15, 2020–2028. <https://doi.org/10.3762/bjoc.15.198>
5. Battilani, P., Stroka, J., & Magan, N. (2016). Foreword: mycotoxins in a changing world. *World Mycotoxin Journal*, 9 (5), 647–651. <https://doi.org/10.3920/wmj2016.x004>
6. Agrios, G. N. (2005). Preface. *Plant Pathology*, xix–xx. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-047378-9.50004-x>
7. Broeckling, C. D., Broz, A. K., Bergelson, J., Manter, D. K., & Vivanco, J. M. (2008). Root exudates regulate soil fungal community composition and diversity. *Applied and Environmental Microbiology*, 74 (3), 738–744. <https://doi.org/10.1128/aem.02188-07>
8. Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
9. Bruinsma, M., Kowalchuk, G. A., & van Veen, J. A. (2003). Effects of genetically modified plants on microbial communities and processes in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 37 (6), 329–337. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0613-6>
10. Inderjit, & Mukerji, K. G. (Eds.). (2006). *Allelochemicals: Biological Control of Plant Pathogens and Diseases*. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4447-x>
11. Parfenyuk, A. I. (2017). Plant varieties as a factor in biosafety agrocenoses Ukraine. *Agroecological Journal*, 2, 155–163. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2017.220172>
12. Patyka, V. P., & Omelyanets, T. G. (2005). Ecological basis of the use of biological means of plant protection as an alternative to chemical pesticides. *Agroecological Journal*, 2, 21–24. [in Ukrainian]
13. Kirschbaum, M. (2006). The temperature dependence of organic-matter decomposition—still a topic of debate. *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (9), 2510–2518. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.01.030>
14. Suseela, V., Conant, R. T., Wallenstein, M. D., & Dukes, J. S. (2012). Effects of soil moisture on the temperature sensitivity of heterotrophic respiration vary seasonally in an old-field climate change experiment. *Global Change Biology*, 18, 336–348. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02516.x>
15. DSTU 4138-2002. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]*. Chynnyi vid 2004-01-01. (2003). Kyiv: Derzhspozhyv standart Ukrainy [in Ukrainian]
16. Petyukh, G. P., & Podoba, Y. V. (2004). *Determination of growth stimulation of diazotrophic bacteria by exudates of barley seedlings: methodical recommendations*. Kyiv: Logos [in Ukrainian]
17. Parfenyuk, A. I., Gorgan, T. M., Sterlikova, O. M., Beznosko, I. V., Saganovska, V. I., Blaginina, A. A., Tyshchenko, G. F., & Kovtun, V. V. (2015). *Scientific and methodical recommendations "Ecological assessment of cultivated plants according to their influence on the formation of populations of phytopathogenic fungi"*. Kyiv [in Ukrainian]
18. Parfenyuk, A. I., Blaginina, A. A., & Gorgan, T. M. (2014). *Patent Ukraine 92066*. Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy [in Ukrainian]
19. Iqbal, A., Hamayun, M., & Khan, Z. H. (2019). Plant sare the possible source of allelochemicals that can be useful in promoting sustainable agriculture. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (2 A), 1040–1049.
20. Weir, T. L., Park, S.-W., & Vivanco, J. M. (2004). Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. *Current Opinion in Plant Biology*, 7 (4), 472–479. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.05.007>
21. Grodzinsky, A. M. (1991). *Allelopathy of plants and soil fatigue*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian]
22. Eljarrat, E. (2001). Sample handling and analysis of allelochemical compounds in plants. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 20 (10), 584–590. [https://doi.org/10.1016/s0165-9936\(01\)00104-2](https://doi.org/10.1016/s0165-9936(01)00104-2)
23. Parfenuk, A., Havryliuk, L., Kosovska, N., Beznosko, I., & Draga, M. (2021). Influence of plant exometabolites of different soybean varieties on aggressiveness and intensity of sporulation of *Fusarium graminearum* Schwabe. *Balanced Nature Using*, 1, 59–66. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2021.231875>
24. Turovnik, Yu. A., Parfenyuk, A. I., Demyaniuk, O. S., & Beznosko, I. V. (2020). Root exometabolites of sunflower plants as a factor affecting the viability of the phytopathogenic fungus *Alternaria alternata* (fr.) Keiss. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya*, 1, 102–107. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203936>

ORCID

- I. Beznosko  <https://orcid.org/0000-0002-2217-5165>
V. Mudrak  <https://orcid.org/0000-0002-5023-5866>
J. Turovnik  <https://orcid.org/0000-0003-3437-4660>
T. Gorgan  <https://orcid.org/0000-0001-8980-7895>
L. Havryliuk  <https://orcid.org/0000-0001-6901-0766>
I. Mosiychuk  <https://orcid.org/0000-0003-3830-2912>



© 2023 Beznosko I. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.): characteristics of development, distribution and pest damage

L. Biliavska  | Yu. Biliavskiy | M. Kulyk

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., Biliavskiy, Yu., & Kulyk, M. (2023). Cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.): characteristics of development, distribution and pest damage. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 37–42. doi: 10.31210/spi2023.26.01.06

The article presents the characteristics of the development, distribution and pest damage of cotton bollworm - *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) in modern crops of maize (*Zea mays*) hybrids. This pest is widespread throughout the world and in Ukraine. The article describes the appearance of the insect (morphological features), development (biological features), lifestyle, distribution and limits of pest damage. The mass reproduction of this pest causes significant damage to crops of cotton, maize, sorghum, soybean, chickpea, hemp, tomato and other plants. Increased harmfulness of the cotton bollworm is observed in many countries of the world and directly in the regions of Ukraine: especially in the Autonomous Republic of Crimea, Donetsk, Zaporizhzhia, Kirovohrad, Odesa, Mykolaiv, Kherson, Dnipro, Kharkiv and Poltava regions. The aim of our research was to determine the characteristics of the biology, distribution and damage of cotton bollworm under current climate change conditions. The considerable attention is paid to the review of literature in this area of research. Changes in climatic conditions lead to migration of the cotton bollworm and its infestation of corn crops. It was noted that pest outbreaks are directly related to a complex of factors: weather conditions of the year, changes in some elements of modern technologies of maize cultivation, spread of surface and no-tillage, which contribute to changes in pest population numbers and changes in their cyclicity. The cyclical action of natural factors and solar activity affects pest reproduction and partly determines the economic impact of pests. The number of dry years has increased – 2012–2013, 2015, 2017, 2020–2022. The article highlights the status of crops infestation by the pest (Poltava region): 90–100% of maize areas in Hrebinkivskiy, Zinkivskiy, Shyshatskiy districts and 43–50% in Semenivskiy, Hadiachskiy districts; plant damage was 2–10% and 1–3%, respectively. The most damaged cobs were observed in hybrids of mid-ripening group – 58.4%, the least – in early-ripening hybrids – 41.1 and in mid-early hybrids – 47.8%. In the north of Poltava region, up to 70% of cobs of most mid- and late-ripening maize hybrids were damaged. Two to three generations of the pest develop during the growing season. The second and third generations of the bollworm cause significant yield losses. Based on the analysis of the literature on the development, distribution and damage of the cotton bollworm, it is concluded that the pest has transformed from a previously invisible species into an economically dominant one, which confirms the relevance of further research in this area

Keywords: maize, pests, biological and biometric parameters, yield, climate, degree of damage.

Бавовникова совка (*Helicoverpa armigera* Hbn.): особливості розвитку, поширення та шкідливість

Л. Г. Білявська | Ю. В. Білявський | М. І. Кулик

Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна

У статті представлено особливості розвитку, поширення та шкідливості бавовникової совки – *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) у сучасних посівах гібридів кукурудзи (*Zea mays*). Шкідник набув поширення в усьому світі та Україні. Надано опис зовнішнього вигляду комахи (морфологічні ознаки), розвиток (біологічні особливості), спосіб життя, поширення та межі пошкодження. За масового розмноження цього шкідника – значних збитків завдається посівам бавовнику, кукурудзи, сорго, сої, нуту, конопель, томатів та інших рослин. Метою наших досліджень було визначення особливості біології, поширення й шкідливості бавовникової совки в сучасних умовах зміни клімату. Значна увага приділяється огляду літературних джерел з цього напрямку досліджень. Зміна кліматичних умов призводить до міграцій бавовникової совки і заселення нею посівів кукурудзи. Зазначено, що спалахи чисельності шкідника безпосередньо пов'язані з комплексом факторів: погодні умови року, зміни деяких елементів сучасних технологій вирощування кукурудзи, поширення поверхневої та нульової обробки ґрунту, які сприяють зміні чисельності шкідника в популяції та змінам у їх циклічності. Циклічна дія природних чинників й сонячна активність мають вплив на розмноження шкідників і частково визначає економічні наслідки від них. Зростає кількість посушливих років – 2012–2013, 2015, 2017, 2020–2022 роки. В статті висвітлено стан заселення посівів шкідником (Полтавська область): 90–100% заселення площ кукурудзи у Гребінківському, Зінківському, Шишацькому районах та 43–50% – у Семенівському, Гадяцькому; пошкодження рослин складало 2–10% та 1–3%, відповідно. Найбільше пошкоджених качанів відмічено на гібридах середньостиглої групи – 58,4%, найменше – у ранньостиглих гібридів – 41,1 та у середньоранніх – 47,8%. На півночі Полтавської області зафіксовано пошкодження качанів більшості середньостиглих і пізньостиглих гібридів кукурудзи – до 70%. Протягом вегетаційного періоду розвивається два-три покоління шкідника. Суттєвих збитків урожаю завдають друге та третє покоління совки. На підставі аналізу літературних джерел з вивчення особливостей розвитку, поширення та шкідливості бавовникової совки зроблено висновок про те, що шкідник трансформувалася з раніше непомітного виду в економічно домінуючий, що підтверджує актуальність подальших досліджень з цього напрямку.

Ключові слова: кукурудза, шкідники, біологічні та біометричні показники, урожайність, клімат, ступінь пошкодження

Бібліографічний опис для цитування: Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Кулик М. І., Бавовникова совка (*Helicoverpa armigera* Hbn.): особливості розвитку, поширення та шкідливість. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 37–42.

Бавовникова совка (*Helicoverpa armigera* Hbn), ряд Lepidoptera, Родина Noctuidae, відома під кількома латинськими назвами: *Chloridea armigera* Hbn, *Chloridea obsoleta*, *Helicoverpa obsoleta* Auct, *Heliothis armigera* Hbn, *Heliothis fuscata*, *Heliothis obsoleta* Auct, *Heliothis rama*, *Noctua armigera* Hbn. [1]. Вперше цей вид був описаний як *Heliothis umbrosus* Grote. Синоніми включають *Heliothis zea* (Boddie), *Bombyx obsoleta* Fab., *Phalaena zea* (Boddie) [2]. Близько 80 видів раніше відносилися до *Heliothis sensu lato*, але 17 видів (у т.ч. 11 нових) були віднесені до *Helicoverpa*. Всередині цього нового роду була відокремлена група *Zea*.

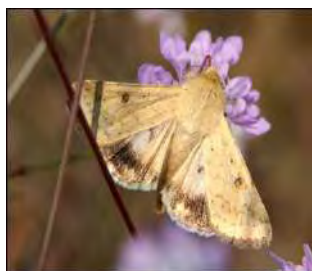
Перші відомості в джерелах про бавовникову совку почали з'являтися у другій половині XIX ст. Ареал поширення шкідника дуже великий і охоплює переважно тропічні й субтропічні області, а також Середню та Південну Європу, помірні області Азії, Африки, Австралії. Спостерігається висока чисельність цього шкідника в Алжирі, Угорщині, Італії, Єгипті, на півдні Франції, Іспанії, Португалії, на Балканах, в Ізраїлі, Молдові, Закавказзі, Казахстані, Середній Азії, Америці, Африці і Австралії [3–6], зустрічаються в середземноморському регіоні, в Європі, на Кавказі, в Туреччині й на півдні та в центрі України.

Бавовникову совку – *Helicoverpa armigera* (Hübner, [1808]) – відносять до численних родин лускокрилих, що налічує понад 30 тис. видів. За способом життя й характером пошкоджень рослинних совок відносять до надземного виду [7]. Це доволі мінлива за зовнішніми ознаками та біологічними особливостями комаха. На початку минулого століття комаха була відмічена на більшій частині Європи (переважно в південній), в середній і

південній Азії, в Україні найбільшої чисельності цей шкідник набув у АР Крим, Донецькій, Запорізькій, Кіровоградській, Одеській, Миколаївській, Херсонській, Дніпропетровській та Полтавській областях. При щільності 0,9–7,0 гусениць/кв.м пошкодження рослин кукурудзи та сої бавовниковою совкою тут досягає 25–30 % [8].

Бавовникова совка – поліфаг. За масового розмноження – значних збитків завдає посівам бавовнику, кукурудзи, сорго, сої, нуту, конопель, томатів та інших рослин. Спочатку вони живляться тією частиною рослини, на яку було відкладене яйце, надалі – продуктивними органами рослин [7]. Восени, за відсутності корму живлення, совка харчується на бур'янах (пасльонові (*Solanum*), дурмани (*Datura*), щириці (*Amaranthus*) тощо.) [9–13]. Також може пошкоджувати культурні рослини – гарбуз, горох, ріпину, кабачок, джут, кенаф [14], нут, томат, люцерна, соя, цукрова кукурудза [15–16] та інші агрокультури.

Метелик може бути різного кольору – від світло-бурого до зеленувато-жовтого (рис. 1). Задні крила завжди світліші, жовтувато-білі, з широким темним краєм і темною місяцеподібною плямою посередині. Довжина тіла – 12–18 мм, розмах крил – 35–40 мм. Яйце світло-жовтого кольору, пізніше – зеленувате, діаметром 0,5–0,6 мм. Тіло гусениці завдовжки 35–40 мм, мінливого забарвлення, від чорного, коричневого і зеленого до жовтого і майже білого. Вздовж тіла проходять три широкі темні поздовжні лінії, піддихальцева смуга жовта. Передньогрудий щиток без шипиків, а все тіло з шипиками. Голова, передньоспинка і ноги коричневі. Лялечка завдовжки 15–22 мм, червонувато-коричнева, на крематері два гачкоподібних шипи, зігнутих на вершині.



а. Метелик



б. Лялечка



в. Пошкодження качана



г. Яйце



д. Гусінь



е. Гусінь на качані

Рис. 1. Бавовникова совка (*Helicoverpa armigera*): зовнішній вигляд та морфологічні ознаки
Джерело: [17].

Вперше, комаха (бавовняна совка) була описана у Полтавської губернії (М. Марковою, 1902; Л. К. Круліковським, 1901, 1904; М. М. Воскресенським, 1927). Так, у Пирятинському та Гребінківському районах тоді було зібрано

183 видів. Результати досліджень метеликів Полтавщини, відомих лепідоптерологів О. Данилевського та Є. Міляновського знаходяться в колекції Зоологічного інституту РАН (Санкт-Петербург, Росія). Зібрання метеликів з Полтави та с. Яреськи

Шишакського району здійснені Є. Мілянським у 1920–1930 рр. Аналіз цієї частини Полтавської колекції свідчить, що на її території поширено 283 види совок [17].

На сьогодні, вже доказано, що розвиток, поширення та заселення шкідником різноманітних культур пов'язано з кліматичними та погодними умовами. Так, для розвитку кожного покоління бавовникової совки потрібна сума ефективних температур понад 10°C – близько 400–550°C, для 2-го покоління – 800–1100°C. Зміна кліматичних умов

приводить до міграції бавовняної совки і заселення нею посівів кукурудзи, зокрема, на Полтавщині (рис. 2). Метелики активно літають та є постійними сезонними мігрантами, які долають сотні кілометрів (до 400 км) [18]. Вони мігрують у домінуючих повітряних течіях. Їх поява у країнах ЄС, може вплинути на економічне положення країни та сільськогосподарське виробництво [19]. Переміщення імаго в межах агроценозів відбувається коли метелики шукають нектар або місце відкладання яєць.

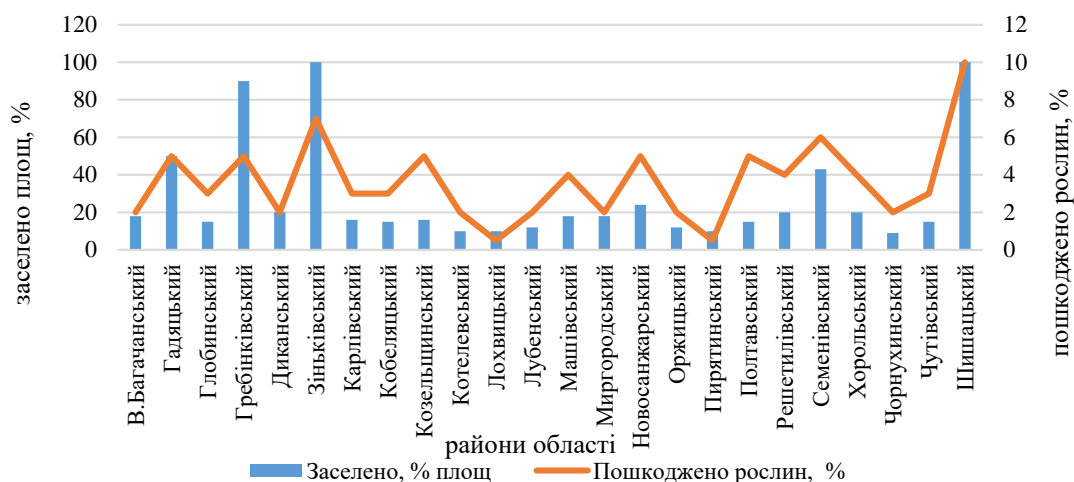


Рис. 2. Загальна інформація заселеності посівів кукурудзи бавовниковою совкою у районах Полтавської області, 2012–2017 рр.

Джерело: [18].

Так, активізація бавовняної совки (вже займає домінуюче положення) зумовлює перегляд сприятливих кліматичних підзон області. Регіональна зміна клімату в Україні також сприяла появі комах – мігрантів [20–22]. В окремих регіонах склалися оптимальні умови для вирощування кукурудзи та поширенню відповідних шкідників, зокрема бавовникової совки. Вплив на поширення шкідника можуть вказувати корінні зміни погодних умов, типи ґрунтів, різне походження (адаптивність) гібридів, їх група стиглості (ФАО), окремі елементи технології вирощування культури [23–25]. Екологічні особливості цього шкідника пов'язані зі змінами у розвитку, розмноженні та поведінці під впливом температури, вологості повітря, живлення та тривалості світлового дня [26].

Підвищена шкідливість бавовникової совки нині спостерігається в багатьох регіонах України [20, 27]. В прогнозах фітосанітарного стану агроценозів [28–29] надані дані, що на території України – у Запорізькій, Черкаській, Харківській областях гусеницями бавовникової совки протягом вегетаційного періоду пошкоджено до 35 %, в АР Крим та Кіровоградській області – 55–60 % качанів кукурудзи, рослин сояшнику, овочевих культур. В осередках Донецької, Запорізької та Харківської областей пошкодження ними кукурудзи сягало 84 % рослин [30].

Виліт метеликів з лялечок навесні починається тоді, коли середня температура ґрунту на глибині 10 см досягає 15–17 °С, як правило це I декада червня.

Виліт розтягується на 40 та більше діб з дружним льотом впродовж 17–20 днів за середньодобових температур 19–24 °С [9, 31–33]. З цього часу метелики зустрічаються впродовж усього вегетаційного періоду. Середня плодючість самиць 500–1500 яєць, максимальна – 3000 шт. яєць на самицю (частіше відбувається в неволі). Вони відкладають по 1–3 шт. на листки, бутони, квітки, нитки і волоті кукурудзи. Солодкі кукурудзяна волоті досить приваблива для самиць. У верхніх ярусах рослин яєць відкладається більше ніж у нижніх [34].

Відкладання яєць також може відбуватися на верхній частині листа та на стеблі, особливо за відсутності волоті. Відкладання яєць сильно розтягнуте і продовжується не менше 20 днів й залежить від ступеня розвитку волосків на рослинних покривах, а також від виділення речовини, до складу якої входять мурашина та щавлева кислоти. Відродження гусениць із яєць відбувається влітку на 3–4-й день, восени на 7–10-й день. Так, личинки насамперед харчуються волотю, потім – молодшими ніжними зернами, в подальшому – лише зернами кукурудзи. Під час третього віку личинки стають канібалами, й звичайно на 1 початок залишається одна личинка. Пошкоджені гусеницями старших віків ниточки на квітнучих качанах погано запилюються, в результаті чого зерно в качані не формується. Але найчастіше гусениці *Helicoverpa armigera* Hbn. живляться зерном молочної та молочно-воскової стиглості. Вони прогризають собі шлях до зерна через щільно упаковані маточкові нитки (рильця). Харчуючись

зерном качана, роблять у ньому ходи, заповнені червоточиною. Скупчення випорожнень гусениць і залишки після їхнього живлення сприяють розвитку грибних хвороб, що призводить до додаткових втрат урожаю.

Гусениці розвиваються впродовж 13–22 діб. За період розвитку вони линяють 5 разів і відповідно

досягають 6-ти віків, яким властива така ширина головної капсули: I вік — 0,3 мм, II вік — 0,42–0,54 мм, III вік — 0,67–1,0 мм, IV вік — 1,2–1,5 мм, V вік — 1,7–2,3 мм, VI вік — 2,3–3,5 мм (рис. 3).

У шостому віці харчування закінчується. Для лялькування гусінь залишає початок й спускається у ґрунт.

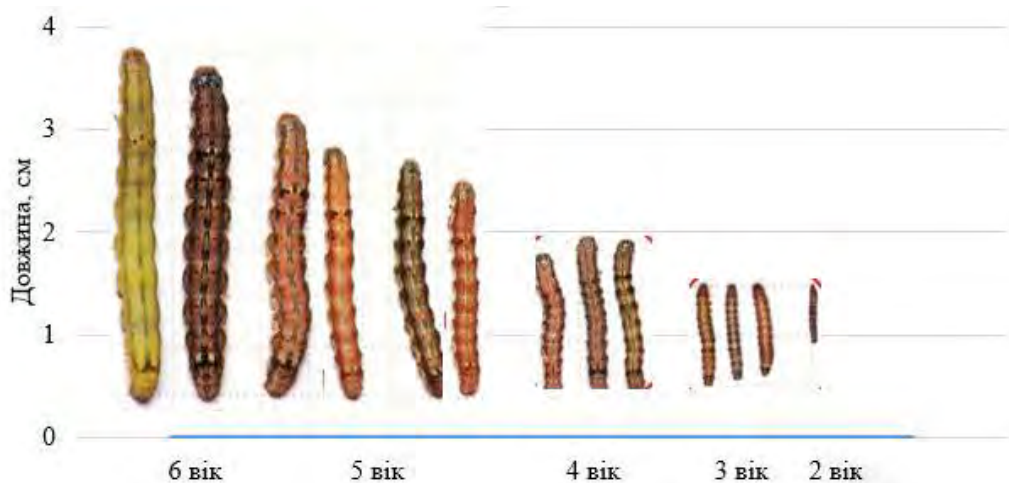


Рис. 3. Показники довжини тіла гусениць залежно від віку
Джерело: [8, 11, 12, 35–37].

У гусениць перших трьох віків дихальця на всіх сегментах округлі, у IV віці на 1–7-му черевних сегментах дихальця округлі, а на восьмому – широкоовальні; у гусениць V і VI віків усі дихальця овальні. Оптимальна температура для розвитку гусениць – +22–28°C. Дорослі гусениці спускаються донизу і мігрують у ґрунт для лялькування, яке відбувається на глибині 4–8 см. Життєздатність

лялечок в період весняної реактивації на кукурудзі становить 55–72%. Фаза передлялечки триває влітку 2–3 доби, фаза лялечки – 10–15 діб. Повний цикл розвитку бавовникової совки влітку, як правило, завершується на 40–41 день. Протягом вегетаційного періоду розвивається два-три покоління шкідника (табл. 1).

Таблиця 1

Фнологічний календар розвитку совки бавовникової (кількість поколінь – 2–3)

| Фаза розвитку | Квітень | | | Травень | | | Червень | | | Липень | | | Серпень | | | Вересень | | | Жовтень | | |
|---------------|---------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|--------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|---------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Лялечка | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Імаго | | | | | | | + | + | | + | + | | | | | | | | | | |
| Яйце | | | | | | | • | | | • | • | • | | | | | | | | | |
| Личинка | | | | | | | | | | – | – | – | – | – | – | | | | | | |
| Лялечка | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Імаго | | | | | | | | | | | | | + | + | + | + | + | + | | | |
| Яйце | | | | | | | | | | | | | | | | • | • | • | • | | |
| Личинка | | | | | | | | | | | | | | | | – | – | – | – | – | – |
| Лялечка | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 |

Джерело: [38–40].

Розрізняють два основних типи діпаузи лялечок: один – у зв'язку з холодом, інший – як реакція на посуху. У тропіках лялькування відбувається за 13 (10–14) діб; у самця - на 1 добу більше. Дорослі особи реагують на світлові пастки, особливо ультрафіолетове (УФ) світло.

Але, кількість поколінь може змінюватися від 2 до 5 у залежності від кліматичних умов і особливостей місцевості. Суттєвих збитків урожаю завдають друге та третє покоління совки [8, 11, 12, 35–37].

Але, встановлено, що циклічність у розвитку кількості бавовникової совки обернено пропорційна

до чисельності стеблового метелика. Збільшення у посівах кукурудзи першого шкідника призводить до зменшення другого шкідника і, навпаки. Спалахи чисельності шкідника безпосередньо пов'язані з комплексом факторів: діяльність людини та погодні умови року. На сьогодні змінюються деякі елементи сучасних технологій вирощування кукурудзи, значно збільшується пестицидне навантаження (кг) на 1 га ріллі, поширюється поверхневий та нульовий обробітки ґрунтів, які сприяють зміні чисельності шкідника в популяції. Окрім цього значне потепління клімату в останні 15 років сприяє тому, що

відмічається максимальна пристосованість, виживання більшості особин бавовникової совки та їх подальша активізація на посівах кукурудзи. Управління чисельністю та шкідливістю комах завжди регулюється комплексом екологічних чинників. В свою чергу, циклічна дія природних чинників й сонячна активність мають вплив на розмноження шкідників і частково визначає економічні наслідки від них [38–40]. Так, за вегетаційний період (4–8 місяці) СЕТ>10°C значно підвищилася та склала 1566–1828,7°C. Зростає кількість посушливих років – 2012–2013, 2015, 2017 роки.

У 2013 році фітофаг був найчисельнішим й найшкідливішим. За цей період комах пошкодила на 30–100 % площ кукурудзи (35–85% качанів). Гусениці першого покоління бавовникової совки за середньою чисельністю 1–5 екз./м² (максимально 10 екз./м²) пошкодили до 15% рослин кукурудзи у Донецька обл. Ними було пошкоджено посіви у Миколаївській (36 екз./ м²), Харківській (40 екз./ м²), Донецькій – (50 екз./ м²) на 12–38%, максим. 43 % (Черкаська обл.).

За період 2012–2017 рр., заселеність кукурудзи цим шкідником була в межах 13–45 % (максимально – в 2007 році – 85 %), чисельність – 0,1–2,0 особин/10 обл. рослин (максимально – 9,0), ступінь пошкодження була в межах 2,0–13% (максимально – 50,0). У Полтавській області при 90–100 % заселення площ кукурудзи (Гребінківському, Зінківському, Шишацькому районах) та 43–50% (Семенівському, Гадяцькому) пошкодження рослин складало 2–10 % та 1–3 %, відповідно.

Найбільше пошкоджених качанів відмічено на гібридах середньостиглої групи – 58,4 %, найменше – у ранньостиглих гібридів – 41,1 та у середньоранніх – 47,8 % [41]. На півночі Полтавської області зафіксовано пошкодження качанів більшості середньостиглих і пізньостиглих гібридів кукурудзи – до 70%, а шкідник трансформувалася з раніше непомітного виду в економічно домінуючий. Обліки пошкодженості та заселеності рослин кукурудзи шкідником частіше всього проводять у фазу молочно-воскової стиглості зерна [42]. Комах віддає перевагу в першу чергу кукурудзі, яка сприяє розвитку найбільш чисельного і життєздатного потомства [43–44]. Коли гусениці живляться зерном кукурудзи, вони на 5–6 днів швидше закінчують розвиток і заляльковуються [45]. В цілому, аналіз результатів підтверджує, що значне пошкодження качанів кукурудзи спостерігали у середньо- і пізньостиглих гібридів – до 75 % [46–48].

Висновок

В умовах лівобережного Лісостепу України (Полтавська область) останнім часом, на посівах кукурудзи відбулася трансформація раніше непомітної бавовникової совки в економічно домінуючий вид. Тому, необхідне ретельне дотримання всіх заходів (у т. ч. проведення моніторингу) щодо обмеження шкідливості комах за умов особливості їх розвитку та поширення на тлі зміни клімату.

Перспективи подальших досліджень. Продовжити проведення моніторингу поширення та пошкодження посівів кукурудзи бавовниковою совкою з використанням стійких гібридів з підвищеною адаптивністю до умов навколишнього середовища.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

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

References

- Olmstead, D. L., Nault, B. A., & Shelton, A. M. (2016). Biology, ecology, and evolving management of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in Sweet Corn in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 109 (4), 1667–1676. <https://doi.org/10.1093/jee/tow125>
- Smith, I. M., McNamara, D. G., Scott, P. R., & Holderness, M. (eds). (1997). *Helicoverpa zea*. In: *Quarantine Pests for Europe, 2nd Edition*, Wallingford: CABI/EPPO.
- Topper, C. P. (1987). Nocturnal behaviour of adults of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Sudan Gezira and pest control implications. *Bulletin of Entomological Research*, 77 (3), 541–554. <https://doi.org/10.1017/s0007485300012025>
- Baidyk, H. V. (2017). Bavyvnykova sovka – bahatoidnyi shkidnyk silskohospodarskykh kultur. Retrieved from: <https://www.syn-genta.ua/news/sonyashnik/bavyvnykova-sovka-bagatoyidnyy-shkidnyk-silskohospodarskykh-kultur> [in Ukrainian]
- Drozda, V. F. (2002). Bavyvnykova sovka. *Zakhyst Roslyn*, 12, 17–18. [in Ukrainian]
- Castiglioni, E., Clérison, R. P., Chiaravalle, W., Jonas, A. A., Ugalde, G., & Jerson, V. C. G. (2016). First record of occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean in Uruguay. (Primer registro de ocurrencia de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) en soja, en Uruguay.). *Agrociencia (Montevideo)*, 20 (1), 31–35.
- Fedorenko, V. P., Pokozii, Y. T., & Krut, M. V. (2004). *Shkidnyky silskohospodarskykh kultur*. Kyiv: Kolobih [in Ukrainian]
- Trybel, S. O., Fedorenko, V. P., & Lapa, O. M. (2004). *Sovky (Naiposhyrenishi vydy v Ukraini)*. Kyiv: Kolobih [in Ukrainian]
- Kliuchko, Z. F. (2006). *Sovky Ukrainy (Seriia vyznachnykyv «Pryroda Ukrainy»). Dovidkove vydannia*. Kyiv: Raievskoho [in Ukrainian]
- Fibiger, M., & Hacker, H., (2004). Systematic List of the Noctuidae of Europe (Notodontidae, Nolidae, Arctidae, Lymantriidae, Micro-noctuidae, and Noctuidae). In: *Esperiana*, 11. (pp. 83–172). Germany: Delta Peks
- Fedorenko, V. P., & Kuzmynskyi, A. V. (2015). Vredonosnost khlopkovoi sovky na kukuruze na vostoce Ukrainu. *Zashchyta y Karantyn Rastenyi*, 1, 33–35. [in Russian]
- Rosca, I. (2010). Research regarding interaction of mon 810 biotech corn on the *Helicoverpa Armigera* in Romania. *Scientific Papers, UASVM Bucharest, Series A*, LIII, 403–411.
- Yaroshenko, L. M., Filatova, N. K., & Abashyn, E. H. (2013). Bavyvnykova sovka *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) na ambrozii polynolystii. *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 6, 24–25. [in Ukrainian]
- Cunningham, J. P., Zaiucki, M. P., & West, S. A. (1999). Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behaviour and control of a polyphagous pest. *Bulletin of Entomological Research*, 89, 201–207.
- Palagacheva, N., & Sevov, A. (2021). Cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner) – a key pest on sweet corn. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27 (1), 156–160.
- Firemping, S., & Zalucki, M. P. (1989). Host plant preferences of populations of *Helicoverpa-Armigera* (Hubner) (Lepidoptera, Noctuidae) from different geographic locations. *Australian Journal of Zoology*, 37 (6), 665–673.
- Klyuchko, Z. F., & Matov, A. Yu. (2005). Novie dannie o maloizvestnykh vidakh sovok (Lepidoptera, Noctuidae) fauni Ukraini. *Vestnik zoologii*, 39 (5), 58. [in Russian]
- Westbrook, J. K., & Lopez, J. D. (2010). Long-distance migration in *Helicoverpa zea* what we know and need to know. *Southwestern*

19. Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-Cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Reigntault, P. L., Thulke, H., Van der Werf, W., Civera, A. V., Yuen, J., Zappalà, L., Czwieneczek, E., Streissl, F., & MacLeod, A. (2020). Pest categorisation of *Helicoverpa zea*. *EFSA Journal*, 18(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6177>
20. Chaika, V. M., & Biliavskiy, Yu. V. (2007). Hlobalni zminy klimatu: dynamika pervynnoi produktyvnosti napivpryrodneykh ekosystem v ahrolandshaftakh lisostepu. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarynoho universytetu*, 117, 167–174. [in Ukrainian]
21. Dovgan, S. V. Bavovnikova sovka – nebezpechnii shkidnik. [Elektronniy resurs]. <http://golovderzhzahist.com.ua>. [in Ukrainian]
22. Bavovnikova sovka – bagatoidnii shkidnik silskogospodarskikh kultur [Elektronniy resurs]: Retrieved from: <https://www.syn-genta.ua/news/sonyashnik/bavovnikova-sovka-bagatoyidniy-shkidnik-silskogospodarskikh-kultur> [in Ukrainian]
23. Dömötör, I., Kiss, J., & Szócs, G. (2009). Coincidence of silking time of corn, *Zea mays* and flight period of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hbn.: How does it affect follow-up abundance of larvae on cobs and grain damage in various corn hybrids? *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 44 (2), 315–326. <https://doi.org/10.1556/aphyt.44.2009.2.8>
24. Capinera, J. L. (Ed.). (2008). *Encyclopedia of Entomology*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6>
25. Srivastava, C. P., Joshi, N., & Trivedi, T. P. (2010). Forecasting of *Helicoverpa armigera* populations and impact of climate change. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 80, 3–10.
26. Maezler, D. A., & Zalucki, M. P. (1999). Analysis of long-term light-trap data for *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: the effect of climate and crop host plants. *Bulletin of Entomological Research*, 89, 455–463.
27. Biliavskiy, Yu. V., & Vusatyi, R. O. (2008). Uvaha: Bavovnykova sovka (Vplyv zminy klimatu na poshyrennia ta shkidlyvist fitofaha v posivakh kukurudz). *Karantyn i Zakhyst Roslyn*, 6, 2–4. [in Ukrainian]
28. Omeliuty, V. P. (red.). (1986). *Oblik shkidnykiv ta khvorob silskogospodarskykh kultur*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian]
29. *Prohnoz fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv Ukrainy ta rekomendatsii shchodo zakhystu roslyn u 2012 r.* (2012). Ministerstvo ahrarynoi polityky ta prodovolstva Ukrainy [in Ukrainian]
30. Borzykh, O. I., Retman, S. V., Chaika, V. M., Trybel, S. O., Fedorenko, A. V., Bakhmut, O. O., & Chekan, K. V. (2018). *Metodychni rekomendatsii shchodo skladannia prohnozu rozvytku ta obliku bahatoidnykh shkidnykiv, shkidnykiv ta khvorob zernovykh, zernobobovykh kultur ta bahatorichnykh trav*. Kyiv: Derzhprodsposhyvsluzhba [in Ukrainian]
31. Butler, G. D. (1976). Bollworm: Development in Relation to Temperature and Larval Food. *Environmental Entomology*, 5 (3), 520–522. <https://doi.org/10.1093/ee/5.3.520>
32. Archer, T. L., & Bynum, E. D. (1994). Corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) biology on food corn on the high plains. *Environmental Entomology*, 23 (2), 343–348. <https://doi.org/10.1093/ee/23.2.343>
33. Liu, Z., Li, D., Gong, P., & Wu, K. (2004). Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. *Environmental Entomology*, 33 (6), 1570–1576. <https://doi.org/10.1603/0046-225x-33.6.1570>
34. Rajapakse, C. N. K., & Walter, G. H. (2007). Polyphagy and primary host plants: oviposition preference versus larval performance in the lepidopteran pest *Helicoverpa armigera*. *Arthropod-Plant Interactions*, 1 (1), 17–26. <https://doi.org/10.1007/s11829-007-9003-6>
35. Olivi, B. M., Gore, J., Musser, F. M., Catchot, A. L., & Cook, D. R. (2019). Impact of simulated corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) kernel feeding on field corn yield. *Journal of Economic Entomology*, 112(5), 2193–2198. <https://doi.org/10.1093/jee/toz119>
36. Bibb, J. L., Cook, D., Catchot, A., Musser, F., Stewart, S. D., Leonard, B. R., Buntin, G. D., Kerns, D., Allen, T. W., & Gore, J. (2018). Impact of corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on field corn (Poales: Poaceae) yield and grain quality. *Journal of Economic Entomology*, 111 (3), 1249–1255. <https://doi.org/10.1093/jee/toy082>
37. Capinera, J. L. (2017). Featured Creatures. Corn earworm – *Helicoverpa zea*. Retrieved from: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/corn_earworm.htm
38. Chaika, V. M. (2004). Teoretychni osnovy entomolohichnoho prohnozu. *Zakhyst i Karantyn Roslyn*, 50, 3–20. [in Ukrainian]
39. Huang, J., & Hao, H. (2020). Effects of climate change and crop planting structure on the abundance of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ecology and Evolution*, 10 (3), 1324–1338. <https://doi.org/10.1002/ece3.5986>
40. Barabash, M. B. (1991). *Yzmenenye klymata y khoziaistvennaia deiatelnost*. Kyiv [in Russian]
41. Liaska, Y., Stryhun, O., Honcharenko, O., & Kravchenko, V. (2021). Harmfulness of cotton bollworm caterpillars on maize hybrids. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Plant Protection and Quarantine*, 67, 181–195. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.181-195>
42. Liaska, Yu. M., & Stryhun, O. O. (2019). Vydovyi sklad osnovnykh shkidnykiv ahrotsenozu kukurudz v livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 2, 45–52. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.05> [in Ukrainian]
43. Voloshina, L., & Tserkovnaya, V. (2020). Biokorreksiya populatsii khlopkovoi sovki pri vozdelivanni sel'skokhozyaistvennykh kultur v usloviyakh Pridnestrovyia. *Biogeochemical innovations under the conditions of the biosphere technogenesis correction*, 1, 153–159. [in Russian]
44. Duffield, S. J., & Steer, A. P. (2006). The ecology of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in the Riverina region of south-eastern Australia and the implications for tactical and strategic management. *Bulletin of Entomological Research*, 96 (6), 583–596. <https://doi.org/10.1079/ber2006462>
45. Corn Earworm, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). (n.d.). *Encyclopedia of Entomology*, 617–620. https://doi.org/10.1007/0-306-48380-7_1027
46. Pinchuk, N. I., Hyrka, T. V., Horshchar, O. A., & Pedash, T. M. (2017). Stiikist hibrydiv kukurudz do luskokrylykh shkidnykiv v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy. *Zernovi Kultury*, 115–118. [in Ukrainian]
47. Mishra, G., & Omkar. (2021). *Gram Pod Borer (Helicoverpa armigera)*. *Polyphagous Pests of Crops*, 311–348. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8075-8_7
48. Dolya, M., Fokin, A., Varchenko, T., & Moroz, S. (2018). The trophic communication of the cotton bollworm in the modern growing technology of sunflower and corn in the Forest-Steppe of Ukraine. *Naukovi Dopovidi Nacional'nogo Universitetu Bioresursiv i Prirodokoristuvannâ Ukraini*, 2018 (5). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.018>

ORCID

- L. Biliavska  <https://orcid.org/0000-0003-3856-7718>
 Yu. Biliavsky  <https://orcid.org/0000-0002-8909-5127>
 M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>



© 2023 Biliavska L. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

The state and problems of common black soils' fertility in Poltava region

V. Dereza✉

Article info

Correspondence Author

V. Dereza

E-mail:

derezavlad96@gmail.comPoltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str., Poltava,
36003, Ukraine**Citation:** Dereza, V. (2023). The state and problems of common black soils' fertility in Poltava region. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 43–48. doi: 10.31210/spi2023.26.01.07

The natural quality and modern state of soils is the determining factor, which ensures the productivity and effectiveness of agricultural production. Crop yield capacity directly depends on soils' fertility, which are the independent natural element and component of the eco-system. The purpose of the article is to study the current state of fertility of black soils' fertility in Poltava region and to determine the factors that cause its deterioration. Soils are a complex system, in which substances and energy metabolism with the natural environment constantly takes place. Black soils occupying the two-third of the Central Ukraine's territory are the most fertile soils. Common black soils are the most wide-spread and in Poltava region and they are located in the southern parts of Kobeliaky, Novi Sanzhary, Mashivka, and Karlivka districts. The fertility of these black soils is under the negative effect of intensive practices and technologies of agricultural production. It has been established that during the period of 2013–2020, humus content in these soils decreased by 5.5 %, which shows the insufficiency of receiving organic substances relative to their biological losses because of mineralization processes, erosion, etc. The unbalanced deficit farming system dominating in Poltava region results in transforming the richest soils in the world into the soils with the average fertility level (45–65 points), which have the dynamics to further degradation. Moreover, common black soils are characterized by the considerable level of pollution with heavy metals (iron, zinc, chrome, nickel – most of all, lead, copper – insufficiently). It has been determined that the black soils in Kobeliaky and Mashivka districts are the least polluted (the content of heavy metals in these soils makes 1–10 mg/kg), while the black soils in Novi Sanzhary and Karlivka districts are the most polluted (21–30 mg/kg). The revealed negative factors affecting common black soils' fertility in Poltava region show that the existing approach to their use in agricultural production is inadmissible.

Keywords: soils, common black soils, fertility, humus, agro-ecological potential.

Стан і проблеми родючості чорноземів звичайних у Полтавській області

В. В. Дереза

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Природна якість і сучасний стан ґрунтів є визначальним фактором, який забезпечує продуктивність та ефективність сільськогосподарського виробництва. Врожайність сільськогосподарських культур безпосередньо залежить від родючості ґрунтів, які є самостійним природним тілом і компонентом екосистеми. Метою статті є дослідження сучасного стану родючості чорноземів звичайних Полтавської області та визначення чинників, які спричиняють її погіршення. Ґрунти є складною системою, у якій безупинно відбувається обмін речовин і енергії з довкіллям. Найродючішими серед ґрунтів є чорноземи, дві третини яких займають територію центральної України. Найбільш розповсюдженими є чорноземи звичайні, які в Полтавській області розташовані у південних частинах Кобеляцького, Новосанжарського, Машівського та Карлівського районів. Родючість цих чорноземів перебуває під негативним впливом інтенсивних практик і технологій сільськогосподарського виробництва. Встановлено, що за 2013–2020 рр. вміст гумусу в них зменшився на 5,5 %, що свідчить про недостатність надходження органічної речовини відносно її біологічних втрат завдяки процесам мінералізації, ерозії тощо. Домінуюча у Полтавській області незбалансована дефіцитна система землеробства сприяє перетворенню найбагатших у світі чорноземів на ґрунти із середнім рівнем родючості (45–65 балів), які мають динаміку до подальшої деградації. При цьому чорноземи звичайні характеризуються достатнім рівнем забруднення важкими металами (найбільше – залізом, цинком, хромом, нікелем; несуттєво – свинцем і міддю). Визначено, що найменше забруднені чорноземи в Кобеляцькому та Машівському районах (вміст важких металів у ґрунтах складає 1–10 мг/кг), а найбільше – в Новосанжарському та Карлівському районах (21–30 мг/кг). Виявлені негативні чинники, що впливають на родючість чорноземів звичайних у Полтавській області свідчать, що застосовувати надалі такий підхід до їх використання у сільськогосподарському виробництві неприпустимо.

Ключові слова: ґрунти, чорноземи звичайні, родючість, гумус, агроекологічний потенціал.**Бібліографічний опис для цитування:** Дереза В. В. Стан і проблеми родючості чорноземів звичайних у Полтавській області. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 43–48.

На сьогодні у світі відомо понад 300 видів ґрунтів, серед яких почесне місце займають чорноземи. Загальна площа чорноземів світу складає 314 млн га, що становить 2,4 % площі всіх ґрунтів світу. При цьому 27,8 млн га (8,7 % від загальносвітової площі) приходить на Україну та займають основну площу сільськогосподарських угідь в Україні (67,7 %), де вирощується більша частина врожаю таких культур: зернових, соняшника, цукрового буряка, багаторічних плодкових, ефіроолійних [1].

За структурою чорноземні ґрунти в Україні розподіляються таким чином: чорноземи звичайні – 10,5 млн га (з яких 88 % – рілля), чорноземи типові – 5,8 млн га (92 %), сірі лісові – 4,3 млн га (81 %), дерново-підзолисті – 3,8 млн га (74 %), чорноземи південні – 3,6 млн га (89 %), опідзолені – 3,4 млн га (92 %) [2]. Чорноземи центральної України, які є одними з найбільш родючих у світі, можна розділити на три великі групи: на півночі пояс так званих глибоких чорноземів товщиною близько 1,5 м і багатих гумусом; на південь і схід від першого – зона звичайних чорноземів, які однаково багаті гумусом, але товщиною лише близько 1 м; найпівденніший пояс, який ще тонший і має ще менше гумусу [3]. На різних височинах і вздовж північного та західного периметрів глибоких чорноземів вкраплені суміші сірих лісових ґрунтів і опідзолених чорноземів, які разом займають значну частину решти території України. Всі ці ґрунти є дуже родючими, коли є достатня кількість води [2].

Водночас родючість ґрунту є одним із найважливіших факторів, який окрім забезпечення ефективної урожайності сільськогосподарських культур натепер і в майбутньому, ще водночас дозволяє знизити залежність від несприятливих природно-кліматичних умов [4]. Відомо, що мінливі метеорологічні умови пори року спричиняють коливання врожайності сільськогосподарських культур на рівні 35–40 %. Однак ці коливання істотно нівелюються (майже вдвічі) на окультурених ґрунтах, які використовуються за правилом розширеного відтворення ефективної родючості [5].

Однак інтенсивне вирощування сільськогосподарських культур, особливо на крутих схилах, призвело до масової ерозії ґрунту та овражування [6]. Також за умови сучасних систем землеробств, що поширені в Україні, спостерігаємо деякі процеси, які здійснюють негативний вплив на потенційну і ефективну родючість чорноземів, а саме: втрати поживних елементів і органічної речовини ґрунтами, ерозія та деградація ґрунтів, геоecологічні порушення тощо [7, 8].

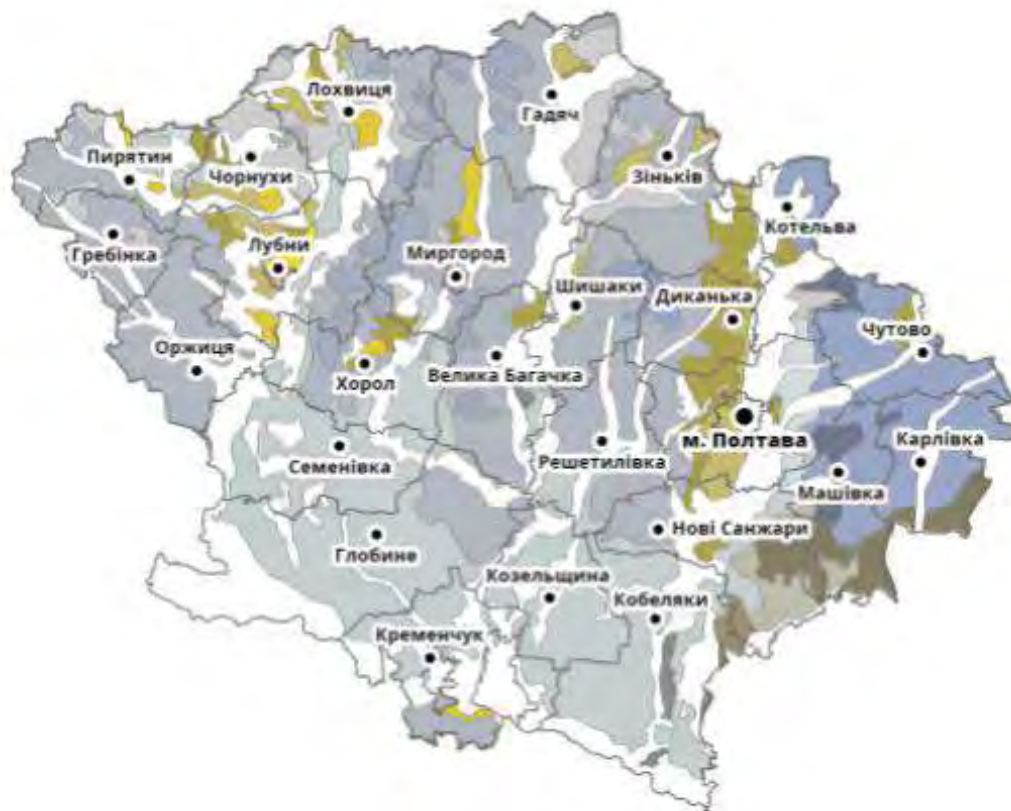
Полтавська область територіально знаходиться в центральній і північно-східній частинах України, на лівобережжі басейну Дніпра, майже повністю у межах Придніпровської низовини [9]. Природно-кліматичні фактори сприяли формуванню в області ґрунтів (70 %) з особливо якісними характеристиками – у прошарку гумусу міститься багато корисних органічних речовин для високих урожаїв. У ґрунтовому покриві переважають чорноземи (під степами на

вододілах) й опідзолені ґрунти (під лісами). На різні види чорноземів приходить понад 92 % від площі орних земель, з яких 2/3 – чорноземи типові (включно з їх залишково-солонцюватими та вилугуваними відмінностями). Вони мають потужний гумусований профіль (80...120 см), що сформувався завдяки значним обсягам відмерлої рослинної маси, яка надходила у ґрунт щорічно за умов домінування лучних степів, завдяки глибокому проникненню вологи, забезпечуючи перерозподіл гумусу [10].

З південного сходу Полтавської області (рис. 1) чорноземи типові зони Лісостепу плавно переходять у чорноземи звичайні (мало- та середньогумусні на лесових породах) зони Північного степу (у південних частинах Кобеляцького, Новосанжарського, Машівського та Карлівського районів) [11, 12]. Вони сформувалися під різнотравно-ковилюво-костричевою рослинністю на плато та схилах вододілів, лесових терасах на лесових породах і червоно-бурих глинах. Ці ґрунти теж є родючими, але оскільки розвивались за умов більшого дефіциту з воложення, тому потребують додаткового зрошення. Через жорсткий гідро-термальний режим у цих ґрунтах загальмований процес гумусоутворення, тому їх профіль є менш потужним і складає (70...100 см), вміст гумусу – 4,6–5,9 %, рН – 6,3–7,0 [10, 13, 14].

Однак через недбале господарювання чорноземи втрачають свою цінність – відбувається щорічне зменшення товщини гумусу, який придатний для сільськогосподарського виробництва. Головними причинами цього процесу є сільськогосподарська практика землекористувачів, яка направлена на максимізацію прибутку, а не на збереження родючості ґрунтів. Відбувається порушення сівозмін, використовуються хімічні добрива (недостатньо або взагалі відсутні органічні) та засоби захисту рослин, які перетворюють ґрунти із біологічно активної сполуки на хімічний субстрат [15]. Оподи сприяють змиванню залишків хімічних речовин з ґрунту у ґрунтові води, далі це стікає в річки, потрапляє у глибші шари. В результаті важкі метали, формальдегіди тощо, швидко не розщеплюються, а є причиною забруднення річок, озер, питної води у колодязях [16].

Доцільно також відзначити вплив зміни клімату, особливо влітку 2022 року, коли протягом 1–2 тижнів у Полтавській області відбувалися інтенсивні зливи, а потім – стрімко підвищувалася температура (інколи до рекордних показників). Результати досліджень свідчать [17], що у ґрунт разом з дошовою водою потрапляє аміак, вуглекислота, сірчана кислота й інші кислоти, які все більше накопичуються в атмосфері як кислотні оксиди (зневоднені кислоти) і перетворюються на кислоти, вступаючи у реакції з водяною парою. Ці кислоти, опиняючись у ґрунтовому середовищі, вступають в обмінні реакції, витісняючи із ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) обмінні форми кальцію, що призводить до часткового руйнування агрономічно цінної структури ґрунту та втрати водотривкості макроагрегатів [18, 19].



- | | |
|------------------------------|--|
| Опідзолені ґрунти: | Чорноземі: |
| Ясно-сірі опідзолені ґрунти | Чорноземи неглибокі лісостепові на лесових породах |
| Сірі опідзолені ґрунти | Чорноземи неглибокі слабогумусовані та малогумусні |
| Темно-сірі опідзолені ґрунти | Чорноземи глибокі на лесових породах |
| Чорноземи опідзолені | Чорноземи глибокі малогумусні |
| | Чорноземи глибокі малогумусні вилуговані |
| | Чорноземи глибокі малогумусні карбонатні |
| | Чорноземи глибокі середньогумусні |
| | Чорноземи глибокі середньогумусні вилуговані |
| | Чорноземи звичайні на лесових породах |
| | Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі |
| | Чорноземи звичайні малогумусні глибокі |
| | Чорноземи звичайні малогумусні |
| | Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти |
| | Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти |
| | Чорноземи залишково-солонцюваті на лесових породах |
| | Чорноземи глибокі залишково-солонцюваті |

Рис. 1. Карта основних ґрунтів Полтавської області

Джерело: [11]

За картою «Агроекологічна оцінка ґрунтів України» та екологічним атласом Полтавщини відмічається, що територія чорноземів звичайних у Полтавській області має нижче середнього (-1,30–(-0,50)) ступінь ураженості несприятливими природно-антропогенними процесами: зсувами, ерозією – яружною і площинною, заболоченням, суфозією лесових порід, дефляцією, карстом, селями, засоленням, підтопленням, просіданням і обваленням над гірничими виробками. Цей показник оцінювався у відсотках до площі природно-сільськогосподарських районів [20].

Гідротермічний потенціал продуктивності фітомаси чорноземів звичайних у Полтавській області визначений на рівні інтегрального показника – 4,5–5,5, який розраховується за формулою [20]:

$$K_p = \frac{W \times T_v}{3,6 \times R'}$$

де W – середньорічне продуктивне зволоження, мм; T_v – період вегетації, декади; R' – середньорічний радіаційний баланс, ккал/см².

У результаті родючість цих чорноземів оцінюється на рівні 45–65 балів, що відповідає середньому рівню (максимальні 100 балів мають ґрунти із найвищою урожайністю зернових). За критерій оцінки прийнято середню багаторічну врожайність групи зернових культур (без урахування затрат) [11].

Відомо, що стійкість ґрунту до дії руйнівних чинників залежить від якісного складу його структури, яка визначається величиною структурних агрегатів, їх водотривкістю або міцністю. Стверджується [21, 22], що до руйнування структури

призводить передусім занадто інтенсивна та несвоєчасна технологія обробітку ґрунту, механічний вплив машин під час руху на полі, витіснення зі збірного комплексу кальцію, удари дощових капель, мінералізація гумусу тощо.

За оцінкою стійкості чорноземи звичайні, як і всі ґрунти Полтавської області, мають середньостійкий рівень 50,1–60,0 %, що оцінювалося з урахуванням стійкості до забруднення відходами промислових підприємств, тваринницьких комплексів, ферм, мінеральними й органічними добривами, пестицидами [11].

Рівень забруднення важкими металами чорноземів звичайних у Полтавській області не є однорідним (за районами) [6]:

- Кобеляцький і Машівський – низький (менше 70 % від середньообласного показника);
- Новосанжарський – середній (91–110 %);
- Карлівський – вище середнього (111–130 %).

При цьому вміст важких металів у ґрунтах складає 1–10 мг/кг у Кобеляцькому (найбільше – залізо, цинк, хром, нікель; незначно – свинець і мідь) та Машівському районах (найбільше – залізо; незначно – свинець, цинк, хром, нікель і мідь). Тоді як в інших районах вміст важких металів становить 21–30 мг/кг, що представлені у: Новосанжарському районі – свинцем, залізом і цинком більшою мірою; Карлівському районі – більше цинком, майже порівну свинцем і залізом (менше в обох районах – хромом, нікелем і міддю) [23].

Важливе значення у визначенні стану чорноземів звичайних має їх агроекологічний потенціал, який представляє собою їх здатність здійснювати функцію сільськогосподарських угідь, забезпечувати необхідні умови для росту та розвитку сільськогосподарських культур, утримувати екологічну рівновагу як в агроландшафтах, так і усьому природному середовищі. Він визначається за показниками, які характеризують: підживлення фосфором і калієм; якість і гумусність ґрунту; рівень і мінералізацію ґрунтових вод; валовий сумарний вміст важких металів; сумарний вміст радіонуклідів; біотичний потенціал або біопродуктивність земельних угідь; стійкість ґрунтів до техногенного навантаження; несприятливі природно-антропогенні процеси; забрудненість пестицидами; внесення мінеральних добрив. З огляду на зазначені показники агроекологічний потенціал чорноземів звичайних у Полтавській області оцінюється як умовно сприятливий (показник агроекологічного потенціалу вище 1,7) [11, 23].

Відомо, що гумусний стан ґрунтів є матрицею, яка розкриває всі їх властивості, враховуючи ґрунтові режими. Отже вміст гумусу у ґрунті – інтегральний показник рівня його потенційної й ефективної родючості [24]. Результати досліджень [25] свідчать, що інтенсивний, науково необґрунтований обробіток ґрунту спричиняє значно високі темпи втрати гумусу в Полтавській області, вміст якого в орному шарі зменшився в середньому на 5,5 % (рис. 2) [26].

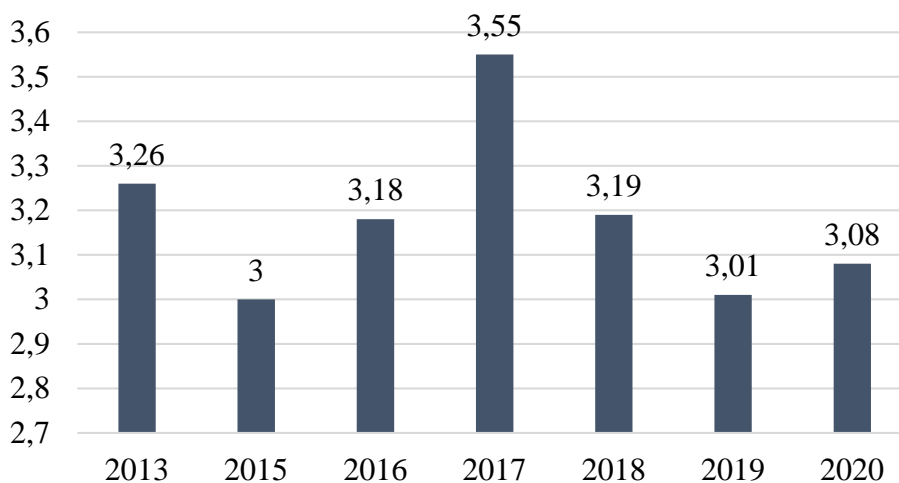


Рис. 2. Характеристика ґрунтів Полтавської області за вмістом гумусу за 2013–2020 рр., %
Джерело: побудовано за [26].

Мінімальні втрати гумусу спостерігаються на ґрунтах із чорноземами звичайними слабогумусними глибокими та їх (залишково) солонцюватими відмінами. Наприклад, у Кобеляцькому районі вміст гумусу у ґрунті зменшився в середньому з 3,01 % до 2,92 %, тоді як у Карлівському районі – збільшився з 4,27 % до 4,33 %. Найбільші втрати гумусу складають у Машівському – на 0,23 абсолютних відсотка (з 4,44 % до 4,21 %) та Новосанжарському районах – на 0,39 абсолютних відсотка (з 3,55 % до 3,16 %), тоді як по Полтавській області – на 0,13 абсолютних відсотка (з 3,39 % до 3,26 %) [24]. Головною причиною таких негативних змін вважається втрата балансу

рівноваги елементів живлення у ґрунті, яка вирішується лише за умови застосування одночасно органічних і мінеральних добрив з насиченням сівозміни бобовими культурами (горох, багаторічні трави, соя) [25].

Інші дослідження [27] чорноземів звичайних Дніпропетровської області підтверджують, що внаслідок інтенсивного агровиробничого використання ґрунту відбуваються суттєві зміни кількісних показників його органічної речовини. Так, за інтенсивного сільськогосподарського використання ґрунтів вміст гумусу в чорноземах звичайних відносно еталону (перелугу) зменшився з

6,41 до 4,17 % (на 35 %), а його запаси – на 21–34 %. Визначені незворотні зміни у порушенні врівноваженої системи речовинно-енергетичних процесів чорнозему звичайного, що характерні ґрунту у стані перелогу, коли відбувається більше у 1,94 раза надходження органічної речовини відносно втрат при мінералізації.

Також досліджено, що на гумусний стан чорнозему звичайного впливає наявність гумусозбережних технологій у загальній системі агротехнічних заходів. Пропонується застосування органо-мінеральної системи удобрення (6,3 т/га + N₂₂P₂₅K₁₅), що забезпечує формування позитивного балансу гумусу (0,129 т/га) завдяки надходженню необхідної

кількості органічної речовини, створюються умови для його збереження [27].

Згідно з науковими дослідженнями низки науковців є підстави стверджувати, що за умов інтенсивного ведення землеробства через погіршення екологічного стану середовища відбулося значне посилення процесів руйнування структурних агрегатів і ґрунтової родючості [28–33]. Якісний склад і водотривкість структурних агрегатів перебувають під постійним впливом антропогенних і природних факторів, які руйнують структурні агрегати та змінюють ґрунтові процеси: фізико-механічні, фізико-хімічні та біологічні (таблиця 1) [17].

Таблиця 1

Фактори, що впливають на руйнування структури ґрунту

| Антропогенні | Природні |
|--|------------------------------------|
| Порушення структури посівних площ і сівозмін | Різкі коливання температур |
| Надмірне застосування пестицидів | Інтенсивність атмосферних опадів |
| Недостатнє внесення органічних добрив | Сильні пориви вітру |
| Інтенсивний механічний обробіток ґрунту | Збіднення рослинного покриву |
| Випасання ВРХ на ерозійно-вразливих землях | Переміщення комах, птахів і тварин |
| Ведення воєнних дій | Глобальна зміна клімату |

Джерело: побудовано за [17]

Отже, серед головних чинників, які здійснюють негативний вплив на чорноземи звичайні в Полтавській області, виділяють такі [11, 26]:

- велика розораність сільськогосподарських земель, зокрема на схилах, що є вкрай небезпечно;
- недотримання та порушення сівозмін, недоцільний розподіл і використання посівних площ;
- застосування важкої сільськогосподарської техніки, що не відповідає ґрунтозахисним технологіям;
- недостатність внесення поживних речовин (органічних та мінеральних добрив), тоді як на орних землях запасу сільських рад практично відсутнє внесення будь-яких добрив;
- непомірна насиченість у структурі посівних площ технічних культур (особливо соняшнику як найбільш прибуткової культури);
- зупинено будівництво протиерозійних гідротехнічних споруд;
- зниження площ рекультивованих земель за умови синхронного збільшення площ порушених земель;
- невисоке використання меліоративних робіт на лужних і кислих ґрунтах.

Висновок

Метою здійсненого огляду є дослідження сучасного стану родючості чорноземів звичайних Полтавської області та визначення чинників, які спричиняють її погіршення.

Найбільш розповсюдженими в Україні є чорноземи звичайні, які в Полтавській області розміщені у південних частинах Кобеляцького, Новосанжарського, Машівського та Карлівського районів. На сьогодні родючість цих чорноземів перебувають під негативним впливом інтенсивних

практик і технологій сільськогосподарського виробництва. Встановлено, що за 2013–2020 рр. вміст гумусу в них зменшився на 5,5 %, що свідчить про недостатність надходження органічної речовини відносно її біологічних втрат завдяки процесам мінералізації, ерозії тощо. Домінуюча у Полтавській області незбалансована дефіцитна система землеробства сприяє перетворенню найбагатших у світі чорноземів на ґрунти з середнім рівнем родючості (45–65 балів), які мають динаміку до подальшої деградації. Визначено, що найменше забрудненні чорноземи у Кобеляцькому та Машівському районах (вміст важких металів у ґрунтах складає 1–10 мг/кг), а найбільше – у Новосанжарському та Карлівському районах (21–30 мг/кг). Виявлені негативні чинники, що впливають на родючість цих чорноземів свідчать про необхідність проаналізувати всі елементи системи та технології землеробства на ефективність щодо збереження родючості ґрунту та переформувувати їх – відхилити такі агроприйоми, що занадто виснажують, а використовувати такі з них, що сприяють відновленню та збагаченню. Водночас саме такий підхід необхідно запровадити до технологій застосування агрохімікатів, меліоративних заходів, знарядь обробітку ґрунту тощо.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

1. Pozniak, S. (2016). Chornozemy Ukrainy: heohrafiia, heneza i suchasnyi stan. *Ukrainskyi Heohrafichnyi Zhurnal*, 1, 9–13. [in Ukrainian]

2. Struktura gruntiv v Ukraini. Retrieved from: <https://superagronom.com/multimedia/infographics/21-struktura-gruntiv-v-ukrayini> [in Ukrainian]
3. Dehtiarov, V. (2011). *Humus chornozemiv Lisostepu i Stepu*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
4. Baliuk, S. A., Medvediev, V. V., Vorotyntseva, L. I., & Shymel, V. V. (2017). Suchasni problem dehradatsii gruntiv i zakhody shchodo dosiahnennia neitralnogo yii rivnia. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 8, 5–11. [in Ukrainian]
5. Kokhana, A. V., & Hlushchenka, L. D. (Eds.). (2015). *Stan ta shliakhy pidvyshchennia rodichosti gruntiv Poltavskoi oblasti u suchasnykh umovakh silskohospodarskoho vyrobnytstva : monografiia*. Poltava: Poltavska derzhavna silskohospodarska doslidna stantsiia im. M. I. Vavylova [in Ukrainian]
6. Agriculture in Ukraine. Retrieved from: https://soilbiotics.com/media/Agriculture_in_Ukraine_by_Argus.pdf
7. Kravchenko, Yu. S. (2019). Suchasnyi stan rodichosti ukrainskykh chornozemiv. *Plant and Soil Science*, 10 (3), 29–41. <https://doi.org/10.31548/agr2019.03.029> [in Ukrainian]
8. Chaika, T. O., Yasnolob, I. O., Gorb, O. O., Lotysh, I. I., & Bereznytskyi, Y. V. (2019). Eco-balance of soil tillage systems to restore and increase soil fertility. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 92–102. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.12>
9. Heohraficzne polozhennia Poltavshchyny. Retrieved from: http://geo.pnpu.edu.ua/geografical_location.php [in Ukrainian]
10. Grunty i zemelni resursy Poltavshchyny. Retrieved from: <http://geo.pnpu.edu.ua/soil.php> [in Ukrainian]
11. Rehionalna prohrama okhorony dovkillia, ratsionalnogo vykorystannia pryrodnykh resursiv ta zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky z urakhuvanniam rehionalnykh prioritytiv Poltavskoi oblasti na 2022–2027 roky («Dovkillia – 2027»). (2021). Poltava [in Ukrainian]
12. Interaktyvna karta gruntiv Ukrainy. Retrieved from: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy> [in Ukrainian]
13. Tykhonenka, D. H. (2009). *Praktykum z gruntoznavstva : Navchalnyi posibnyk*. Xarkiv: Maidan [in Ukrainian]
14. Stepova, O. V. (2018). Raionuvannia terytorii Poltavskoi oblasti za pokaznykamy karoziinoi aktyvnosti hruntiv. *Ekolohichni Nauky*, 3 (22), 106–112. [in Ukrainian]
15. Dovhoshei, A. (2019). Khto zabrudniuie Poltavski chornozemy? *Poltavshchyna*. Retrieved from: <https://poltava.to/project/4791> [in Ukrainian]
16. Medvedieva, V. V., & Lisovoho, M. V. (Eds.). (2001). *Stan rodichosti gruntiv Ukrainy ta prohnoz yoho zmin za umov suchasnoho zemlerobstva*. Kharkiv: Shtrikh [in Ukrainian]
17. Bomba, M. Ya. (2016). Ekolohichni problemy struktury hruntiv v umovakh suchasnoho zemlerobstva ta shliakhy yikh vyrishennia. *Visnyk Umanskoho Natsionalnogo Universytetu Sadivnytstva*, 1, 13–17 [in Ukrainian]
18. Khablak, S. (2022). Vplyv mineralnykh dobryv na vlastivosti gruntu ta GVK. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/894-vplyv-mineralnih-dobriv-na-vlastivosti-gruntu-ta-gvk> [in Ukrainian]
19. Nosko, B. S. (2006). *Antropohenna evoliutsiia chornozemiv*. Kharkiv: Vyd-vo 13 typhrafiiia [in Ukrainian]
20. Ahroekolohichna otsinka gruntiv Ukrainy. Retrieved from: https://www.ecoleague.net/images/vydannia/ecomaps/Agroecologichna_otsinka_gruntiv.pdf [in Ukrainian]
21. Baliuk, S. A., Medvediev, V. V., & Zakharova, M. A. (2013). Stan gruntiv Ukrainy ta shliakhy pidvyshchennia yikh rodichos v umovakh optymizatsii zemelnykh resursiv Ukrainy. *Zemlerobstvo*, 85, 14–24 [in Ukrainian]
22. Baliuk, S. A., Nosko, B. S., & Skrylnyk, Ye. V. (2016). Suchasni problemy biolohichnoi dehradatsii chornozemiv i sposoby zberezhenia yikh rodichosti. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 1, 11–17. [in Ukrainian]
23. Holika, Yu. S., Baranovskoho, V. A., & Illiash, O. E. (Eds.). (2007). *Ekolohichni atlas Poltavshchyny*. Poltava: Poltavskiy literator [in Ukrainian]
24. Koval, V. V., Natalochka, V. O., Tkachenko, S. K., & Minenko, O. V. (2013). Present condition of boron supply in soils of Poltava region. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 84–88. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.03.15>
25. Koval, V. V., Natalochka, V. O., Tkachenko, S. K., & Minenko, O. V. (2013). Current status of availability of soil of Poltava region with boron. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 23–25. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.04.05>
26. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Poltavskii oblasti u 2020 rotsi. Retrieved from: <http://nupp.edu.ua/page/iformatsiyno-monitoringoviy-tsentr-dovkillia-poltavshchini.html> [in Ukrainian]
27. Chaban, V. I., Kovalenko, V. Yu., & Kliavzo, S. P. (2010). Parametry vmistu humusu v chornozemi zvychainomu ta prohnoz yoho zmin zalezno vid ahrovyrobnychoho vykorystannia. *Biuletyn Instytutu Zernovoho Hospodarstva*, 38, 64–69 [in Ukrainian]
28. Allen, H. P. (1985). *Prymoy posev i minimalnaya obrabotka pochvyi*. Moskva: Agropromizdat [in Russian]
29. Ananova, N. D. (2003). *Mikrobiologicheskie aspektyi samooshchisleniya i ustoychivosti pochv: monografiya*. Moskva: Nauka [in Russian].
30. Bomba, M. Ia. (2007). *Naukovi ta prykladni aspekty obrobittu gruntu v suchasnomu zemlerobstvi : monografiia*. Lviv: Spolom [in Ukrainian]
31. Medvedev, V. V. (1988). *Optimizatsiya agrofizicheskikh svoystv chernozemov*. Moskva: Agropromizdat [in Russian]
32. Revut, I. B., Sokolovskaya, N. A., & Vasileva, A. M. (1971). *Struktura i plotnost pochvyi – osnovnye parametryi, kondipiruyuschie pochvennyie usloviya zhizni rasteniy*. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian]
33. Tarariko, O. H., Hrekov, V. O., & Panasenko, V. M. (2011). Okhorona ta vidnovlennia dehradovanykh zemel. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 5, 9–13 [in Ukrainian]

ORCID

V. Dereza  <https://orcid.org/0000-0002-0283-1890>



© 2023 Dereza 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.

Sazer-Fredin index – an effective method of assessing young pigs for feeding and meat qualities

V. Khalak¹ | B. Gutyj² | M. Il'chenko³

Article info

Correspondence Author

V. Khalak

B. Gutyj

E-mail: v16kh91@gmail.com,

bvh@ukr.net

¹ State Institution the Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 14, Vernadskoho str., Dnipro, 49009, Ukraine

² Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 50 Pekarska Str., Lviv 79010, Ukraine

³ Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 1, Shvedska Mohyla str., Poltava, 36013, Ukraine

Citation: Khalak, V., Gutyj, B., & Il'chenko, M. (2023). Sazer-Fredin index – an effective method of assessing young pigs for feeding and meat qualities. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 49–54. doi: 10.31210/spi2023.26.01.08

The purpose of the work was to investigate the fattening and meat quality of young pigs of different intrabreed differentiation according to the Sazer-Fredin index and, based on the obtained data, to calculate the economic efficiency of the results of the experiment. The research was carried out in the Dnipropetrovsk region and the animal husbandry laboratory of the State Institution “Institute of Grain Crops of the National Academy of Sciences”. The assessment of young pigs of the large white breed in terms of fattening and meat qualities was carried out considering the following indicators: average daily gain in live weight during the period of control fattening, g; the age of reaching 100 kg live weight, days; thickness of fat at the level of 6–7 thoracic vertebrae, mm; length of the cooled carcass, cm; the length of the bacon half of the chilled half-carcass, see. Control fattening of young pigs was carried out in farm conditions, according to M. D. Berezovsky and I. V. Khatka's method (2005). It was established that the young pigs of the large white breed of the controlled population belong to the elite class by the age of reaching a live weight of 100 kg, the Thickness of the lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae, and the length of the chilled carcass. Taking into account the intrabreed differentiation according to the Sazer-Fredin index, it was established that the young pigs of experimental group I prevailed over peers of II in terms of the average daily gain of live weight during the period of control fattening by 4.23 %, the age of reaching a live weight of 100 kg – 1.83 %, the Thickness of lard by the level of 6–7 thoracic vertebrae – 14.47 mm and the length of the chilled carcass – 0.31 %. The leading indicators of the average daily increase in live weight during the period of control fattening and the length of the chilled carcass and the minimum values of the age of reaching the live weight of 100 kg and the Thickness of lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae were found in young pigs of group I-b. The criterion for selecting highly productive animals according to the Sazer-Fredin index is young pigs with a variability of the specified mathematical model from +0.089 to +0.591 points. The pairwise correlation coefficient between young pigs' fattening and meat qualities and the Sazer-Fredin index ranges from -0.413 ($t_r=2.93$) to +0.248 ($t_r=1.66$). The maximum increase in additional production was obtained from young pigs of the first experimental group according to the Sazer-Fredin index (+1.47 %). The value of additional products obtained from young pigs of the specified group provided that the sales price for 1 kg of live weight of young pigs at the time of the study was UAH 67.4. is + UAH 101.93/head.

Keywords: young pigs, breed, fattening and meat qualities, mathematical model, index, correlation, economic efficiency.

Індекс Сазера-Фредіна – ефективний метод оцінки молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями

В. І. Халак¹ | Б. В. Гутій² | М. О. Ільченко³

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

² Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

³ Інститут свинарства і АПВ НААН, м. Полтава, Україна

Метою роботи було дослідити відгодівельні і м'ясні якості молодняку свиней різної внутріпородної диференціації за індексом Сазера-Фредіна, на основі одержаних даних розрахувати економічну ефективність результатів експерименту. Дослідження проведено у Дніпропетровській області та лабораторії тваринництва Державної установи «Інститут зернових культур НААН». Оцінку молодняку свиней великої білої породи за відгодівельними і м'ясними якостями проводили з огляду на такі показники: середньодобовий приріст живої маси за період контрольної відгодівлі, г; вік досягнення живої маси 100 кг, діб; товщина шпигу на рівні 6–7 грудних хребців, мм; довжина охолодженої туші, см; довжина беконної половини охолодженої півтуші, см. Контрольну відгодівлю молодняку свиней великої білої породи проводили в умовах господарства за методикою М. Д. Березовського, І. В. Хатка (2005). Установлено, що молодняк свиней великої білої породи підконтрольної популяції за віком досягнення живої маси 100 кг, товщиною шпигу на рівні 6–7 грудних хребців і довжиною охолодженої туші належать до класу еліта. З огляду на внутріпородну диференціацію за індексом Сазера-Фредіна встановлено, що молодняк свиней I піддослідної групи переважав ровесників II за середньодобовим приростом живої маси за період контрольної відгодівлі на 4,23 %, віком досягнення живої маси 100 кг – 1,83 %, товщиною шпигу на рівні 6–7 грудних хребців – 14,47 мм і довжиною охолодженої туші – 0,31 %. Максимальні показники середньодобового приросту живої маси за період контрольної відгодівлі і довжини охолодженої туші та мінімальні значення віку досягнення живої маси 100 кг і товщини шпигу на рівні 6–7 грудних хребців виявлено у молодняку свиней групи I-b. Критерієм відбору високопродуктивних тварин за індексом Сазера-Фредіна є молодняк свиней з варіабельністю зазначеної математичної моделі від +0,089 до +0,591 балів. Коефіцієнт парної кореляції між відгодівельними і м'ясними якостями молодняку свиней та індексом Сазера-Фредіна коливається в межах від -0,413 ($t_r=2,93$) до +0,248 ($t_r=1,66$). Максимальну прибавку додаткової продукції одержано від молодняку свиней I піддослідної групи за індексом Сазера-Фредіна (+1,47 %). Вартість додаткової продукції, яку одержано від молодняку свиней зазначеної групи, за умови, що ціна реалізації за 1 кг живої маси молодняку свиней на час проведення дослідження дорівнювала 67,4 грн, становить +101,93 грн/гол.

Ключові слова: молодняк свиней, порода, відгодівельні і м'ясні якості, математична модель, індекс, кореляція, економічна ефективність.

Бібліографічний опис для цитування: Халак В. І., Гутій Б. В., Ільченко М. О. Індекс Сазера-Фредіна – ефективний метод оцінки молодняку свиней за відгодівельними і м'ясними якостями. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 49–54.

Introduction

According to the current Instructions on the grading of pigs [1], boars and sows are evaluated for fattening and meat qualities of their offspring according to the following indicators: age of reaching 100 kg live weight (days), feed consumption per 1 kg of growth (feed unit), the Thickness of lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae (mm) and length of the chilled carcass (cm). For animals of the 1st group of breeds of the elite class, the age of reaching a live weight of 100 kg is 190 days or less, feed consumption per 1 kg of gain is 3.9 and fewer feed units, fat Thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae is 31 millimeters and less, length chilled carcass – 93 or more centimeters.

Numerous studies testify to the effectiveness of innovative methods of assessing the breeding value of pigs and the selection of highly productive animals, as well as the significant influence of foreign breeding pigs on the phenotypic manifestation of economically critical quantitative traits [2–7].

Thus, according to V. I. Khalak and others [8], in young pigs of the large white breed, the age of reaching a live weight of 100 kg is 172.7 ± 1.11 days ($C_v = 4.12\%$), the Thickness of lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae is 21.41 ± 0.294 mm ($C_v = 8.79\%$), the length of the chilled carcass is 96.4 ± 0.59 cm ($C_v = 2.22\%$), the length of the bacon half of the carcass is 80.8 ± 0.89 cm ($C_v = 4.00\%$).

Research by M. D. Berezovsky and others [9] showed that in young pigs of the large white breed, the age of reaching a live weight of 100 kg is 192 days, the consumption of feed per 1 kg of growth is 3.72 feed units, the Thickness of lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae is 25.1 mm. The use of sows of the large white breed in combination with boars of the landrace breed contributed to a decrease in the age of reaching a live weight of 100 kg of their offspring by 8.8 days, feed consumption per 1 kg of gain – by 0.21 feed units, fat Thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae – by 2.5 millimeters.

The results of the research of Balatsky V. M. and others [10, 11] determined the genetic structure of pigs of predominantly white, Poltava meat, large black, and Mirgorod pori pigs according to the cathepsin F gene (CTSF g.22 G>C SNP) in controlled populations and established the main population parameters. In all breeds, the genetic marker was characterized by polymorphism with a predominance of the g.22C allele frequency. The level of informativeness of CTSF g.22 G>C SNP was found to be at the optimal level for associative analysis ($PIC = 0.358 - 0.375$), which allows searching for connections of the marker with pig productivity traits in controlled subpopulations. In a subpopulation of pigs of the large white breed of Ukrainian selection, an analysis of the relationship of the genetic marker CTSF g.22 G>C SNP with indicators of animal productivity: the age of reaching a live weight of 100 kg, the Thickness of lard at the level of the 6–7th rib, 10th rib, in the area of the sacrum and average daily weight gain and selection index. The authors established a tendency towards the association of the indicated genetic marker with the age at which the animals reached a live weight of 100 kg ($p = 0.07$).

The relevance of the chosen research direction is evidenced by the works of domestic and foreign scientists,

namely: V. I. Rossokha, E. K. Oliinychenko, O. A. Boyko, O. A. Zaderikhina [12], R. L. Susol, I. Ye. Tkachenko [13], O. M. Tsereniuk [14], O. M. Khramkova [15], M. A. Khvatova [16], R. L. Susol [17], L. P. Gryshina, O. H. Fesenko [18], P. A. Vashchenko [19], Z. M. Ciepielewski, W. Stojek, A. Borman, D. Myślińska, P. Pałczyńska, M. Kamyczek [20], A. M. Maslyuk [21], V. M. Girya, M. V. Voloshchuk, N. M. Pogribna [22], O. I. Dudka, I. M. Karvatska [23], M. A. Khvatova [24].

The aim of the study

The purpose of the work is to investigate the fattening and meat qualities of young pigs of different intrabreed differentiation according to the Sazer-Fredin index, based on the data obtained, to calculate the economic efficiency of the results of the experiment.

Materials and methods

The experimental part of the research was carried out in the agricultural formations of the Dnipropetrovsk region (Ltd “Druzhba-Kaznacheivka”) and the animal husbandry laboratory of the State Institution “Institute of Grain Crops of the National Academy of Sciences”.

The object of research was young pigs of the large white breed. The animals were evaluated for fattening and meat qualities taking into account the following indicators: average daily gain of live weight during the period of control fattening, g, age of reaching a live weight of 100 kg, days, fat Thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae, mm, length of the chilled carcass, cm [25].

The age of reaching a live weight of 100 kg (1, 2), the Sazer-Fredin index (3) was calculated according to the following formulas:

if the live weight of the animal is 85–99 kg:

$$D_{100} = \left[(100 \text{ kg} - M_0) \div \frac{M_0 - M_{pw}}{D_0 - D_{pw}} \right] + D_0, \quad (1)$$

if the live weight of the animal is 101–115 kg:

$$D_{100} = D_0 - \left[(M_0 - 100 \text{ kg}) \div \frac{M_0 - M_{pw}}{D_0 - D_{pw}} \right] + D_0, \quad (2)$$

where: D_{100} – age of reaching a live weight of 100 kg, days; D_0 – the age at last weighing, days; D_{pw} – age of previous weighing, days; M_0 – live weight at the last weighing, kg; M_{pw} – live weight at preliminary weighing, kg [1];

$$I = \frac{1}{\sigma_g} \times \Delta G_1 - \frac{1}{\sigma_f} \times \Delta F_1 \quad (3)$$

where: I – Sazer-Fredin index, points; ΔG_1 – growth rate in deviations from the average; ΔF_1 – Thickness of lard in deviations from the average; σ_g – phenotypic standard deviation of growth rate; σ_f – phenotypic standard deviation of fat Thickness [26];

The “T-factor” index (4) was calculated according to the method Hazei L. N., Kline E. A. [27]:

$T = \text{Thickness of lard at the level of 6-7 thoracic vertebrae (mm)} / \text{length of the chilled carcass (cm)}$ (4)

The strength of correlations between features was determined by the Chaddock scale [28] (Table 1).

Table 1
Chaddock's scale for grading the strength of correlation

| The value of the correlation coefficient | Strength of correlation |
|--|-------------------------|
| 0.1-0.3 | Weak |
| 0.3-0.5 | Noticeable |
| 0.5-0.7 | Noticeable |
| 0.7-0.9 | High |
| 0.9-0.99 | Very high |

The cost of additional products [29] and biometric processing of the received data [30] was carried out according to generally accepted methods.

Table 2
Indicators of the variability of fattening and meat qualities of young pigs of the large white breed, n=44

| Indicators, units of measurement | Biometric Indicator | |
|---|-------------------------|-------------------|
| | $\sigma \pm S_{\sigma}$ | $Cv \pm Sc_v, \%$ |
| Average daily gain of live weight during the period of control fattening, g | 37.73±4.022 | 4.84±0.515 |
| Age of reaching 100 kg live weight, days | 5.25±0.559 | 2.96±0.315 |
| The Thickness of the lard at the level of 6-7 thoracic vertebrae, mm | 2.16±0.230 | 10.45±1.114 |
| Length of the cooled carcass, cm | 1.64±0.174 | 1.71±0.182 |
| The length of the bacon half of the cooled carcass, cm | 3.03±0.323 | 3.54±0.377 |

The results of the study of the fattening and meat qualities of young pigs of the large white breed of different

Results and discussion

It was established that the average daily increase in live weight of young pigs of the experimental group (n=44) during the period of control fattening is 779.4±5.68 g, the age of reaching 100 kg live weight is 177.3±0.79 days, the Thickness of lard is at 6–7 thoracic vertebrae – 20.7±0.32 mm, the length of the chilled carcass – 96.5±0.31 cm, the length of the bacon half of the chilled carcass 85.5±0.58 cm. The Sazer-Fredin index ranges from -1.006 to +1.880, and the “T-factor” index – varies from 0.183 to 0.252 points.

The coefficient of variation of fattening and meat qualities in young pigs of the controlled population ranges from 1.71 to 10.45 % (Table 2).

intrabreed differentiation according to the Sazer-Fredin index are shown in Table 3.

Table 3
Feeding and meat qualities of young pigs of the large white breed of different intrabreed differentiation according to the Sazer–Fredin index

| Indicators, units of measurement | Biometric Indicator | Sazer–Fredin index gradations | | |
|---|-------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------|
| | | +0.089 – +1.880 | -1.006 – -0.175 | |
| | | group | | |
| | <i>n</i> | I | II | |
| Average daily gain of live weight during the period of control fattening, g | $X \pm Sx$ | 28 | 791.1±6.78 | 757.6±7.74 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | | 35.91±4.800 | 30.98±5.483 |
| | $Cv \pm Sc_v, \%$ | | 4.53±0.605 | 4.08±0.722 |
| Age of reaching 100 kg live weight, days | $X \pm Sx$ | | 176.1±0.90 | 179.4±1.17 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | | 4.80±0.641 | 5.51±0.975 |
| | $Cv \pm Sc_v, \%$ | | 2.72±0.363 | 3.07±0.543 |
| The Thickness of the lard at the level of 6-7 thoracic vertebrae, mm | $X \pm Sx$ | | 19.5±0.33 | 22.8±0.22 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | | 1.75±0.193 | 0.91±0.161 |
| | $Cv \pm Sc_v, \%$ | | 8.97±1.199 | 3.99±0.706 |
| Sazer-Fredin index, point | $X \pm Sx$ | | 0.632±0.098 | -0.550±0.086 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | | 0.52±0.068 | 0.34±0.061 |
| | $Cv \pm Sc_v, \%$ | | 82.2±10.989 | 61.81±10.939 |
| Length of the cooled carcass, cm. | <i>n</i> | 18 | | 9 |
| | $X \pm Sx$ | | 96.7±0.36 | 96.3±0.64 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | | 1.77±0.295 | 1.93±0.455 |
| The length of the half bacon of the cooled carcass, cm. | $Cv \pm Sc_v, \%$ | | 1.83±0.305 | 2.01±0.474 |
| | $X \pm Sx$ | | 85.7±0.77 | 85.1±0.87 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | | 3.26±0.543 | 2.61±0.615 |
| Index “T-factor” points | $Cv \pm Sc_v, \%$ | | 3.80±0.633 | 3.06±0.721 |
| | $X \pm Sx$ | | 0.207±0.0031 | 0.237±0.0036 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | | 0.01±0.0016 | 0.01±0.0023 |
| | $Cv \pm Sc_v, \%$ | | 4.83±0.805 | 4.21±0.992 |

It was established that the young pigs of experimental group I prevailed over peers of II in terms of average daily gain in live weight during the period of control fattening by 33.5 g (td=3.25; P<0.01), the age of reaching a live

weight of 100 kg – 3.3 days (td=2.24; P<0.05), the length of the cooled carcass is 0.4 cm (td=0.54; P>0.05). The difference between the animals of the I and II groups in terms of the length of the bacon half of the chilled carcass

is 0.6 cm (td=0.51; P>0.05), the Thickness of the lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae is 3.3 mm (td=8.68; P<0.001), Sazer-Fredin index – 1.182 points (td=9.09; P<0.001). The maximum value of the "T-factor" index was found in the animals of the II sub-experimental group; compared to peers of the first experimental group, the

difference in this indicator is equal to 0.03 points (td=6.38; P<0.001).

The intrabreed differentiation of young pigs according to the Sazer-Fredin index indicates a significant difference between the groups in terms of the leading indicators of fattening and meat qualities (table 4).

Table 4

Fattening and meat quality of young pigs of the large white breed of different intrabreed differentiation according to the Sazer-Fredin index within the I (I-a, I-b) and II (II-a, II-b) experimental groups

| Indicators, measurement units | Biometric indicators | Sazer-Fredin index gradations | | | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | +0,849 – +1,880 | +0,089 – +0,591 | -1,006 – -0,833 | -0,298 – -0,175 |
| | | group | | | |
| | | I-a | I-b | II-a | II-b |
| | n | 9 | 19 | 8 | 8 |
| 1 | $X \pm Sx$ | 789.9±13.90 | 792.9±7.80 | 772.4±12.14 | 742.8±6.84 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | 41.71±9.837 | 34.03±5.524 | 34.36±8.590 | 19.36±4.840 |
| | $Cv \pm Scv, \%$ | 5.28±1.245 | 4.29±0.696 | 4.44±1.11 | 2.60±0.650 |
| 2 | $X \pm Sx$ | 176.7±1.59 | 175.8±1.12 | 177.9±2.04 | 181.7±1.82 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | 4.77±1.125 | 4.91±0.797 | 5.78±1.445 | 5.15±1.287 |
| | $Cv \pm Scv, \%$ | 2.69±0.634 | 2.79±0.452 | 3.24±0.810 | 2.83±0.707 |
| 3 | $X \pm Sx$ | 20.6±0.33 | 19.0±0.41 | 22.0±0.11 | 23.6±0.18 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | 1.00±0.235 | 1.80±0.292 | 1.00±0.250 | 0.51±0.127 |
| | $Cv \pm Scv, \%$ | 4.85±1.143 | 9.47±1.537 | 4.54±1.135 | 2.16±0.540 |
| 4 | $X \pm Sx$ | 1.330±0.0885 | 0.302±0.0205 | 0.882±0.0212 | 0.218±0.0167 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | 0.26±0.061 | 0.13±0.021 | 0.06±9.015 | 0.04±0.010 |
| | $Cv \pm Scv, \%$ | 19.54±4.608 | 43.04±6.987 | 7.31±1.827 | 18.34±4.585 |
| | n | 8 | 10 | 4 | 5 |
| 5 | $X \pm Sx$ | 96.7±0.64 | 96.6±0.42 | 96.5±1.50 | 96.2±0.37 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | 1.83±0.457 | 1.34±0.299 | 3.00±1.063 | 0.83±0.262 |
| | $Cv \pm Scv, \%$ | 1.89±0.472 | 1.38±0.308 | 3.10±1.099 | 0.86±0.272 |
| 6 | $X \pm Sx$ | 87.0±1.48 | 84.7±0.61 | 85.2±1.93 | 85.0±0.70 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | 4.20±1.050 | 1.94±0.434 | 3.86±1.014 | 1.58±0.500 |
| | $Cv \pm Scv, \%$ | 4.82±1.205 | 2.29±0.512 | 4.53±1.606 | 1.85±0.585 |
| 7 | $X \pm Sx$ | 0.213±0.0044 | 0.202±0.0040 | 0.228±0.0034 | 0.245±0.0030 |
| | $\sigma \pm X_{\sigma}$ | 0.01±0.002 | 0.01±0.002 | 0.006±0.0015 | 0.006±0.0018 |
| | $Cv \pm Scv, \%$ | 4.69±1.172 | 4.95±1.107 | 2.63±0.657 | 2.44±0.772 |

Note: 1 – an average daily gain of live weight during the period of control fattening, kg; 2 – age of reaching 100 kg live weight, days; 3 – fat Thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae, mm; 4 – Sazer-Fredin index, point; 5 – length of the cooled carcass, cm; 6 – length of the bacon half of the cooled carcass, cm; 7 – "T-factor" index, score.

Thus, the animals of the experimental group I-b prevailed over the peers of II-b in terms of the average daily increase in live weight during the period of control fattening by 50.1 g (td=4.83; P<0.001), the age of reaching a live weight of 100 kg – 5.9 days (td=2.76; P<0.01), the Thickness of lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae - 4.6 mm (td=10.45; P<0.001), the length of the chilled carcass – 0.4 cm (td=0.72; P>0.05). The difference between the animals of the specified groups in terms of the length of the bacon half of the chilled carcass is 0.3 cm (td=0.32; P>0.05), the Sazer-Fredin index is 0.084 points (td=3.23; P<0.001), the index "T-factor" – 0.043 points (td=8.60; P<0.001).

A similar pattern was also established between young pigs of experimental groups I-a and II-a.

The coefficient of variation of the leading indicators of fattening and meat qualities of young pigs of the experimental groups ranges from 0.86 (the length of the chilled carcass in the animals of the II-b experimental group) to 9.47 % (the Thickness of lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae in the animals of the experimental group I-b).

The results of calculations of the pairwise correlation coefficient between the fattening and meat qualities of young pigs and evaluation indices are shown in Table 5.

Table 5

Coefficients of paired correlation between fattening and meat qualities of young pigs and evaluation indices

| Indicator (feature) | Biometric indicators | | | Strength of correlation | |
|---------------------------|----------------------|---|-----------------|-------------------------|----------|
| | x | y | r±Sr | | |
| Sazer-Fredin index points | | 1 | 0.248±0.1495 | 1.66 | Weak |
| | | 2 | -0.122±0.1532 | 0.80 | Weak |
| | | 3 | -0.333±0.1455* | 2.29 | Moderate |
| | | 4 | 0.085±0.1537 | 0.55 | - |
| | | 5 | 0.234±0.1500 | 1.56 | Weak |
| | | 6 | -0.413±0.1405** | 2.94 | Moderate |

Note: 1 – an average daily gain of live weight during the period of control fattening, kg; 2 – age of reaching 100 kg live weight, days; 3 – fat Thickness at the level of 6–7 thoracic vertebrae, mm; 4 – length of the cooled carcass, cm; 5 – length of the bacon half of the cooled carcass, cm; 6 – "T-factor" index, score; * – P<0.05; ** – P<0.01.

The pairwise correlation coefficient between young pigs' fattening and meat qualities and evaluation indices ranges from -0.413 ($t_r=2.93$) to +0.248 ($t_r=1.66$).

Reliable correlation coefficients were established according to the following pairs of signs: Sazer-Fredin index \times fat thickness at the level of 6–7 thoracic

vertebrae ($r=-0.333$), Sazer-Fredin index \times "T-factor" index ($r=-0.413$).

The results of the calculation of the economic efficiency of the use of young pigs in the experimental groups are shown in Table 6.

Table 6

Economic efficiency of research results

| Group | n | Average daily gain of live weight during the period of control fattening, g | Increase in additional products, % | Cost of additional products, hryvnias/head* |
|-------------------|----|---|------------------------------------|---|
| General selection | 44 | 779.4 \pm 5.68 | – | – |
| II | 16 | 757.6 \pm 7.74 | -2.79 | -197.09 |
| I | 28 | 791.1 \pm 6.78 | +1.47 | +101.93 |

Note: * – the sale price of young pigs to the processing enterprises of the region at the time of the study was 67.4 UAH / kg.

It was established that the maximum increase in additional production was obtained from young pigs of the first experimental group (+1.47 %). The value of additional products obtained from young pigs of the specified group provided that the sales price for 1 kg of live weight of young pigs at the time of the study was UAH 67.4. is + UAH 101.93/head.

Conclusions

1. It was established that the young pigs of the large white breed of the controlled population belong to the elite class by the age of reaching a live weight of 100 kg, the Thickness of the lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae and the length of the chilled carcass.

2. Taking into account the intrabreed differentiation according to the Sazer-Fredin index, it was established that the young pigs of experimental group I prevailed over the peers of II in terms of the average daily increase in live weight during the period of control fattening by 4.23 %, the age of reaching a live weight of 100 kg – 1.83 %, thickness lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae – 14.47 mm and the length of the chilled carcass – 0.31 %.

3. The leading indicators of the average daily increase in live weight during the period of control fattening and the length of the chilled carcass and the minimum values of the age of reaching the live weight of 100 kg and the Thickness of lard at the level of 6–7 thoracic vertebrae were found in young pigs of group I-b. The criterion for selecting highly productive animals according to the Sazer-Fredin index is young pigs with a variability of the specified mathematical model from +0.089 to +0.591 points.

4. The pairwise correlation coefficient between fattening and meat quality of young pigs and the Sazer-Fredin index ranges from -0.413 ($t_r=2.93$) to +0.248 ($t_r=1.66$).

5. The maximum increase in additional production was obtained from young pigs of the first experimental group according to the Sazer-Fredin index (+1.47 %). The value of additional products obtained from young pigs of the specified group provided that the sales price for 1 kg of live weight of young pigs at the time of the study was UAH 67.4. is + UAH 101.93 /head.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

References

1. Instruktiiia z bonituvannia svynei; Instruktiiia z vedennia plemninnoho obliku u svynarstvi. (2003). Kyiv: «Kyivskiy universytet» [in Ukrainian]
2. Pasiuta, A., Gryshyna, L., Vashchenko, P., & Maniunenko, S. (2020). Analysis of the influence of genotypic and paratypical factors on reproductive qualities of sows of the Large White breed. *Pig Breeding the Interdepartmental Subject Scientific Digest*, 74, 34–42. <https://doi.org/10.37143/0371-4365-2020-74-04>
3. Khalak, V. I., Cherniavskiy, S. Ye., Voloshchuk, V. M., Pocherniaiev, K. F., & Ilchenko, M. O. (2019). Vidhodivelni ta miasni yakosti molodniaku svynei riznykh henotypiv za SNP c.1426 G>A hena retseptoru melanokortynu 4 (MC4R) ta za umov yikh rozpodilu za deiakymy oznakamy. *Svynarstvo*, 73, 157–165. [in Ukrainian]
4. Khalak, V., Gutyj, B., Bordun, O., Ilchenko, M., & Horchanok, A. (2020). Effect of blood serum enzymes on meat qualities of piglet productivity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (1), 158–161. https://doi.org/10.15421/2020_25
5. Dudka, O. I. (2019). Produktivni yakosti svynei vitchyznianskykh porid za riznykh metodiv rozvedennia. *Naukovyi visnyk "Askaniia-Nova"*, 12, 123–133. <https://10.0.131.158/2617-0787-2019-1-12-123-13> [in Ukrainian].
6. Loban, N. A. (2014). Sistema selekcionno-geneticheskikh metodov ocenki otkormochnyh i mjasnyh kachestv svinej. *Svynarstvo*, 65, 69–75. [in Russian]
7. Krasnoshchok, O. O. (2020). Formuvannia produktivnosti svynei v zalezhnosti vid metodiv rozvedennia ta intensyvnosti rostu. *Extended abstract of candidate's thesis*. Poltava [in Ukrainian]
8. Khalak, V. I., Gutyj, B. V., & Stadnits'ka, O. I. (2019). Feeding and meat qualities of young pigs of different origin and intensity of formation in early ontogenesis. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 21(91), 10–15. <https://doi.org/10.32718/nvvet-a9102>
9. Berezovskyy, M. D., Narizhna, O. L., Vashchenko, P. A., Shostya, A. M., Usenko, S. O., Kuzmenko, L. M., & Slynko, V. H. (2021). Terminal boars and other male parents in hybridization system. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 135–141. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.16>
10. Balatskiy, V. M., Vovk, V. O., Buslyk, T. V., Ilchenko, M. O., & Oliinychenko, Ye. K. (2018). The genetic-associated analysis of G. 22 G>C single-nucleotide polymorphism in F cathepsin gene of different pig breeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 137–141. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.20>
11. Balackij, V. N., Saenko, A. M., Pina, R. N., Buslik, T. V., Gibolenko, E. S. (2015). Geneticheskaja differenciacija porod svinej po desjati lokusam kolichestvennykh priznakov. *Citologija i Geneitika*, 5, 26–37. [in Russian]
12. Rossokha, V., Oliinychenko, Y., Boyko, Y., & Zaderikhina, E. (2020). Justification of candidate polymorphisms usage in marker-assisted selection of ukrainian meaty pig breed. *The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine*, 123, 149–156. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2020-123-149-156>
13. Susol, R. L., & Tkachenko, I. Ye. (2017). Henezys vidhodivelnnykh ta miasnykh oznak molodniaku chervonoj bilopoiasai porody

- miasnykh svynei v umovakh pıvdnia Ukrainy. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria*, 84 (1), 86–92. [in Ukrainian]
14. Tsereniuk, O. M. (2018). Wales and landras pigs genetic potential of productivity on feeding qualities. *The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine*, 120, 160–167. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2018-120-160-167>
 15. Khrankova, O. M. (2021). Hospodarsko-biologichni osoblyvosti, adaptatsiini vlastyvoli svynei irlandskoho pokhodzhennia ta yikh vykorystannia za riznykh metodiv rozvedennia. *Extended abstract of candidate's thesis*. Mykolaiv [in Ukrainian]
 16. Khvatova, M. A. (2012). Prohnozuvannia efektu heterozysu za kombinatsiinoiu zdatnistiu porodno-liniinykh poiednan svynei. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytut Tvarynyystva NAAN*, 107, 148–153. [In Ukrainian]
 17. Susol, R. L. (2013). Produktyvnyist svynei velykoi biloi porody z pokrashchenymy miasnymy yakostiamy z urakhuvanniam DNK-markeriv. *Naukovyi visnyk "Askaniia-Nova"*, 6, 229–235. [in Ukrainian]
 18. Hryshyna, L. P., & Fesenko, O. H. (2015). Efektyvnist vykorystannia spetsializovanoho typu svynei za skhreshchuvannia ta hibrydyzatsii. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomoria*, 2 (84), 40–47. [in Ukrainian]
 19. Vashchenko, P. A. (2019). Prohnozuvannia plemynnoi tsinnosti svynei na osnovi liniinykh modelei selektsiinykh indeksiv ta DNK-markeriv. *Extended abstract of candidate's thesis*. Mykolaiv [in Ukrainian]
 20. Ciepielewski, Z. M., Stojek, W., Borman, A., Myślińska, D., Pałczyńska, P., & Kamyczek, M. (2016). The effects of ryanodine receptor (RYR1) mutation on natural killer cell cytotoxicity, plasma cytokines and stress hormones during acute intermittent exercise in pigs. *Research in Veterinary Science*, 105, 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.01.012>
 21. Masliuk, A. M. (2009). Henetychnyi potentsial reproduktyvnykh yakosteı svynomatok ukrainskoi stepovoi biloi porody u rozrizi linii ta rodyn. *Naukovyi Visnyk Askaniia-Nova*, 2, 139–144. [in Ukrainian]
 22. Hyria, V. M., Voloshchuk, M. V., & Pohribna, N. M. (2012). Otsinka henetychnoho potentsialu knuriv-plidnykiv. *Svynarstvo*, 61, 67–75. [in Ukrainian]
 23. Dudka, O. I., & Karvatska, I. M. (2019). Vykorystannia pryiomiv stabilizuiuchoho vidboru v henofondovykh stadakh svynei. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*, 12, 134–144. <https://doi.org/10.33694/2617-0787-2019-1-12-134-144> [in Ukrainian].
 24. Khvatova, M. A. (2015). Seleksiia za kombinatsiinoiu zdatnistiu yak nadiinyi zasib pidvyschennia henetychnoho potentsialu svynei. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Instytut Tvarynyystva NAAN*, 113, 281–288. [in Ukrainian]
 25. Berezovskyi, M. D., & Khatko, I. V. (2005). Metodyky otsinky knuriv i svynomatok za yakistiu potomstva v umovakh plemynykh zavodiv i plemynykh reproduktoriv. In: *Suchasni metodyky doslidzen u svynarstvi*, 32–37. [in Ukrainian]
 26. Kozlovskiy, V. H., Lebedev, Yu. V., Medvedev, V. A., Huch, F. A., & Humennii, M. F. (1982). *Plemennoe delo v svinovodstve*. Moskva: Kolos [in Russian]
 27. Hazel, L. N., & Kline, E. A. (1952). Mechanical Measurement of Fatness and Carcass Value on Live Hogs. *Journal of Animal Science*, 11(2), 313–318. <https://doi.org/10.2527/jas1952.112313x>
 28. Sidorova, A. V., Leonova, N. V., Masich, L. A., Skorobagatova, N. V., & Shamileva, L. L. (2003). *Praktikum po teorii statistiki*. Doneck: Doneckij nacional'nyj universitet [in Russian]
 29. *Metodika opredelenija jekonomicheskoy jeffektivnosti ispol'zovanija v sel'skom hozjajstve rezul'tatovnauchno-issledovatel'skih rabot, novoy tehnologii, izobretenij i racionalizatorskih predlozhenij*. (1983). Moskva: VAIPI [in Russian]
 30. Kovalenko, V. P., Khalak, V. I., Nezhlukchenko, T. I., & Papakina, N. S. (2010). *Biometrychnyi analiz minlyvosti oznak silskohospodarskykh tvaryn i ptytsi*. Navchalnyi posibnyk z henetyky silskohospodarskykh tvaryn. Kherson: Oldi [in Ukrainian]

ORCID

- V. Khalak  <https://orcid.org/0000-0002-4384-6394>
 B. Gutyj  <https://orcid.org/0000-0002-5971-8776>
 M. Il'chenko  <https://orcid.org/0000-0003-0163-1384>



2023 Khalak V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Influence of raised temperature in the barn on the behavior of milking cows

M. Zakharenko¹ | A. Khotsenko² | P. Vashchenko³ | A. Shostya³ | V. Slynko³ | L. Kuzmenko³ | B. Shaferivsky³

Article info

Correspondence Author

P. Vashchenko

E-mail:

pavlo.vashchenko@pdaa.edu.ua

¹ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 16, Polkovnyka P otekhnika Str., Kyiv, 03041, Ukraine

² Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS, 1, Shvedska Mohyla St., Poltava, 36013, Ukraine

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

Citation: Zakharenko, M., Khotsenko, A., Vashchenko, P., Shostya, A., Slynko, V., Kuzmenko, L., & Shaferivsky, B. (2023). Influence of raised temperature in the barn on the behavior of milking cows. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 55–58. doi: 10.31210/spi2023.26.01.09

The purpose of the work is to determine the effect of high air temperature on the behavior of high-yielding dairy cows of the Holstein breed under different housing conditions and to find ways to optimize the technology to reduce the negative effects of heat stress in cows. Ethological research was conducted on a lactating dairy herd in a frame barn consisting of a metal structure. The control group was kept on an automatic leash, while the experimental group was kept in boxes without a leash. Measurements showed that the temperature inside the cowshed strongly depended on the external temperature of the environment. Research has established that the temperature of the mixed feed fed to lactating cows depended on the temperature inside the cowshed. Throughout the day, this increased by 4.17 °C in Barn 1, while in Barn 2 the highest feed temperature was recorded at nine o'clock and decreased by 1.47 °C at eighteen o'clock. In the control barn, where the average temperature was higher, the proportion of cows resting standing was 9.0 percentage points higher than in the experimental barn. On the other hand, the time spent eating feed was 8.34 percentage points higher in the control barn, with no significant difference in feed consumption, possibly due to the slower activity of this process. The amount of standing rest varied throughout the day and increased to 20 % before milking. The physical activity of lactating cows decreased due to the high temperature in the cowshed. Water consumption by lactating cows increased by 4 % in response to high barn temperatures during the day, as indicated by the large number of animals that rested standing after feeding. In the unleashed large-group keeping of lactating cows, the animals in the technological groups are in a hierarchical relationship, which affects the animals' access to water and the average daily milk yield. The physical activity of lactating cows in group at higher temperatures was low and significantly increased before and after milking.

Keywords: lactation cows, behavior, cows, way of keeping, air temperature.

Вплив підвищеної температури у корівнику на поведінку дійних корів

М. О. Захаренко¹ | А. В. Хоценко² | П. А. Ващенко³ | А. М. Шостя³ | В. Г. Слинко³ | Л. М. Кузьменко³ | Б. С. Шаферівський³

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

² Інститут свинарства і АПВ НААН, м. Полтава, Україна

³ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

Мета роботи полягає у встановленні впливу високої температури повітря на поведінку високопродуктивних дійних корів голштинської породи за різних умов утримання та пошук шляхів оптимізації технології для зменшення негативних наслідків теплового стресу у корів. Етологічне дослідження проводили на лактуючому молочному стаді в каркасному корівнику, що складається з металевої конструкції. Контрольна група утримувалася на автоматичній прив'язі, тоді як експериментальна група утримувалася в боксах без прив'язі. Вимірювання показали, що температура всередині корівника сильно залежала від зовнішньої температури навколишнього середовища. Дослідженнями встановлено, що температура суміші кормів, якою годували лактуючих корів, залежала від температури всередині корівника. Протягом дня цей показник збільшився на 4,17°C у корівнику 1, тоді як у корівнику 2 найвища температура корму була зафіксована о дев'ятій годині і знизилася на 1,47°C о вісімнадцятій годині. У контрольному корівнику, де середня температура була вищою, частка корів, які відпочивали у стоячому положенні, була на 9,0 відсоткових пунктів вищою, ніж у дослідному корівнику. З іншого боку, час, витрачений на поїдання корму, був на 8,34 відсоткових пункти вищим у контрольному корівнику, без суттєвої різниці у споживанні корму, що, можливо, пов'язано з повільнішою активністю цього процесу. Кількість відпочинку у положенні стоячи змінювалася протягом дня і збільшувалася до 20 % перед доїнням. Фізична активність лактуючих корів знижувалася через високу температуру в корівнику. Споживання води лактуючими коровами збільшилося на 4 % у відповідь на високу температуру в корівнику протягом дня, на що вказує велика кількість тварин, які відпочивали стоячи після годівлі. При безприв'язному великогруповому утриманні лактуючих корів тварини в технологічних групах перебувають в ієрархічних відносинах, що впливає на доступ тварин до води та середньодобові надой. Фізична активність лактуючих корів при безприв'язному груповому утриманні за більшої температури була низькою і значно зростала перед і після доїння.

Ключові слова: корови, лактація, тепловий стрес, поведінка, мікроклімат, корівник.

Бібліографічний опис для цитування: Захаренко М. О., Хоценко А. В., Ващенко П. А., Шостя А. М., Слинко В. Г., Кузьменко Л. М., Шаферівський Б. С. Вплив підвищеної температури у корівнику на поведінку дійних корів. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 55–58.

Вступ

Молочна галузь є провідною у структурі тваринництва та харчової промисловості переважної більшості країн світу. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) виробництвом молока корів займаються у 20 % країн світу. Галузь відіграє важливу роль у вирішенні світової продовольчої проблеми. Це пояснюється тим, що молоко є одним із основних продуктів харчування, характеризується легкою засвоюваністю організмом людини і є важливою складовою здорового харчування. Відповідно, розвиток галузі скотарства в Україні є необхідною умовою забезпечення продовольчої безпеки та соціальної й економічної стабільності держави [11, 15, 16].

Протягом останнього десятиліття, у молочному скотарстві однією з суттєвих причин, що перешкоджає його розвитку, стала проблема перегріву корів, яка є наслідком більш серйозної проблеми світового масштабу – глобального потепління. При чому у скотарстві від негативних наслідків перегріву більше потерпають тварини, яких утримують на великих комплексах за поточно-цехової технології, що пояснюється спеціалізацією та концентрацією галузі, коли майже всі дійні корови зосереджені на невеликих приміщеннях і не мають можливості вільно випасатися [8].

Велика рогата худоба дуже чутлива до теплового стресу, коли температура підвищується більше +26 °С, споживання корму зменшується на 5-20 %. Висока температура оточуючого середовища, впливає на поведінку корів – вони більше часу проводять у стоячому положенні, завдяки чому збільшується площа тепловіддачі, проте це зменшує час відпочинку та посилює втому, що в свою чергу спричиняє зниження продуктивності корів, наприклад, жирність молока зменшується на 0,2–0,3 % (в окремих випадках на 0,5 %) [13]. Також під впливом теплового стресу збільшується кількість соматичних клітин у молоці на 10-42 %; крім того у корів спостерігаються зміни у інтенсивності фізіологічних процесів: збільшується частота пульсу та дихання, зменшується тривалість жуйних періодів та кількість рухів жування, знижується інтенсивність жування [7]. Перераховані фізіологічні зміни призводять, у свою чергу до втрат молочної продуктивності, Найбільшу кількість молока високопродуктивні корови втрачають від негативного впливу температури повітря після отелу і на піку лактації, дещо менше в наступний період експлуатації [14].

Для того щоб зменшити негативні наслідки від теплового стресу у корів застосовують різні підходи, проте одним із найбільш ефективних є створення для тварин оптимальних умов утримання ще на етапі проектування молочної ферми (вільний доступ до корму та води, наявність місця для відпочинку кожній тварині, можливість безперешкодного пересування в секції, видалення відходів сучасними способами, забезпечення належного температурно-вологісного режиму за допомогою спеціального обладнання тощо). За даними деяких досліджень безприв'язне утримання сприяє нормалізації кормової активності

та підвищенню молочної продуктивності на 8,8–17,9 % [18]. Проте даних щодо поведінки корів в умовах підвищених температур за різних способів утримання на даному етапі отримано ще не достатньо для того щоб на їх основі проектувати тваринницькі приміщення та технології утримання дійного стада.

Таким чином, дослідження поведінки корів під час дії високих температур за різних умов утримання сприятиме пошуку оптимальних технологічних рішень для зменшення наслідків теплового стресу.

Мета дослідження

Мета роботи полягає у встановленні впливу високої температури повітря на поведінку високопродуктивних дійних корів голштинської породи за різних умов утримання та пошук шляхів оптимізації технології для зменшення негативних наслідків теплового стресу у корів.

Матеріали і методи

Етологічні дослідження проведено на фермі Української молочної компанії, що розміщена у селі Великий Крупіль, Згурівського району Київської області. Дійних корів у період лактації утримували в корівниках каркасного типу із металевих конструкцій. Корови піддослідних груп були розміщені у двох корівниках, кожен із яких був розрахований на утримання 4 технологічних груп дійних корів по 250 голів у групі. У першому корівнику тварин утримували на автоматичній прив'язі, у другому утримання було безприв'язне боксове, годівля тварин у другому корівнику здійснювалась за використання кормового столу (відбивна планка), також корівники відрізнялись розмірами, що обумовило відмінності у параметрах мікроклімату в середині кожного з них. Розміри першого корівника: 316 м × 38 м × 11 м; другого – 313 м × 31,7 м × 9,4 м. Поведінку дійних корів оцінювали відповідно до методики М. В. Зубця [20]: шість раз на добу починаючи з 9-ї години ранку через кожні 3 години до 24-ї години (в 9⁰⁰, 12⁰⁰, 15⁰⁰, 18⁰⁰, 21⁰⁰, 24⁰⁰) підраховували кількість корів, які здійснюють один із п'яти видів активності:

- 1) відпочивають стоячи;
- 2) відпочивають лежачи;
- 3) рухаються по секції;
- 4) п'ють воду;
- 5) споживають корм.

Температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря досліджували в корівниках у різних точках з 9 до 18 години, через кожні 3 години. Контролювали також температуру корму на кормовому столі і води у групових автонапувалках [19].

Піддослідні корови обох груп мали добовий надій від 30 до 39 кг молока і мали однаковий продуктивний вік (друга-третья лактація). Всі піддослідні тварини мали вільний доступ до кормів та води. Доїння здійснювали в доїльному залі De-Laval три рази на добу. Повітрообмін у корівниках здійснювався через бічні штори, ворота і витяжні канали. Видалення екскрементів за допомогою механічного згортання з наступним змивом три рази на добу.

Статистичну обробку результатів проводили за використання програмного забезпечення SAS/STAT(R) 15.1 (SAS Institute Inc., USA, 2018). Різницю вважали вірогідною при $p \leq 0,05$.

Результати та їх обговорення

У дослідженнях не була встановлена суттєва різниця у температурі в середині двох корівників де тварини утримувались у різний спосіб. Крім того, температура в середині корівників суттєво залежала від температури середовища назовні. При чому максимальна температура у першому корівнику була зафіксована у 18⁰⁰ (31,63±0,04 °C), тоді як у корівнику в якому тварин утримували безприв'язно,

температурний максимум припадав на 15⁰⁰ і становив 30,60±0,07 °C.

Дослідженнями встановлено, що температура кормової суміші на кормовому столі, яку згодовували лактуючим коровам залежала від температури повітря корівника. Протягом дня даний показник підвищувався на 4,17 °C у першому корівнику, тоді як у другому корівнику в 9⁰⁰ було зафіксоване максимальне значення температури корму, а до 18⁰⁰ вона зменшувалась на 1,47 °C (табл. 1).

Подібну закономірність встановлено і для температури води у корівниках: якщо у першому корівнику максимальна температура була зафіксована о 15⁰⁰, то у другому – температура питної води знижувалась після 12⁰⁰.

Таблиця 1

Температура корму і води у корівнику за дії високої температури повітря, °C, $x \pm Se$, $n=3$

| Час доби, год. | Корівник №1 | | Корівник №2 | |
|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | температура корму, °C | температура води, °C | температура корму, °C | температура води, °C |
| 9 ⁰⁰ | 24,63±1,08 | 15,67±1,10 | 26,87±0,67 | 13,40±0,46 |
| 12 ⁰⁰ | 26,90±0,70 | 17,83±1,03 | 26,27±0,11 | 17,53±1,52 |
| 15 ⁰⁰ | 25,77±0,94 | 18,77±1,63 | 26,20±0,86 | 16,13±2,67 |
| 18 ⁰⁰ | 28,80±1,35 | 17,77±3,04 | 25,40±0,78 | 15,20±3,91 |

Встановлено, що поведінка лактуючих корів у корівнику залежить як від часу проведення технологічних процесів, так і від температури повітря у приміщенні (таблиця 2).

У першому корівнику, де середня температура була вищою, відсоток корів, що відпочивали стоячи був більшим порівняно із другим корівником на 9,0 відсоткових пункти. Натомість у першому корівнику тварини на 8,34 відсоткових пункти

витрачали більше часу на споживання корму, що ймовірно пояснюється сповільненням активності даного процесу, оскільки суттєвої різниці між кількістю спожитого корму встановлено не було. Отримані нами результати узгоджуються із даними [20], де зазначалось, що висока температура кормової суміші знижує її споживання тваринами, погіршує якість корму, що знижує молочну продуктивність корів.

Таблиця 2

Динаміка поведінки лактуючих корів за безприв'язно-боксового великогрупового утримання, $x \pm Se$, $n_1=247$, $n_2=248$

| Елемент поведінки | Корівник | Час спостереження | | | | | | У середньому |
|----------------------------|----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| | | 9 ⁰⁰ | 12 ⁰⁰ | 15 ⁰⁰ | 18 ⁰⁰ | 21 ⁰⁰ | 24 ⁰⁰ | |
| Відпочивають стоячи, n (%) | 1 | 27(11) | 32(13) | 44(18) | 84(34) | 69(28) | 42(17) | 49,67±9,94 (20,17±4,01) |
| | 2 | 2(1) | 50(20) | 22(9) | 20(8) | 25(10) | 47(19) | 27,67±8,07 (11,17±3,22) |
| Відпочивають лежачи, n (%) | 1 | 119(48) | 174(70) | 176(71) | 111(45) | 90(36) | 166(67) | 139,33±16,62 (56,17±6,71) |
| | 2 | 141(59) | 131(53) | 126(51) | 109(44) | 151(61) | 176(71) | 140,33±10,39 (56,5±4,17) |
| Рухаються по секції, n (%) | 1 | 10(4) | 2(1) | 7(3) | 5(2) | 12(5) | 7(3) | 7,17±1,59 (3,00±0,63) |
| | 2 | 2(1) | 10(4) | 5(2) | 15(6) | 27(3) | 10(4) | 8,17±2,03 (3,33±0,78) |
| Споживають корм, n (%) | 1 | 89(36) | 37(15) | 15(6) | 42(17) | 69(28) | 3(27) | 46,50±12,32 (18,83±4,99) |
| | 2 | 92(37) | 52(21) | 84(34) | 99(40) | 62(25) | 15(6) | 67,33±13,99 (27,17±5,65) |
| П'ють воду, n (%) | 1 | 2(1) | 2(1) | 5(2) | 5(2) | 7(3) | 5(2) | 4,33±0,88 (1,83±0,34) |
| | 2 | 5(2) | 5(2) | 10(4) | 5(2) | 2(1) | 0(0) | 4,50±1,52 (1,83±0,59) |

Кількість лактуючих корів, які відпочивали стоячи, варіювала протягом дня і збільшувалася до 20% перед доїнням. Фізична активність лактуючих корів знизилася через високу температуру в корівнику. Споживання води коровами, що лактують збільшилося на 4 % як реакція організму на високу температуру в корівнику впродовж дня, про що свідчить значне скупчення тварин, які відпочивали стоячи після споживання корму біля групової поїлки. З огляду на ієрархічні стосунки тварин у технологічних групах при безприв'язно-боксовому великогруповому утриманні лактуючих корів, це

впливає на доступ тварин до води та середньодобове виробництво молока.

Таким чином, як за умов традиційного утримання, так при безприв'язно-боксовому утриманні, високо-продуктивні корови реагують на підвищену температуру у корівнику зміною поведінки [8, 2], зниженням молочної продуктивності та погіршенням якості молока [20, 17, 4], підвищенням захворюваності тварин [1, 3, 12], зменшенням тривалості їх продуктивного використання та передчасним вибракуванням зі стада [10, 6].

Висновок

1. Температура зовнішнього середовища впливала на температуру кормової суміші та поведінку лактуючих корів. При підвищенні температури збільшилась кількість тварин, що відпочивають стоячи (на 9,0 відсоткових пункти).

2. У корівнику з більш високою температурою повітря, тварини витрачали на споживання їжі більше часу, проте кількість спожитого корму при цьому не збільшилась, що свідчить про сповільнення даного процесу у тварин за умов перегріву.

3. Рухова активність лактуючих корів в технологічній групі за безприв'язно-боксового великогрупового утримання в умовах високої температури повітря була низькою, значно підвищуючись перед (переміщення в накопичувач) та після доїння.

Перспективи подальших досліджень. Для зменшення негативних наслідків теплового стресу у корів пропонується використовувати металеві конструкції для зволоження повітря і зрошенні поверхні тіла тварин, проте ефект від використання таких засобів потребує окремого дослідження.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bagath, M., Krishnan, G., Devaraj, C., Rashamol, V. P., Pragna, P., Lees, A. M., & Sejian, V. (2019). The impact of heat stress on the immune system in dairy cattle: A review. *Research in Veterinary Science*, 26, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.08.011>
2. Becker, C. A., Collier, R. J., & Stone, A. E. (2020). Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103 (8), 6751–6770. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>
3. Dahl, G. E., Tao, S., & Laporta, J. (2020). Heat stress impacts immune status in cows across the life cycle. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 116. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00116>
4. Gernand, E., König, S., & Kipp, C. (2019). Influence of on-farm measurements for heat stress indicators on dairy cow productivity, female fertility, and health. *Journal of Dairy Science*, 102 (7), 6660–6671. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16011>
5. Havryliuk, O. I. (2017). Vplyv mikroklimatu korivnyka pry ryznykh sposobakh utrymannia na yakist moloka koriv. *Bulletin of the Sumy NAU: "Livestock" series*, 5/1 (31), 48–50. [in Ukrainian]
6. Kipp, C., Brügemann, K., Zieger, P., Mütze, K., Möcklinghoff-Wicke, S., König, S., & Halli, K. (2021). Across-generation effects of maternal heat stress during late gestation on production, female fertility and longevity traits in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 88 (2), 147–153. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20241>
7. Koshchavka, M. M., Boyko, N. I., & Tsvilikhovsky, M. I. (2019). Clinical condition of dairy cows productivity under heat stress. *Ukrainian Journal of Veterinary*, 10 (4). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.06.018>
8. Koshchavka, M. M., Boyko, N. O., Tsvilikhovsky, M. M. (2020). Rezultaty morfolohichnoho doslidzhennia krovi koriv za teplotnoho stresu zalezno vid stadii temperaturno-volohisnoho indeksu [Results of a morphological study of the blood of cows under heat stress depending on the stages of the temperature-humidity index]. *Scientific reports of NUBiP of Ukraine*, 6 (88). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.06.018> [in Ukrainian]
9. Kozyr, V. S. (2019). *Inovatsiini pryomy pidvyshchennia efektyvnosti skotarstva u stepovii zoni Ukrainy [Innovations to improve the efficiency of animal husbandry in the steppe zone of Ukraine]*. Dnipro [in Ukrainian]
10. Laporta, J., Ferreira, F. C., Ouellet, V., Dado-Senn, B., Almeida, A. K., De Vries, A., & Dahl, G. E. (2020). Late-gestation heat stress impairs daughter and granddaughter lifetime performance. *Journal of Dairy Science*, 103 (8), 7555–7568. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18154>
11. Palii, A. P. (2020). Stan molochnoho skotarstva v Ukraini za period 2012-2020 rr. [The state of dairy farming in Ukraine for the period 2012-2020]. *Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 209, 8–14. [in Ukrainian]
12. Rakib, M. R. H., Zhou, M., Xu, S., Liu, Y., Khan, M. A., Han, B., & Gao, J. (2020). Effect of heat stress on udder health of dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 87 (3), 315–321. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000886>
13. Shevchuk, M., & Mylostyvyi, R. (2021). Molochna produktyvnist koriv zalezhyt vid sezonnoho faktoru [Dairy productivity of cows depends on the seasonal factor]. *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference AWCGCC, April 21-22, 2021*. Dnipro, 73–75. [in Ukrainian]
14. Shkurko, T. P. (2017). Povedinka vysokoproduktyvnykh koriv uzymku za bezpryviazno-boksovoho utrymannia [Behavior of high-yielding cows in winter under untethered and box housing]. *Bulletin of Agrarian Science*, 6, 37–40. [in Ukrainian]
15. Shuliar, A. L. (2021). Monitorynh hospodarsky korysnykh oznak koriv vitchyzniannykh molochnykh porid [Monitoring of economically useful traits of cows of domestic dairy breeds]. Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences. *Collective monograph*. Riga, Latvia: "Baltija Publishing". <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-53> [in Ukrainian]
16. Shuliar, A. L., Shuliar, A. L., Omelkovich, S. P., Tkachuk, V. P., & Andriichuk, V. F. (2020). The genetic conditionality of the economically useful traits of the cows of Ukrainian Black-And-White Dairy breed. *Animal Breeding and Genetics*, 60, 92–98. <https://doi.org/10.31073/abg.60.12>
17. Tao, S., Rivas, R. M. O., Marins, T. N., Chen, Y. C., Gao, J., & Bernard, J. K. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 150, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>
18. Voitenko, S. L., & Zheliznyak, I. M. (2019). Milk yield of cows depending on a line on linear belonging and method of maintenance. *Animal Breeding and Genetics*, 57, 38–44. <https://doi.org/10.31073/abg.57.05>
19. Zakharenko, M. O., Khotsenko, A. V., Vashchenko, P. A., Shostya, A. M., Polishchuk, A. A., Usenko, S. O., & Shaferivsky, B. S. (2021). Behavior of lactation cows at loose-box-type keeping in large groups under the influence of high air temperatures. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 183–187. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.23>
20. Zubets, M. V., Tokarev, N. F., & Vinnichuk, D. T. (1996). *Etologiya krupnogo roगतого skota [Ethology of cattle]*. Kiev: Ahrarna nauka [in Russian]

ORCID

- M. Zakharenko  <https://orcid.org/0000-0002-3179-6940>
A. Khotsenko  <https://orcid.org/0000-0001-5418-9521>
P. Vashchenko  <https://orcid.org/0000-0002-9287-819X>
A. Shostya  <https://orcid.org/0000-0002-1475-2364>
V. Slynyko  <https://orcid.org/0000-0002-1673-5840>
L. Kuzmenko  <https://orcid.org/0000-0002-1776-0714>
B. Shaferivsky  <https://orcid.org/0000-0001-5742-5016>



© 2023 Zakharenko M. Et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Influence of the methods of selecting parent pairs on the variability of breeding characters of the Ayrshire cattle

S. Voitenko¹ | M. Petrenko² | B. Shaferivskiy²

Article info

Correspondence Author
S. Voitenko
E-mail:
svoitenko@ukr.net**Citation:** Voitenko, S., Petrenko, M., & Shaferivskiy, B. (2023). Influence of the methods of selecting parent pairs on the variability of breeding characters of the Ayrshire cattle. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 59–66. doi: 10.31210/spi2023.26.01.10¹ Institute of Animals
Breeding and Genetics named
after M. V. Zubets of NAAS,
1, Pohrebniaka Str.,
Chubynske village Boryspil
district, Kyiv, 08321,
Ukraine² Poltava State Agrarian
University,
1/3 Skovorody Str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

The Ayrshire breed of cattle in Ukraine is involved in the process of milk production, but there is not enough information about it, especially regarding the realization of the genetic potential of animals depending on the method of selection of parent pairs, which makes it necessary to focus on the research of this problem. The paper presents the results of studies of the live weight of Ayrshire heifers, obtained by intrabreed and interbreed selection of parental pairs in the postnatal period, identified lines and crosses of lines that provide the offspring with a high growth rate, determined the most optimal age for selecting heifers and the relationship between live weight with the age of the first insemination, the influence of the selection of parental pairs on the manifestation of the genetic potential of milk, the content of fat and protein in the milk of cows of the first and third lactation is determined. The research was carried out at the State enterprise Experimental farm «Dekabrysty» Institute of pig breeding and agro-industrial production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine and the Institute of Animals Breeding and Genetics named after M. V. Zubets of National Academy of Agrarian Science of Ukraine according to the program of scientific research 31 "Genetic improvement of agricultural animals, their reproduction and preservation of biodiversity". Among the methods of intrabreeding of Ayrshire cattle, according to average group indicators, interlineal selection of parent pairs is recognized as the best, as it contributes to the higher realization of the genetic potential of animals in terms of live weight and average daily gains. The possibility of selecting heifers based on their live weight at the age of 15 months has been proven, and the relationship between the trait and production maturity has been established. Cows of the Ayrshire breed, regardless of origin and lineal affiliation, increased hope with increasing age in lactation with significant intragroup variability of the breeding trait. Cows obtained by intralineal selection of parent pairs had higher milk productivity compared to interlineal selection. The content of fat and protein in milk did not reliably differ from the origin of cows, milk yield, and age during lactation. Interbreeding proved to be the most effective method of increasing the growth rate of heifers and milk productivity of cows, compared to intraline and interline selection of parent pairs, but the first-generation crossbreeds from the crossing of the Ayrshire breed with the Red Norwegian significantly differ from purebred individuals in the type of body structure and color of animals, which is required to be taken into account in breeding work with the breed. The method of selection of parental pairs had a reliable influence on the live weight of animals at the age of 3, 12 and 15 months (4.19, 5.81 and 6.34 %) and the hope of cows of the first lactation (9.4 %), and not reliably on the content of fat and protein in milk (0.2 % and 0.6 %).

Keywords: selection, line, breeding methods, heifers, cows, growth rate, live weight, milk productivity, correlations, influence of selection method.

Вплив методів підбору батьківських пар на мінливість селекційних ознак худоби айрширської породи

С. Л. Войтенко¹ | М. О. Петренко² | Б. С. Шаферівський²¹ Інститут розведення
і генетики тварин імені
М. В. Зубця Національної
академії аграрних наук
України, с. Чубинське,
Київська область, Україна² Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Айрширська порода великої рогатої худоби в Україні залучена до процесу виробництва молока, але про неї не достатньо інформації, особливо щодо реалізації генетичного потенціалу тварин залежно від методу підбору батьківських пар, що змушує акцентувати увагу на дослідженнях даної проблеми. У роботі наведено результати досліджень живої маси телиць айрширської породи, одержаних за внутрішньопородного та міжпородного підбору батьківських пар в постнатальний період, визначені лінії та кроси ліній, які забезпечують потомству високу швидкість росту, з'ясований найбільш оптимальний вік добору телиць та зв'язок живої маси з віком першого осіменіння, визначений вплив підбору батьківських пар на прояв генетичного потенціалу надою, вмісту жиру і білку в молоці корів першої і третьої лактації. Дослідження проведені в ДП «ДГ імені Декабристів Інституту свинарства та агропромислового виробництва НААН» та Інституті розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН України згідно програми наукових досліджень 31 «Генетичне поліпшення сільськогосподарських тварин, їх відтворення та збереження біорозмаїття». Доведена можливість добору телиць за їх живою масою у віці 15 місяців та встановлений зв'язок ознаки з виробничою зрілістю. Корови айрширської породи, незалежно від походження та лінійної належності, підвищували надій із збільшенням віку в лактаціях за значної внутрігрупової мінливості селекційної ознаки. Вміст жиру і білку в молоці достовірно не різнився від походження корів, надою, віку в лактаціях. Міжпородне схрещування виявилось найбільш ефективним методом підвищення швидкості росту телиць та молочної продуктивності корів, порівняно до внутрішньолінійного та міжлінійного підбору батьківських пар, але помісі першого покоління від схрещування айрширської породи з червоною норвезькою істотно відрізняються від чистопородних особин за типом будови тіла та мастю тварин, що потрібно враховувати в селекційній роботі з породою. Метод підбору батьківських пар справляв достовірний вплив на живу масу тварин у віці 3, 12 і 15 місяців (4,19; 5,81 і 6,34 %) та надій корів першої лактації (9,4 %) і не достовірний – на вміст жиру і білку в молоці (0,2 % і 0,6 %).

Ключові слова: підбір, лінія, методи розведення, телиці, корови, швидкість росту, жива маса, молочна продуктивність, кореляційні зв'язки, вплив методу підбору.**Бібліографічний опис для цитування:** Войтенко С. Л., Петренко М. О., Шаферівський Б. С. Вплив методів підбору батьківських пар на мінливість селекційних ознак худоби айрширської породи. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 59–66.

Вступ

Галузь молочного скотарства України характеризується частковим підвищенням продуктивності худоби на фоні скорочення поголів'я більшості порід. Поліпшенню продуктивності худоби, крім впровадження новітніх технологій, сприяють селекційні методи, серед яких чільне місце належить оцінці та добору тварин за господарськи корисними ознаками, а також підбору батьківських пар, оскільки саме вдале поєднання батьківської основи забезпечує збереження та підсилення тих особливостей, за якими проводиться добір тварин в стаді чи породі [1, 2].

На думку багатьох науковців, ефективність селекції неможлива без лінійного розведення, оскільки цей метод дає змогу закріпити в потомстві найбільш цінні особливості видатних генотипів для отримання від них потомства з високими ознаками продуктивності [3–5]. Одним з найбільш вдалих прикладів чистопородного розведення молочної худоби у світі є голштинська порода, але при цьому кожна країна розробляє відповідні програми селекції та методи оцінки тварин [6–7].

Водночас чистопородне розведення не дозволяє уникнути спорідненого розведення серед тварин навіть багаточисленних популяцій з огляду на обмежену кількість бугаїв, яких використовують для відтворення маточного поголів'я. Для уникнення інбридингу, створення нових комбінацій ознак та прискорення генетичного прогресу за основними селекційними ознаками продуктивності досить часто використовують такий метод чистопородного розведення, як крос ліній, коли відбувається поєднання батьківської основи однієї породи, але різних генеалогічних формувань, а не одного, як при розведенні за лініями [8, 9].

Багаточисленими дослідженнями доведено, що чистопородне розведення зберігає генетичну основу відповідної популяції, закріплює в потомстві позитивні якості батьків, за вдалого поєднання батьківської основи прискорює генетичний прогрес породи, але для цього потрібний певний час [8, 9]. Тому для швидкого поліпшення окремих ознак продуктивності, особливо в умовах товарних господарств, досить часто застосовують схрещування тварин однієї породи з другою, яка має контрастні ознаки продуктивності. Наявність міжпородних генетичних відмінностей у худоби молочних порід за умови застосування схрещування дає змогу отримати генетичне поліпшення ознак відтворювальної здатності, якості продукції, довголіття, здоров'я тощо.

З'ясовано, що для поліпшення окремих ознак продуктивності худоби молочних порід у світі та Україні селекціонери використовують схрещування (кросбридинг) місцевих порід з голштинською [10–13].

В Україні у довоєнний час виробництво молока здійснювалося від 13 порід вітчизняної та зарубіжної селекції [14], серед яких найбільш високоудійними були голштинська, українська чорно-та червоно-ряба молочні породи, швіцька, українська червона молочна та айрширська [15].

Айрширська порода великої рогатої худоби в Україні не багаточисленна, утримується в двох племінних стадах Полтавської і Львівської областей, але високі показники продуктивності проявляє лише в умовах Полтавщини. При цьому дана порода у світі має значний ареал. Довічна продуктивність корів-рекордисток цієї породи становить 80–100 тисяч кг молока [16].

Порівняльним аналізом продуктивності корів б молочних порід 25 племінних стад дослідних господарств мережі НААН з'ясовано, що айрширська порода за молочною продуктивністю поступалася лише українській червоній молочної та українській чорно-рябій молочної, але перевищувала показники решти досліджуваних порід [16].

Худоба айрширської породи позитивно реагує на створення їй комфортних умов довілля, що підтверджено результатами досліджень, згідно яких впровадження сучасної технології виробництва молока забезпечило підвищення надою первісток та корів з третьою лактацією у 2,2–3,6 разів порівняно до експлуатації тварин в умовах традиційної технології [17].

Водночас в доступній вітчизняній літературі не достатньо інформації щодо реалізації генетичного потенціалу телиць айрширської породи за живою масою протягом постембріонального періоду розвитку та молочною продуктивністю залежно від підбору батьківських пар і методу розведення, що змушує акцентувати увагу на дослідженнях даної проблеми.

Підтверджує необхідність таких досліджень інформація про зв'язок інтенсивності росту телиць вітчизняних порід з формуванням продуктивності у корів. Доведена точність прогнозу молочної продуктивності корів за зміною живої маси телиць [18], при цьому вважається, що вищу молочну продуктивність мають корови, які характеризуються високою енергією росту в ранньому віці [19]. Доведено, що чим вище середньодобові прирости ремонтних телиць в процесі вирощування, тим швидше формується їх організм, зменшується вік першого осіменіння та отелення [20].

Вищезазначене свідчить про актуальність питання добору телиць айрширської породи з високою енергією росту для формування високопродуктивного стада в умовах Полтавщини.

Мета дослідження

Мета роботи – встановити мінливість живої маси та середньодобових приростів телиць айрширської породи, одержаних за різних варіантів підбору батьківських пар, встановити зв'язок живої маси з відтворювальною здатністю корів, вивчити молочну продуктивність за першу–третю лактацію й розробити шляхи удосконалення породи на Полтавщині.

Матеріали і методи

Дослідження проведені в ДП «ДГ імені Декабристів Інституту свинарства та агропромислового виробництва НААН» та Інституті розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця

НААН України за завданням «Обґрунтування методів розведення та обліку показників продуктивності худоби айрширської породи в умовах сучасної технології виробництва молока» (ДР № 0121U108742).

Об'єктом дослідження була худоба айрширської породи, одержана за внутрішньопородного та міжпородного підбору батьківських пар. Для досліджень впливу внутрішньолінійного і міжлінійного (крос ліній) підбору на мінливість досліджуваних господарські корисних ознак худоби айрширської породи визначали належність тварин до відповідної лінії. Досліджували господарські корисні ознаки дочірніх потомків бугаїв ліній Б. І. Мілкмена 693744, Т. Бруно 93907, К. Келлі 40347, Рейма 23597 і Торпана 83882 (внутрішньолінійний підбір батьківських пар), а також потомків від поєднання лінії батька Б. І. Мілкмена 693744, К. Келлі 40347 і Т. Бруно 93907 з відповідною лінією матері (крос ліній). Для вивчення ефективності міжпородного підбору досліджували продуктивність помісних тварин, одержаних за схрещування корів айрширської породи з бугаями червоної норвезької породи.

В дослідженнях використані дані продуктивності телиць 2010–2018 років народження. Визначення живої маси телиць здійснювали у віці 3, 6, 12 і 15 місяців, тобто у найбільш важливі періоди добору, а також під час першого осіменіння.

Піддослідні телиці вирощувалися в однакових умовах безприв'язно, до 20-денного віку в індивідуальних клітках за так званого «холодного» способу утримання, пізніше – групою в умовах кормової станції, а старше 4 місяців – групами по 12–15 в приміщеннях за вільного використання кормово-вигульного майданчика. Телиці мали однаковий рівень годівлі в усі вікові періоди вирощування. В молочний період телятам випоювали замітник молока та привчали до концентрованих і об'ємистих кормів. Подальше вирощування телиць відбувалось з використанням об'ємистих раціонів, збалансованих концентрованими кормами. Осіменіння телиць здійснювали при досягненні живої маси 340 кг. Піддослідні корови утримувалися в аналогічних умовах.

Вивчення живої маси телиць, віку корів в отеленнях, молочної продуктивності за 305 днів I і III лактації здійснювали за матеріалами племінного обліку, інформаційної бази даних з управління молочним скотарством «Бурьонка» та результатами власних досліджень. Опрацьовано дані корів, які мали отелення продовж 2012–2020 років.

Визначення показників господарські корисних ознак тварин проводили за популяційно-генетичними параметрами: середньою арифметичною величиною (M), її похибкою (m), рівнем значущості (p), силою впливу (η^2), коефіцієнтом кореляції (r), використовуючи статистичні методи [21, 22].

Результати та їх обговорення

Відомо, що важливим періодом росту телиць є постнатальний, коли молодняк здебільшого оцінюють за живою масою та швидкістю росту та визначають їх подальше призначення і використання. Для обґрунтування селекційних прийомів поліпшення

продуктивності телиць айрширської породи в період вирощування було вивчено їх живу масу та середньодобові прирости залежно від різних варіантів підбору батьківських пар: внутрішньолінійного, міжлінійного та міжпородного.

Дослідження вікової динаміки росту телиць айрширської породи за внутрішньолінійного підбору батьківських засвідчив деяку, в окремих випадках достовірну, різницю між живою масою тварин під час вирощування, обумовлену лінійною належністю, фізіологічними та індивідуальними особливостями молодняку, поєднанням спадкової основи батьків.

За внутрішньолінійного підбору батьківських пар між представниками ліній Б. І. Мілкмена 693744, Т. Бруно 93907, К. Келлі 40347, Рейма 23597 і Торпана 83882 за живою масою у віці 3 місяці (83,1–89,9 кг), 12 місяців (250,3–266,6 кг) і 15 місяців (306,7–322,9 кг) вірогідної різниці не виявлено (табл. 1). При цьому найвищу живу масу в усі досліджувані вікові періоди мали дочірні потомки бугаїв лінії К. Келлі 40347, але й вони достовірно перевищували лише у 12-місячному віці ровесниць лінії Б. І. Мілкмена 693744 на 16,5 кг ($p < 0,05$).

У телиць різної лінійної належності не встановлено чіткої залежності швидкості росту від віку. Так, у дочірніх потомків ліній Б. І. Мілкмена 693744 і Т. Бруно 93907 найбільший приріст живої маси відбувся за період 12–15 місяців, ліній К. Келлі 40347 і Рейма 23597 – до 6-місячного віку, лінії Торпана 83882 – рівномірний впродовж періоду вирощування. Це свідчить про те, що телиці, одержані за поєднання батьків однієї лінії можуть компенсувати недоліки вирощування в окремі періоди за рахунок генетично обумовлених особливостей росту, але на нашу думку, добирати тварин даної породи краще на останніх періодах вирощування, коли завершується формування шлунково-кишкового тракту і є можливість споживати об'ємистий раціон для досягнення великих вагових розмірів. З урахуванням цього краще акцентувати увагу на доборі телиць для подальшого відтворення за живою масою у віці 15 місяців за такого рейтингу: лінія К. Келлі 40347 (322,9 кг), Торпана 83882 (320,6 кг), Т. Бруно 93907 (313,3 кг), Б. І. Мілкмена 693744 (311,7 кг) і Рейма 23597 (306,7 кг).

Середньодобовий приріст телиць, отриманих за внутрішньолінійного підбору батьківських пар в середньому по групі ліній, за період від 3-х до 6-місячного віку становив 631 г, 6–12 місяців – 632 г і 12–15 місяців – 628 г.

Враховуючи думку науковців про важливість для формування живої маси та подальшого зв'язку з надром корів-первісток перших місяців життя телиць [23], ми порівняли середньогруповий показник живої маси телиць айрширської породи різної лінійної належності із стандартом породи [24] і визначили, що швидкість росту тварин до 6-місячного віку не достатня для досягнення вимог, які для телиць айрширської породи повинні становити 153 кг замість наявних 143,3 кг. При цьому в наступні вікові періоди жива маса телиць відповідала, або перевищувала показники стандарту породи.

Таблиця 1

Жива маса телиць, одержаних за внутрішньопородного та міжпородного підбору батьківських пар

| Лінія/ крос ліній/ порода | Вік, міс | | | | | | | |
|---|----------|------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|------------|
| | 3 | | 6 | | 12 | | 15 | |
| | n | M± m | n | M± m | n | M± m | n | M± m |
| <i>Внутрішньолінійний підбір</i> | | | | | | | | |
| Б. І. Мілкмена 693744 | 33 | 83,1±1,89 | 33 | 134,7±1,86* | 33 | 250,9±5,78 | 33 | 311,7±6,27 |
| Т. Бруно 93907 | 161 | 85,1±0,67 | 159 | 138,1±1,51 | 154 | 250,3±2,45 | 153 | 313,3±2,66 |
| К. Келлі 40347 | 49 | 89,9±1,10 | 48 | 151,2±2,52 | 48 | 266,6±3,54 | 48 | 322,9±4,34 |
| Рейма 23597 | 43 | 85,9±1,77 | 43 | 149,2±3,17 | 43 | 264,4±5,25 | 43 | 306,7±5,21 |
| Торпана 83882 | 74 | 85,7±1,06 | 73 | 143,7±1,85 | 73 | 263,1±3,54 | 73 | 320,6±4,14 |
| В середньому | | 85,9±1,25 | | 143,3±1,99 | | 259,1±3,37 | | 315,0±4,52 |
| <i>Крос ліній (лінія батька х лінія матері)</i> | | | | | | | | |
| Б. І. Мілкмена × Т. Бруно | 46 | 88,4±0,97 | 46 | 144,6±2,16 | 44 | 245,1±1,97* | 42 | 324,2±4,38 |
| Б. І. Мілкмена × Торпана | 112 | 86,2±1,12 | 111 | 149,2±2,13 | 111 | 241,1±2,16* | 111 | 331,2±4,13 |
| Мілкмен × Келлі | 48 | 88,3±1,44 | 46 | 152,8±1,44 | 46 | 254,3±3,14 | 46 | 325,1±2,15 |
| Б. І. Мілкмена × Рейма | 41 | 85,2±0,71* | 41 | 150,3±2,41 | 40 | 259,6±1,88 | 38 | 328,6±2,39 |
| К. Келлі × Т. Бруно | 49 | 91,2±0,83 | 49 | 153,1±1,19 | 49 | 269,6±2,49 | 49 | 331,7±3,42 |
| К. Келлі × Торпана | 51 | 85,6±1,16 | 50 | 149,5±1,28 | 50 | 246,8±3,17 | 48 | 324,8±2,19 |
| Т. Бруно × Б. І. Мілкмена | 36 | 89,4±1,23 | 36 | 148,6±1,37 | 36 | 241,7±1,15* | 36 | 327,1±3,44 |
| Т. Бруно × К. Келлі | 29 | 84,2±0,91* | 29 | 147,5±2,18 | 27 | 249,8±1,61 | 27 | 326,6±3,31 |
| Т. Бруно × Торпана | 141 | 86,3±1,34 | 136 | 150,3±2,56 | 132 | 263,4±3,15 | 124 | 334,5±2,79 |
| В середньому | | 87,2±1,09 | | 149,5±1,53 | | 252,4±1,98 | | 328,2±2,84 |
| <i>Міжпородне схрещування</i> | | | | | | | | |
| А × ЧНО | 73 | 93,5±0,88 | 73 | 159,4±2,17 | 71 | 278,7±2,16 | 69 | 339,1±3,28 |

Примітки: А – айрширська порода, ЧНО – червона норвезька порода; * – $p < 0,05$ порівняно до найбільшого значення ознаки в межах відповідного підбору.

Телиці айрширської породи, одержані за міжлінійного підбору батьківських пар (кросу ліній), характеризувалися ще більшою внутрігруповою диференціацією показнику живої маси, ніж за внутрішньолінійного підбору, що закономірно для поєднання спадкової основи різних генеалогічних формувань та появи нових комбінацій ознак.

За кросу ліній найвищою живою масою у тримісячному віці відзначалися тварини, одержані за поєднання бугаїв лінії К. Келлі з коровами лінії Т. Бруно (84,2 кг), що вище ровесників інших поєднань на 1,8–7,0 кг за достовірного значення лише до особин із спадковістю батьків Т. Бруно × К. Келлі. Крос ліній К. Келлі × Т. Бруно забезпечив потомству першої генерації отримання найвищої живої маси в 6-ти та 12-місячному віці (153,1 і 269,9 кг), яка на 0,3–8,5 кг і 6,2–28,5 кг ($p < 0,05$), відповідно, перевищувала дані молодяку інших варіантів міжлінійного підбору за достовірної різниці з тваринами поєднання Б. І. Мілкмена × Торпан, Т. Бруно × Б. І. Мілкмена, Б. І. Мілкмена × Т. Бруно. Проте у подальшому швидкість росту потомків кросу ліній К. Келлі × Т. Бруно, які мали найвищу живу масу у віці 3–12 місяців, зменшилася і вони поступилися на 2,8 кг ровесникам, отриманим від кросування ліній Т. Бруно × Торпан.

Дослідженнями виявлено збільшення живої маси тварин з віком за відсутності рівномірної хвилі росту. З'ясовано, що у потомків кросу ліній К. Келлі × Т. Бруно період підйому росту відбувався у віці 3–12 місяців за його спаду у подальшому. Представниці кросу ліній Т. Бруно × К. Келлі характеризувалися найменшою живою масою у віці три місяці, але суттєво збільшили її у подальшому і у 6-місячному віці мали перевагу над ровесниками кросу ліній Б. І. Мілкмена × Т. Бруно, а в 12-місячному віці – над тваринами 4 поєднань батьківських пар. Для представниць міжлінійного підбору батьківських пар ліній

Б. І. Мілкмена × Т. Бруно характерно зниження живої маси за період 3–6 і 12–15 місяців та підвищення за період 6–12 місяців. Представниці інших досліджуваних кросів ліній характеризувалися більш вирівняними ваговими показниками за окремі періоди вирощування.

Одержані результати досліджень живої маси телиць, одержаних від кросу ліній айрширської породи, підтверджують наше бачення про те, що і тварин такого походження краще добирати на останніх періодах вирощування, в даному випадку – у віці 15 місяців. Кращими для добору будуть тварини кросу ліній: Т. Бруно × Торпана (334,5 кг), К. Келлі × Т. Бруно (331,7 кг), Б. І. Мілкмена х Торпана (331,2 кг) та Б. І. Мілкмена х Рейма (328,6 кг), які перевищують середньогрупові вагові показники.

Середньодобовий приріст групи телиць, одержаних за міжлінійного підбору батьківських пар, за період від 3-х до 6-місячного віку становив 684 г, 6–12 місяців – 562 г і 12–15 місяців – 832 г. При цьому середньодобові прирости телят до 6-місячного віку, як і при внутрішньолінійному підборі батьків, були не достатніми і не забезпечили живої маси на рівні стандарту породи на відміну від подальших вікових періодів.

Порівняльний аналіз методів внутрішньопородного та міжлінійного розведення худоби айрширської породи за середніми груповими показниками засвідчив доцільність використання міжлінійного підбору батьківських пар, оскільки він сприяє кращій реалізації генетичного потенціалу тварин за живою масою і забезпечує підвищення ознаки у віці 3, 6 і 15 місяців на 1,3; 6,2 і 13,2 кг порівняно до внутрішньолінійного підбору. Позитивний вплив міжлінійного підбору батьківських пар виявлено і за середньодобовими приростами.

Ще одним методом прискорення росту для раннього початку продуктивного використання

корови та реалізації нею в подальшому генетичного потенціалу є міжпородне схрещування. Для підвищення продуктивності худоби айрширської породи науковцями Національної академії аграрних наук України було рекомендовано провести аналізуюче схрещування (кросбридинг) корів цієї породи з бугаями червоної норвезької породи.

Аналіз живої маси телиць першої генерації, одержаних за схрещування корів айрширської породи з бугаями червоної норвезької породи, дозволив зробити висновок про їх вищу інтенсивність росту, порівняно до чистопородних. Помісні телиці збільшили живу масу з 3-х до 6-місячного віку на 65,9 кг (табл. 1), за спаду росту з 6-ти до 12-місячного віку та підвищення на завершальному етапі вирощування. Підтвердженням нерівномірності росту помісних телиць слугує середньодобовий приріст, який за перший період становив 724 г, другий – 651 г і третій – 663 г.

За порівняння методів чистопородного розведення (внутрішньолінійний підбір і крос ліній) та схрещування доведена перевага останнього для підвищення живої маси ремонтних телиць під час вирощування. Телиці першого покоління від схрещування айрширської породи з червоною норвезькою у віці 3 місяці мали вищу живу масу на 9,4 ($p<0,01$) і 6,3 кг, порівняно до особин, одержаних за внутрішньолінійного та міжлінійного підбору батьківських пар. Різниця між тваринами вищевказаних груп у 6-місячному віці становила 16,1 ($p<0,01$) і 9,9 кг; у 12-місячному віці – 19,6 ($p<0,01$) і 26,4 кг ($p<0,01$); у 15-місячному віці – 24,1 ($p<0,05$) і 10,9 кг, відповідно.

Нашими дослідженнями встановлено, що за період вирощування від трьох- до п'ятнадцяти-місячного віку телиці, одержані за внутрішньолінійного підбору батьківських пар мали середньодобовий приріст на рівні 628 г, міжлінійного підбору – 658 г і міжпородного схрещування – 677 г.

Однофакторним дисперсійним аналізом доведено, що метод підбору батьківських пар достовірний вплив ($p<0,01$) на живу масу тварин справляв у віці 3, 12 і 15 місяців (4,19; 5,81 і 6,34 %).

Наші дослідження щодо вивчення живої маси та середньодобових приростів молодняку в онтогенезі узгоджуються з науковими даними про важливість вирішення даного питання, оскільки ріст і розвиток корів тісно пов'язаний з продуктивністю телиць. При цьому результати науковців різняться залежно від умов вирощування телиць, генотипу батька, породи корів, рівня продуктивності корів та їх жіночих предків, лінійної належності, поєднання батьківських пар тощо [25–29].

Жива маса телиць хоча й вважається основною ознакою добору при вирощуванні, але вона сама по собі не така актуальна, як її вплив на початок репродуктивного використання. Вважається, що телиці, які мають більшу живу масу у віці виробничої зрілості допускаються до відтворення раніше.

Результати наших досліджень узгоджуються з даними інших науковців щодо зв'язку живої маси телиць із віком залучення самиць до відтворення. Встановлений різної сили кореляційний зв'язок між

живою масою телиць айрширської породи в процесі вирощування, одержаних за різних варіантів підбору батьківських пар, з віком та живою масою їх першого осіменіння. При цьому найбільш обґрунтованим виявився зв'язок живої маси телиць у віці 15 місяців з віком першого плідного осіменіння для усіх варіантів підбору батьківських пар ($r = -0,524 \dots -0,809$; $p<0,01$), згідно якого чим вища жива маса телиць у 15-місячному віці тим раніше вони приходять в охоту і можуть бути заплідненими. Залежність живої маси у віці 15 місяців та при першому осіменінні достовірно і позитивно була лише у телиць, одержаних за кросу ліній ($r = +0,895$; $p<0,01$).

З огляду на те, що основною ознакою продуктивності корів є молочна продуктивність, яка пов'язана з походженням, генотипом, умовами експлуатації, віком в лактаціях тощо нами був визначений вплив внутрішньолінійного, міжлінійного та міжпородного підбору батьківських пар на прояв генетичного потенціалу надою, вмісту жиру і білку в молоці корів першої і третьої лактації.

З'ясовано, що досліджуване поголів'я корів айрширської породи, незалежно від походження та лінійної належності, підвищувало надій із збільшенням віку в лактаціях. За внутрішньолінійного підбору батьківських пар надій корів варіював на рівні 6021–7193 кг за найвищого показнику у дочок бугаї лінії К. Келлі, які на 41–1172 кг ($p<0,01$) перевищували ровесниць інших досліджуваних ліній (табл. 2). Вміст жиру в молоці корів досліджуваних ліній за першу лактацію був досить високим і становив 3,8–4,0 %, а білку 3,0–3,1 %. При цьому чіткої залежності жирномолочності та білковомолочності із надоєм не встановлено.

Найбільше зростання надою за першу–третю лактації відбулося у представниць лінії Б. І. Мілкмена 693744 (на 1123 кг). Дочірні потомки інших досліджуваних ліній із підвищенням віку в лактаціях збільшили молочну продуктивність на 578–829 кг, підтверджуючи догмату про обґрунтованість добору корів за надоєм першої лактації. Вміст жиру і білку в молоці корів третьої лактації мав тенденцію до деякого підвищення, але не корелював із величиною надою. Внутрішньолінійний підбір батьківських пар айрширської породи забезпечив найвищий надій за третю лактацію коровам лінії Рейма 23597–78919 кг, які перевищували дочірніх потомків ліній Б. І. Мілкмена 693744, Бруно 93907 і Торпана 83882 на 456–675 кг без достовірної різниці. На час досліджень в стаді не було корів лінії Б. І. Мілкмена 693744 з третьою лактацією, тому їх показники не враховані при аналізі внутрішньолінійного підбору батьківських пар.

Моніторинг корів айрширської породи, одержаних за кросування ліній, засвідчив ще більшу внутрігрупову мінливість ознак молочної продуктивності, ніж за внутрішньолінійного підбору, що закономірно з огляду на кількість предків з інших генеалогічних формувань та частку спадковості, яку привносить кожна з них в генотип тварин. Надій корів-первісток за міжлінійного підбору батьківських пар становив 5759–7478 кг за найвищого показнику у дочірніх потомків кросу ліній

К. Келлі × Т. Бруно, а найнижчого – Т. Бруно × Торпана. Різниця між коровами найбільш продуктивного поєднання з іншими досліджуваними становила 67–1683 кг ($p < 0,001$), засвідчуючи доречність визначення кращих варіантів підбору батьківських пар для отримання економічної

ефективності виробництва молока від найбільш високопродуктивних особин. Вміст жиру і білку в молоці корів, одержаних за різних варіантів кросування батьківських ліній, не мав істотної різниці й заходився на рівні 3,7–3,8 % та 3,0–3,2 %, відповідно.

Таблиця 2

Молочна продуктивність корів, одержаних за внутрішньопородного та міжпородного підбору батьківських пар

| Лінія/ крос ліній/ породи | Молочна продуктивність | | | | | | | |
|---|------------------------|---------------|----------|----------|--------------|---------------|----------|----------|
| | I лактація | | | | III лактація | | | |
| | п | надій, кг | жир, % | білок, % | п | надій, кг | жир, % | білок, % |
| <i>Внутрішньолінійний підбір</i> | | | | | | | | |
| Б. І. Мілкмена 693744 | 133 | 6021±134,67 | 3,9±0,07 | 3,0±0,06 | 123 | 7144±174,44 | 3,9±0,04 | 3,0±0,03 |
| Т. Бруно 93907 | 232 | 6785±93,56 | 3,9±0,03 | 3,0±0,02 | 158 | 7363±147,17 | 4,1±0,06 | 3,1±0,04 |
| К. Келлі 40347 | 42 | 7193±117,44 | 4,0±0,05 | 3,0±0,01 | – | – | ± | ± |
| Рейма 23597 | 81 | 7152±147,12 | 3,9±0,06 | 3,0±0,03 | 25 | 7819±187,44 | 4,0±0,03 | 3,1±0,05 |
| Торпана 83882 | 86 | 6482±81,57 | 3,8±0,03 | 3,1±0,01 | 42 | 7311±103,28 | 3,9±0,01 | 3,1±0,03 |
| В середньому | | 6727±114,67 | 3,9±0,05 | 3,0±0,03 | | 7409±153,06 | 3,9±0,04 | 3,1±0,03 |
| <i>Крос ліній (лінія батька × лінія матері)</i> | | | | | | | | |
| Б. І. Мілкмена × Т. Бруно | 34 | 6601±74,83 | 3,7±0,02 | 3,1±0,02 | 26 | 7414±86,91 | 3,8±0,02 | 3,2±0,01 |
| Б. І. Мілкмена × Торпана | 101 | 6236±83,22 | 3,8±0,01 | 3,1±0,03 | 87 | 6956±36,81 | 3,8±0,01 | 3,1±0,02 |
| Мілкмен × Келлі | 42 | 6619±101,37 | 3,8±0,02 | 3,0±0,01 | 29 | 7425±43,19 | 3,9±0,04 | 3,0±0,02 |
| Б. І. Мілкмена × Рейма | 22 | 6178±44,69* | 3,7±0,02 | 3,1±0,01 | 19 | 7226±31,77 | 3,7±0,01 | 3,1±0,03 |
| К. Келлі × Т. Бруно | 34 | 7478±34,58 | 3,8±0,01 | 3,2±0,02 | 29 | 8382±51,32 | 3,7±0,01 | 3,1±0,03 |
| К. Келлі × Торпана | 88 | 6318±44,72 | 3,8±0,01 | 3,2±0,03 | 81 | 7183±22,15 | 3,8±0,01 | 3,2±0,01 |
| Т. Бруно × Б. І. Мілкмена | 28 | 6801±44,83 | 3,8±0,02 | 3,2±0,02 | 26 | 8014±56,91 | 3,8±0,02 | 3,2±0,01 |
| Т. Бруно × К. Келлі | 23 | 5977±68,34*** | 3,7±0,01 | 3,2±0,04 | 14 | 6592±42,75*** | 3,7±0,03 | 3,1±0,01 |
| Т. Бруно × Торпана | 124 | 5795±68,22*** | 3,7±0,03 | 3,2±0,02 | 103 | 6828±58,42 | 3,7±0,01 | 3,1±0,03 |
| В середньому | | 6445±65,88 | 3,7±0,01 | 3,1±0,02 | | 7333±48,23 | 3,8±0,02 | 3,1±0,02 |
| <i>Міжпородне схрещування</i> | | | | | | | | |
| А × ЧНО | 67 | 6875±19,63 | 3,8±0,03 | 3,2±0,03 | – | – | – | – |

Примітки: А – айрширська порода, ЧНО – червона норвезька порода; * – $p < 0,05$; *** $p < 0,001$ порівняно до найбільшого значення ознаки в межах відповідного підбору.

Перевага за надоем корів різних кросів третьої лактації, порівняно до тих само, але первісток, становила 615–1048 кг без чіткої залежності від першої лактації. Тобто, добір корів за надоем першої лактації буде доречний, ознака буде збільшуватися із віком, але на яку величину спрогнозувати не можливо. При цьому найбільш високоудійними, як і за першу лактацію, виявилися корови кросу ліній К. Келлі × Т. Бруно (8382 кг), а найнижчу продуктивність проявили представниці міжлінійного підбору батьківських пар – Т. Бруно × К. Келлі (6592 кг). З огляду на одержані результати досліджень можна з впевненістю стверджувати про роль бугая, батька потомства, у формуванні молочної продуктивності дочок. Доведено, що якщо батьком потомства є бугай лінії К. Келлі, а мати – представниця лінії Т. Бруно, надій потомків за ряд лактацій буде вищим, ніж за зворотного підбору батьківських пар. Аналогічна ситуація відмічена й щодо інших поєднань батьківської основи. Підвищення надою корів із віком практично не супроводжувалося збільшенням вмісту жиру і білку в молоці, оскільки останні є антагоністами до величини надою.

Нашу точку зору дані щодо впливу бугая-плідника на підвищення генетичного потенціалу породи за основними селекційними ознаками продуктивності з огляду на закони передачі спадкової інформації, за якими найбільший відсоток успадкованої інформації потомки отримують саме від батька підтвердженні роботами багатьох науковців [30, 32].

Порівняння різних методів підбору батьківських пар в стаді айрширської породи Полтавщини

дозволило зробити висновок про вплив лінійної належності тварин і, особливо, батька потомства, на молочну продуктивність потомства. За середніми внутрігруповими значеннями досліджуваних ознак молочної продуктивності зроблено висновок про ефективність внутрішньолінійного підбору батьківських пар, який забезпечив підвищення надою за першу і третю лактацію на 4,2 і 1,03 %, а вмісту жиру на 5,1 і 2,6 % порівняно до міжлінійного підбору. При цьому усі корови айрширської породи, незалежно від поєднання батьківської основи, значно перевищували стандарт породи за надоем, відповідно до якого надій первісток має становити 3250 кг, а з третьою і старше лактацією – 3800 кг [24]. Що ж до вмісту жиру в молоці, то лише представниці лінії Т. Бруно 93907 досягли стандарту породи (4,1 %). Підбір батьківських пар не забезпечив необхідного підвищення вмісту білку в молоці до вимог стандарту на рівні 3,4 %. Ймовірно вмісту жиру і білку в молоці корів айрширської породи узгоджується не з генотиповими, а з паратиповими чинниками, що потрібно врахувати для підвищення рентабельності виробництва молока.

Моніторинг молочної продуктивності помісних корів, одержаних за схрещування айрширської породи з червоною норвезькою, зроблений за першу лактацію, підтвердив доцільність використання даного методу для підвищення продуктивності худоби, порівняно до чистопородного розведення. Так, помісні корови мали вищий на 2,15 % надій порівняно до середньогрупових показників особин, одержаних за внутрішньолінійного підбору батьківських пар і на 6,25 % – кросу ліній за неістотної

різниці за вмістом жиру і білку в молоці.

Метод підбору батьківських пар айрширської породи справляв достовірний вплив на надій корів першої лактації (9,4 %; $p < 0,01$) і не достовірний і не високий на вміст жиру і білку в молоці (0,2 % і 0,6 %).

Отже, порівняльний аналіз молочної продуктивності чистопородних корів айрширської породи та помісей, одержаних за схрещування айрширської породи з червоною норвезькою, підтвердив необхідність визначення кращих варіантів поєднання батьківських пар як в породі, так і між породами з метою їх подальшого повторення для закріплення чи посилення позитивних ознак батьків у потомстві.

Висновок

1. Для удосконалення вітчизняної популяції айрширської породи та покращення господарськи корисних ознак худоби важливо виявляти кращі генеалогічні лінії та встановлювати можливість їх поєднання.

2. Середньодобові прирости телиць різного підбору батьківських пар на рівні 631 та 684 г за період вирощування від трьох – до шестимісячного віку не достатні для досягнення тваринами живої маси на рівні стандарту породи за перше півріччя їх життя.

3. Добирати телиць за живою масою, незалежно від внутрішньопородного поєднання батьківської основи, краще у віці 15 місяців, коли відбулося формування організму і тварини здатні проявити великі розміри. Встановлений достовірний зв'язок живої маси телиць у віці 15 місяців з віком першого плідного осмінення для усіх варіантів підбору батьківських пар ($r = -0,524 \dots -0,809$).

4. За внутрішньолінійного підбору батьківських пар для отримання телиць з високою живою масою на заключному етапі вирощування краще використовувати тварин ліній К. Келлі 40347 і Торпана 83882, Т. Бруно 93907, а за міжлінійного підбору – особин кросу ліній Т. Бруно 93907 × Торпана 83882, К. Келлі 40347 × Т. Бруно 93907, Б. І. Мілмена 693744 × Торпана 83882.

5. За чистопородного розведення найбільш продуктивними виявилися корови з першою лактацією лінії К. Келлі 40347 та кросу ліній К. Келлі 40347 × Т. Бруно 93907. Вміст жиру і білку в молоці корів лінійного розведення та кросу ліній не мав достовірної різниці й не залежав від величини надою і віку корів в лактаціях.

6. Схрещування корів айрширської породи з бугаями червоної норвезької породи забезпечує підвищення швидкості росту, живої маси та надою у потомків першої генерації, порівняно до чистопородних особин, але змінює тип будови та масть тварин, що необхідно враховувати при збереженні локальної популяції.

7. Метод підбору справляв достовірний вплив на живу масу тварин у віці 3, 12 і 15 місяців (4,19; 5,81 і 6,34 %) та надій корів першої лактації (9,4 %) і не достовірний – на вміст жиру і білку в молоці (0,2 і 0,6 %).

Перспективи подальших досліджень. Подальша наукова робота буде спрямована на обґрунтування методів розведення худоби айрширської породи в умовах промислової технології виробництва молока.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Kovalchuk, I., Slusar, M., & Kovalchuk, I. (2019). Analysis of the state of dairy cattle breeding in Ukraine, as a promising sector of the economy. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock*, 4 (39), 63–67. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2019.4.9>
2. Gladyy, M. V., Porhun, M. G., Kruglyak, O. V., Martynyuk, I. S., Chornoostrovets, N. M., & Kulakova, M. B. (2021). Economic principles of profitable use dairy genetic resources in Ukraine. *Animal Breeding and Genetics*, 62, 31–36. <https://doi.org/10.31073/abg.62.06>
3. Kuziv M. I. (2011). Ukrainian black-and-white dairy breed lines combinability. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series "Agricultural sciences"*, 13 (4), 161–164.
4. Kovalenko, H. S., & Biriukova, O. D. (2005). Suchasnyi stan rozvedennia za liniiami ukraïnskoi chornoriaboi molochnoi porody. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 38, 152–158. [in Ukrainian]
5. Burkat, V. P. & Polupan, Y.P. (2005). Henezys poniat i metodiv ta suchasnyi selektsiinyi kontekst rozvedennia tvaryn za liniiami. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 38, 3–36. [in Ukrainian]
6. Kruhliak, A. P., & Kruhliak, T. O. (2013). Novyi napriam u selektsii holshtyniv. *Tvarynnytstvo Ukraïny*, 4, 28–32. [in Ukrainian]
7. VanRaden, P. M., & Sanders, A. H. (2003). Economic Merit of crossbred and purebred US dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(3), 1036–1044. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73687-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73687-x)
8. Bodnar, P. V., Shcherbatyi, Z. Ye., & Pavliv, B. A. (2011). Molochna produktyvnist koriv ukraïnskoi chorno-riaboi molochnoi porody za vnutiliniinoho pidboru i mizh liniinykh krosiv. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnogo Ahrarno-Tekhnichnogo Universytetu. Seriya «Tekhnolohiia Vyrobnnytstva i Pererobky Produktii Tvarynnytstva»*, 19, 13–15. [in Ukrainian]
9. Basovskyi, M. Z. (red.). (2001). *Rozvedennia silskohospodarskykh tvaryn*. Bila Tserkva [in Ukrainian]
10. Hazel, A. R., Heins, B. J., & Hansen, L. B. (2017). Production and calving traits of Montbéliarde × Holstein and Viking Red × Holstein cows compared with pure Holstein cows during first lactation in 8 commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 100 (5), 4139–4149. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11860>
11. Heins, B. J., Hansen, L. B., & De Vries, A. (2012). Survival, lifetime production, and profitability of Normande × Holstein, Montbéliarde × Holstein, and Scandinavian Red × Holstein crossbreds versus pure Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 95(2), 1011–1021. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4525>
12. Ruban, S. Y., Fedota, O. M., Danshin, V. O., Mitioiglo, L. V., & Turchin, V. J. (2016). Crossbreeding as element of high-producing dairy cattle. *The Animal Biology*, 18 (2), 94–104. <https://doi.org/10.15407/animbiol18.02.094>
13. Admin, O., Admina, N., & Filipenko, I. (2020). Reproductive capacity, health and dairy productivity of crossbreed cows. *The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine*, 124, 47–55. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2020-124-47-55>
14. Voitenko, S. L., Porkhun, M. G., Sydorenko, O. V., & Illynska T. Y. (2019). Genetic resources of agricultural animals of Ukraine at the beginning of the third millennium. *Animal Breeding and Genetics*, 58, 110–119. <https://doi.org/10.31073/abg.58.15>
15. Romanova, O. V., Pryima, S. V., & Basovskyi, D. M. (2022). *Derzhavnyi reiestr sub'iektiv plemninnoi spravy u tvarynnytstvi za 2021 rik: Tom II*. Kyiv [in Ukrainian]

16. Vyshnevskiy, L. V., Voitenko, S. L., & Sydorenko, O. V. (2019). Economically useful signs of dairy breeds cattle in herds of research farms of the network of the national academy of agricultural sciences of Ukraine. *Animal Breeding and Genetics*, 57, 29–37. <https://doi.org/10.31073/abg.57.04>
17. Voitenko, S. L., Hladii, M. V., Porkhun, M. H., Sydorenko, O. V., & Tsybenko, V. H. (2021). Ayrshire breed in the conditions of Ukraine. *Animal Breeding and Genetics*, 62, 21–30. <https://doi.org/10.31073/abg.62.05>
18. Hyl, M., & Volkov, V. (2014). Ochikuvana produktyvnist molodniaku riznykh liniy ukrainskoi molochnoi chorno-riaboi porody. *Tvarynyntstvo Ukrainy*, 2 (1), 10–14. [in Ukrainian]
19. Rusnak, P. J., Shcherbatyi, Z. Y., Kropyvka, Y. G., & Rusnak, P. P. (2015). Features of growth live weight of heifers of different breeds and its forecasting in ontogeny. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 17 (1), 184–191.
20. Tytarenko, I., Bushtruk, M., & Starostenko, I. (2016). The influence of growing system of young animals in the formation of high productivity herd. *Science and Technology Bulletin of SRC for Biosafety and Environmental Control of AIC*, 4 (1), 260–265.
21. Pidpala, T. V. (2005). *Selektsiia silskohospodarskykh tvaryn: kurs lektsii*. Mykolaiv: MDAU [in Ukrainian]
22. Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn: navchalnyi posibnyk*. Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian]
23. Pershuta, V. V. (2013). Otsinka koriv-pervistok za osoblyvostiamy rostu i rozvytku. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Silskohospodarski nauky*, 2 (72), 125–131. [in Ukrainian]
24. Instruktsiia z bonituvannia velykoi rohatoi khudoby molochnykh i molochno-miasnykh porid: zatverdzheno nakazom Ministerstva ahrarnoi polityky Ukrainy vid 30.12.2003 r. № 474; zareiestrovana v Ministerstvi yustytzii Ukrainy vid 21.01.2004 r. № 95/8694: stanom na 10.02.2017 r. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0095-04#Text> [in Ukrainian]
25. Koval, T. P. (2007). Intensyvnynt formuvannia zhyvoi masy telyts ta yii zviazok z produktyvnistiu. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 41, 93–103. [in Ukrainian]
26. Khmelnychiy, L. M. (2012). Otsinka rostu ta rozvytku telyts ukrainskoi chervono-riaboi molochnoi porody za vykorystannia vahovykh ta liniinykh parametriv. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 12, 18–21. [in Ukrainian]
27. Scherbatyj, Z. E., Golodyuk, I. P., Mateush, V. L., & Rysnak, P. P. (2015). Directed growing heifers repair – a reliable measure for creating high producing dairy herds. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 17 (1), 281–285.
28. Franchuk, M. P. (2008). Mizhliniini osoblyvosti rostu remontnoho molodniaku podilskoho zavodskoho typu ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytyny ta Biotekhnolohii Imeni S. Z. Hzhyskoho*, 10 (3), 175–180. [in Ukrainian]
29. Verbuch, I. V., & Medvid, O. V. (2020). Growth and development regularities and external constitutional features of repair young cattle brought through the crossbreeding of ukrainian black-and-white dairy and swiss breeds. *Animal Breeding and Genetics*, 60, 12–22. <https://doi.org/10.31073/abg.60.02>
30. Omelkovich, S. P., & Koberniuk, V. V. (2012). Hospodarsko-korysni oznaky dochok buhaiv-plidnykiv ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody ta yikh vidpovidnist parametram tvaryn bazhanoho typu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Podilskoho Derzhavnogo Ahrarno-Tekhnichnoho Universytetu. Serii: Tekhnolohiia Vyrobnystva i Pererobky Produktsii Tvarynyntstva*, 20, 189–191. [in Ukrainian]
31. Ferents, L. V., Fedorovych, L. I., & Siratskyi, Y. Z. (2005). Vplyv buhaiv riznykh liniy na rist i rozvytok telychok ukrainskoi chorno-riaboi molochnoi porody. *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn*, 38, 193–196. [in Ukrainian]
32. Rudyk, I. A., & Starostenko, I. S. (1999). Metody pidvyschennia efektyvnosti doboru potentsiinykh materiv ta batkiv buhaiv. *Naukovyi visnyk Lvivskoi derzhavnoi akademii veterynarnoi medytyny imeni S. Z. Hzhyskoho*, 3 (1), 236–238. [in Ukrainian]

ORCID

- S. Voitenko  <https://orcid.org/0000-0003-3530-6360>
- M. Petrenko  <https://orcid.org/0000-0002-5275-9401>
- B. Shaferivskiy  <https://orcid.org/0000-0001-5742-5016>



2023 Voitenko S. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Biochemical indexes of blood serum of dog's with hyperadrenocorticism

O. Matsenko ✉ | Yu. Sobakar | I. Furda | Yu. Shchepetilnikov | O. Ilyina

Article info

Correspondence Author

O. Matsenko

E-mail:

zemlanoy1980@gmail.com

State Biotechnological

University,

Academicna street, 1,

v. Mala Danilovka,

Kharkiv region, 62341,

Ukraine

Citation: Matsenko, O., Sobakar, Yu., Furda, I., Shchepetilnikov, Yu., & Ilyina, O. (2023). Biochemical indexes of blood serum of dog's with hyperadrenocorticism. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 67–71. doi: 10.31210/spi2023.26.01.11

Hyperadrenocorticism is a persistent chronic increase in the level of cortisol in the blood. We examined 13 male and 7 female dogs with suspected Cushing's syndrome based on anamnestic data and the results of clinical studies. The diagnosis of Cushing's syndrome (hyperadrenocorticism) was confirmed in 10 male and 5 female dogs. We formed the control group from animals in which the diagnosis was not confirmed. The determined in blood serum: glucose content, urea concentration, creatinine, total protein, calcium concentration, phosphorus concentration, activity of alanine (AlAT), amylase, and alkaline phosphatase. Hematological indicators: the number of erythrocytes and leukocytes, the hemoglobin concentration, the leukogram was determined in stained smears, and the hematocrit. Biochemical studies were made on the basis of the department of internal diseases and clinical diagnostics of animals of the State University of Biotechnology and PE "Alvis-klass" in Kharkiv. Two groups of animals were formed: the first dogs with hyperadrenocorticism (15 dogs), and the second – healthy animals (5 animals). We found that certain biochemical indicators of blood serum are increased in sick animals. In particular, glucose concentration was elevated in 4 dogs, alanine aminotransferase activity in 10 dogs, and alkaline phosphatase activity in 8 dogs. We also established hypercholesterolemia and hyperglycemia in dogs with Cushing's syndrome due to the catabolism of structural proteins and utilization of amino acids in the process of gluconeogenesis. Activity of alanine-aminotransferase and alkaline phosphatase were increased in 2.6 and 3.0 times in dogs with hyperadrenocorticism, appropriate. Concentration of cholesterol was 49 % higher in sick animals. Amount of red blood cells was higher on 40 %, quantity of platelets was higher in 3.1 times in dogs with Cushing's syndrome. Amount of eosinophils was lower in 2.7 times in dogs with hyperadrenocorticism.

Keywords: Cushing's syndrome, dogs, biochemical parameters, haematological parameters, hyperadrenocorticism.

Біохімічні показники сироватки крові собак за гіперадренокортицизму

О. В. Маценко | Ю. В. Собакар | І. В. Фурда | Ю. О. Щепетільников | О. В. Ільїна

Державний

біотехнологічний

університет,

сел. Мала Данилівка,

Харківський район, Україна

Під гіперадренокортицизмом розуміють стійке хронічне підвищення рівня кортизолу у крові. Ми дослідили 13 кобелей та 7 самок собак з підозрою на синдром Кушинга за анамнестичними даними та результатами клінічних досліджень. У 10 кобелів та 5 самок собак було підтверджено діагноз на синдром Кушинга (гіперадренокортицизм). Тварин, у яких діагноз не було підтверджено, сформували у контрольну групу. У сироватці крові визначали: вміст глюкози, концентрацію сечовини, креатинін, загальний білок, концентрацію кальцію, концентрацію фосфору, активність аланін- (АлАТ), амілізи та лужної фосфатази. З гематологічних показників визначали кількість еритроцитів і лейкоцитів, концентрацію гемоглобіну, лейкограму визначали в пофарбованих мазках і гематокрит. Біохімічні дослідження сироватки крові собак виконували на базі кафедри внутрішніх хвороб і клінічної діагностики тварин Державного біотехнологічного університету та ПП «Алвіс-клас» м. Харкова. Було сформовано дві групи тварин: перша – собаки з гіперадренокортицизмом (15 собак) та друга – здорові собаки (5 тварин). Ми з'ясували, що у хворих тварин підвищуються окремі біохімічні показники сироватки крові. Зокрема концентрація глюкози була підвищеною у 4 собак, активність аланінамінотрансферази – у 10-ти, лужної фосфатази – у 8-ми тварин. Ми також дослідили гіперхолестеролемію та гіперглікемію в собак за наявності синдрому Кушинга через катаболізм структурних протеїнів та утилізацію амінокислот у процесі глюконеогенезу. В сироватці крові хворих на гіперадренокортицизм собак концентрація аланін-амінотрансферази та лужної фосфатази була в 2,6 та 3,0 рази вищою порівняно зі здоровими тваринами. Вміст холестеролу в сироватці крові хворих собак був вищим на 49 %. Кількість еритроцитів у крові хворих тварин була на 40 % вищою, а тромбоцитів – у 3,1 рази вищою порівняно із тваринами з групи контролю. У хворих на гіперадренокортицизм собак встановлено еозінопенію, кількість еозінофілів була меншою в 2,7 раза.

Ключові слова: синдром Кушинга, собаки, біохімічні показники, гіперадренокортицизм.

Бібліографічний опис для цитування: Маценко О. В., Собакар Ю. В., Фурда І. В., Щепетільников Ю. О., Ільїна О. В. Біохімічні показники сироватки крові у собак за гіперадренокортицизму. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. 26 (1). С. 67–71.

Вступ

Гіпеадренкортицизм – це системне порушення, що розвивається внаслідок хронічного підвищення секреції кортизолу в кров [6, 7]. Синдром Кушинга це поширена ендокринопатія дрібних тварин. Діагностують синдром Кушинга переважно у собак середнього та старшого віку. Надлишок глюкокортикоїдів призводить до комбінованих фізичних та біохімічних змін, які впливають на якість життя тварини [6].

Гіперадренкортицизм може виникнути внаслідок патологічної надлишкової секреції адренкортикотропного гормону гіпофізом в результаті пухлини останнього (гіпофізарно-залежний гіпеадренкортицизм) або внаслідок порушення роботи надниркових залоз (наднирково-залежний гіперадренкортицизм) [6, 7]. Надлишок адренкортикотропного гормону внаслідок двобічної гіперплазії наднирників та гіперсекреції глюкокортикоїдів (особливо кортизолу).

Найменш поширеною причиною гіперадренкортицизму, приблизно 15 з 5 випадків є гіперсекреція кортизолу через пухлини наднирників [8]. Значну схильність до гіперадренкортицизму виявлено у геріатричних собак певних порід: мініатюрний пудель, боксер, такс [9].

В сироватці крові собак за синдрому Кушинга спостерігають підвищену активність лужної фосфатази, аланінамінотрансферази, гіперхолестеролемію та помірну гіперглікемію, протеїнурію через гломерулосклероз [10, 11].

Підвищення активності лужної фосфатази не є специфічною за синдрому Кушинга, і у деяких собак активність ферменту в нормі. Проте стрес частото призводить до підвищення активності лужної фосфатази через підвищення концентрації кортизолу в крові. Також підвищення активності лужної фосфатази можна спостерігати за гіперплазії печінки у собак старшого віку, яку часто діагностують. Підвищення концентрації кортизолу призводить до лімфопенії, нейтрофілії, могоцитозу та еозинопенії. Хоча всі ці параметри не є специфічними для синдрому Кушинга, необхідно звертати на них увагу за діагностики синдрому. В дослідженнях Jacoby рівень коагуляції II, V, VII, X, XI факторів на фібриногена були збільшені за синдрому Кушинга [12].

Гіпофосфатемію, гіпернатріємію та гіпокаліємію іноді діагностують за синдрому Кушинга в собак, проте вірогідність цих показників незначна і з метою діагностики синдрому необхідно проводити ендокринні тести. Тест на гіперадренкортицизм собак з клінічними ознаками хвороби рекомендують проводити з метою диференціації хибно-позитивних результатів [13, 14].

Ouschan С. А. зі співавторами рекомендують визначати рівень кортизолу в шерсті з метою діагностики гіперадренкортицизму собак [15].

Мета дослідження

Мета досліджень: встановити інформативність біохімічних показників сироватки крові та клінічних показників крові з метою діагностики гіперадренкортицизму.

Матеріали і методи

Біохімічні дослідження проводили на базі кафедри внутрішніх хвороб та клінічної діагностики тварин ДБТУ та ПП «Алвіс-клас» м. Харків у 2020–2021 рр.

Дослідження було проведено на 20 собаках (14 утримували в кімнаті та 6 у дворі) у яких підозрювали синдром Кушинга на основі анамнестичних даних та клінічних ознак. Аналіз крові для біохімічних та лабораторних досліджень проводили в лабораторії кафедри внутрішніх хвороб та клінічної діагностики тварин Державного біотехнологічного університету та лабораторії «Алвіс-клас» м. Харків. Проби крові брали у кожного собаки на початку досліджень для визначення клінічних та біохімічних показників. Аналізували анамнестичні дані на наявність впливу стрес факторів на собаку.

У сироватці крові визначали: вміст глюкози глюкозооксидазним методом, концентрацію сечовини з діацетилмонооксимом, креатинін кінетичним методом, загальний білок за біуретовою реакцією (набір реактивів ТОВ НВП “Філісіт–Діагностика”), концентрацію кальцію на електролітному аналізаторі АЕК-01, концентрацію фосфору спектрофотометричним методом, активність аланін- (АЛАТ), амлізи та лужної фосфатази – оптимізованим ензиматичним кінетичним методом (набір реактивів фірми “Вітал Diagnostik Спб”) [1–3]. З гематологічних показників визначали кількість еритроцитів і лейкоцитів меланжерним методом, концентрацію гемоглобіну гемоглобінціанідним методом, лейкограму визначали в пофарбованих мазках і гематокрит методом Тодорова [4].

Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали у програмі Microsoft Office Excel, вірогідність оцінювали за критерієм Стьюдента.

Результати та їх обговорення

Дослідженнями встановлено, що в сироватці крові хворих на гіперадренкортицизм собак концентрація аланін-амінотрансферази та лужної фосфатази була в 2,6 та 3,0 рази вищою порівняно зі здоровими тваринами. Підвищення активності лужної фосфатази, можна пояснити тим, що у собак ендогенний та екзогенний глюкокортикоїди призводять до синтезу печінкового ізоферменту лужної фосфатази, проте підвищення активності цього ізоферменту лужної фосфатази може спостерігатись і за хвороб печінки та жовчних ходів, пухлин, цукрового діабету. Вміст холестеролу в сироватці крові хворих собак був вищим на 49 % (табл. 1).

Таблиця 1

Біохімічні показники сироватки крові собак за гіперадренокортицизму та контрольної групи тварин

| Показники | Собаки хворі на гіперадренокортицизм (n=15) | | Контрольна група тварин (n=5) | |
|----------------------|---|--------------|-------------------------------|--------------|
| | M±m | Lim | M±m | Lim |
| Глюкоза, ммоль/л | 7,78±0,94 | 1,33-30,5 | 4,51±0,76 | 1,12-8,05 |
| Сечовина, ммоль/л | 8,20±0,5 | 1,9-17,0 | 5,84±0,78 | 2,5-11,9 |
| Креатинін, мкмоль/л | 73,6±0,72 | 35,0-103,0 | 90,8±1,69 | 47,0-133,0 |
| Фосфор, ммоль/л | 1,68±0,11 | 0,7-2,7 | 1,71±0,23 | 1,17-2,55 |
| Кальцій, ммоль/л | 2,50±0,05 | 2,1-3,1 | 2,35±0,19 | 1,85-3,08 |
| Загальний білок, г/л | 67,4±0,17 | 60,0-78,0 | 82,0±0,89 | 65,0-105,0 |
| АЛТ, Од/л | 551,0±5,21 | 80,0-946,0 | 209,2±11,4 | 58,0-800,0* |
| ЛФ, Од/л | 765,7±4,3 | 30,0-2000,0 | 252,6±6,21 | 30,0-542,0* |
| Білірубін, мкмоль/л | 11,0±0,79 | 3,0-22,0 | 21,2±1,96 | 4,0-48,0 |
| Холестерол, ммоль/л | 10,34±0,40 | 3,2-13,3 | 6,92±0,82 | 3,6-12,4* |
| Амілаза, Од/л | 1030,7±7,87 | 445,0-2500,0 | 714,4±12,7 | 239,0-1177,0 |
| Натрій, ммоль/л | 148,9±0,33 | 145,0-153,0 | 143,8±0,75 | 137,0-154,0 |
| Калій, ммоль/л | 4,19±0,08 | 3,7-5,2 | 4,56±0,16 | 3,9-5,4 |
| Хлор, ммоль/л | 109,5±0,13 | 104,0-116,0 | 108,4±0,26 | 102,0-116,0 |

Примітка: * – p<0,05.

Також нами встановлено, що окрім біохімічних показників сироватки крові інформативними за проведення лабораторної діагностики у собак синдрому Кушинга також можуть бути й деякі

клінічні показники крові. Проведеними дослідженнями було встановлено, що із 10-ти показників статистичної вірогідності набули три (табл. 2).

Таблиця 2

Клінічні показники крові собак за гіперадренокортицизму та контрольної групи тварин

| Показники | Собаки хворі на гіперадренокортицизм | | Контрольна група тварин | |
|---------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------|-------------|
| | M±m | Lim | M±m | Lim |
| Еритроцити Т/л | 6,71±10,4 | 4,39-7,78 | 4,79±0,19 | 4,79-7,95** |
| Лейкоцити Г/л | 8,70±0,99 | 5,3-15,2 | 10,30±0,97 | 5,55-22,3 |
| Нейтрофіли | 10,66±0,23 | 3,2-12,4 | 6,88±1,09 | 3,8-18,2 |
| Лімфоцити | 1,34±0,16 | 0,27-2,16 | 1,32±0,39 | 0,66-3,13 |
| Моноцити | 0,98±0,17 | 0,18-1,7 | 1,09±0,15 | 0,66-1,5 |
| Еозинофіли | 0,36±0,10 | 0,1-0,6 | 0,97±0,09 | 0,8-1,2* |
| Базофіли | 0,06±0,04 | 0,01-0,11 | 0,08±0,06 | 0,05-0,16 |
| Тромбоцити, тис/мкл | 618,7±9,36 | 88-1088 | 200,2±3,32 | 70-376* |
| Гемоглобін, г/л | 147,2±3,10 | 93-214 | 147,2±2,54 | 123-195 |
| Гематокрит, % | 47,32±1,41 | 30,3-60,8 | 45,60±1,49 | 31,3-57,8 |

Примітки: * – p<0,05; ** – p<0,01.

Так, кількість еритроцитів в крові хворих тварин була на 40 % вищою, а тромбоцитів – у 3,1 рази вищою порівняно з тваринами з групи контролю. У хворих на гіперадренокортицизм собак встановлено еозінопенію, кількість еозинофілів була меншою в 2,7 разів. Надлишок кортикостероїдів може призводити до затримки диференціації еозинофілів.

Behrend, 2013 встановив, що біохімічні показники сироватки крові не є специфічними для діагностики синдрому Кушинга [14]. Revista de Chimie також повідомляє, що за гіперадреноеортицизму собак в сироватці крові виявляють гіперхолестеролемію та підвищення активності лужної фосфатази та трансаміназ [10]. Нами встановлено, що у хворих тварин підвищуються окремі біохімічні показники сироватки крові. Зокрема концентрація глюкози була підвищеною у 4 собак, активність аланінаміно-трансферази у 10-ти, лужної фосфатази – у 8-ми тварин. Слід зауважити, що отримані нами дані

знаходять підтвердження у праці Cho, 2013, який зазначає, що за синдрому Кушинга підвищується вміст глюкози, активність трансаміназ та ліжної фосфатази в сироватці крові собак [16]. За синдрому Кушинга кортизол інтенсифікує глікоконнеогенез з амінокислот, що призводить до гепатомегалії та підвищується активність трансаміназ [17]. Ми також встановили гіперхолестеролемію та гіперглікемію в собак за синдрому Кушинга через катаболізм структурних протеїнів та утилізацію амінокислот в процесі глікоконнеогенезу.

Хоча вірогідної різниці між вмістом електролітів немає, іноді рееструють гіпофосфатемію, гіпонатріємію та гіпокаліємію в собак за синдрому Кушинга. Andrea Corsini зі співавторами встановила, що за гіперадренокортицизму концентрація фосфору в сироватці крові хворих собак була вищою за здорових тварин [18]. В нашому дослідженні концентрація електролітів була в межах норми в обох груп тварин.

Gilor and Graves повідомляють, що за синдрому Кушинга характерні еритроцитоз та тромбоцитоз, що також знаходить підтвердження у наших дослідженнях [19].

Расе S. L. зі співавторами повідомляє, що у 80 % собак за гіперадренкортицизму реєструють тенденцію до гіперкоагуляції [20].

Діагноз на гіперадренкортицизм не повинен базуватися лише на даних біохімічних та клінічних показників крові. З метою діагностики гіперадренкортицизму необхідні специфічні тести. Найбільш інформативним є тест стимуляції адренкортикотропним гормоном та тест супресії низькими дозами дексаметазону. Рання діагностика та лікування собак за гіперадренкортицизму допоможуть покращити якість життя хворим тваринам [21, 21].

Висновок

В сироватці крові хворих на гіперадренкортицизм собак концентрація аланін-амінотрансферази була у 2,6 рази вищою порівняно зі здоровими тваринами, у зв'язку з прямим впливом кортизолу на гепатоцити; активність лужної фосфатази також була вищою в 3 рази, це пов'язано з тим, що глюкокортикоїди призводять до синтезу печінкового ізоферменту лужної фосфатази.

Вміст холестеролу в сироватці крові хворих собак був вищим на 49 %, кортизол стимулює ліполіз і збільшення ліпідів у крові.

Кількість еритроцитів в крові хворих тварин була на 40 % вищою, а тромбоцитів – у 3,1 рази вищою порівняно з тваринами з групи контролю. У хворих на гіперадренкортицизм собак встановлено еозінопенію, кількість еозінофілів була меншою в 2,7 разів, що зумовлено підвищенням адренкортикоїдної активності, яка призводить до затримки еозінофілів у кістковому мозку.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивчення визначення біохімічних показників сироватки крові собак за гіперадренкортицизму в процесі лікування.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Kamyshnikov, V. S. (2000). *Spravochnik po kliniko-biohimicheskoy laboratornoj diagnostike: V 2-h tomah. Tom 1.* Minsk [in Russian]
2. Kamyshnikov, V. S. (2000). *Spravochnik po kliniko-biohimicheskoy laboratornoj diagnostike: V 2-h tomah. Tom 2.* Minsk [in Russian]
3. Kamyshnikov, V. S., & Kolb, V. G. (1982). *Spravochnik po klinicheskoy himii.* Minsk [in Russian]
4. Levchenko, V. I., Sokoliuk, V. M., Bezukh, V. M., Tyshkivskyi, M. Ia., Harkavyi, V. O., Nadochii, V. P., Nadochii, V. M., Moskalenko, V. P., Kostiuk, M. M., Shchurevych, H. O., Bohatko, L. M., Sakhniuk, V. V., Holovakha, V. I., Chub, O. V., Slivinska, L. H., & Abdullaiev, Sh. M. (2022). *Doslidzhennia krovi tvaryn ta klinichna interpretatsiia otrymanykh rezultativ:*

Metodychni rekomendatsii dlia studentiv fakultetu veterinarnoi medytsyny kerivnykiv ta slukhachiv Instytutu pisliadyplomnoho navchannia kerivnykiv i spe-tsalistiv veterinarnoi medytsyny. Bila Tserkva [in Ukrainian]

5. Hans, S., & Kooistra, S. G. (2012). Recent advances in the diagnosis of Cushing's syndrome in dogs. *Topics in Companion Animal Medicine*, 27 (1), 21–24. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2012.06.001>
6. Schofield, I., Brodbelt, D. C., Niessen, S. J. M., Church, D. B., Geddes, R. F. & O'Neill, D. G. (2022). Frequency and risk factors for naturally occurring Cushing's syndrome in dogs attending UK primary-care practices. *Journal of Small Animal Practice*, 63 (4), 265–274. <https://doi.org/10.1111/jsap.13450>
7. Tiruneh, F., Awan, A., Didana, A., & Doshi, S. (2017). Preventing Cushing: Iatrogenic Cushing Syndrome due to Ritonavir-Fluticasone Interaction. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.1484>
8. Carotenuto, G., Malerba, E., Dolfini, C., Brugnoli, F., Giannuzzi, P., Semprini, G., Tosolini, P., & Fracassi, F. (2019). Cushing's syndrome an epidemiological study based on a canine population of 21,281 dogs. *Open Veterinary Journal*, 9 (1), 27. <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i1.5>
9. Sanders, K., Galac, S., & Meij, B. P. (2021). Pituitary tumour types in dogs and cats. *The Veterinary Journal*, 270, 105623. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.105623>
10. Kim, E., Choe, C., Yoo, J. G., Oh, S.-I., Jung, Y., Cho, A., Kim, S., & Do, Y. J. (2018). Major medical causes by breed and life stage for dogs presented at veterinary clinics in the Republic of Korea: a survey of electronic medical records. *PeerJ*, 6, e5161. <https://doi.org/10.7717/peerj.5161>
11. Boghian, V. (2001). Clinical Biochemistry of Cushing Syndrome in Dogs. *Revista de Chimie*, 71 (3), 320–324. <https://doi.org/10.37358/rc.20.3.8004>
12. Smets, P., Meyer, E., Maddens, B., & Daminet, S. (2010). Cushing's syndrome, glucocorticoids and the kidney. *General and Comparative Endocrinology*, 169 (1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2010.07.004>
13. Jacoby, R. C. (2001). Biochemical Basis for the Hypercoagulable State Seen in Cushing Syndrome. *Archives of Surgery*, 136 (9), 1003. <https://doi.org/10.1001/archsurg.136.9.1003>
14. Sanders, K., Kooistra, H. S., & Galac, S. (2018). Treating canine Cushing's syndrome: Current options and future prospects. *The Veterinary Journal*, 241, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.09.014>
15. Behrend, E. N., Kooistra, H. S., Nelson, R., Reusch, C. E., & Scott-Moncrieff, J. C. (2013). Diagnosis of Spontaneous Canine Hyperadrenocorticism: 2012 ACVIM Consensus Statement (Small Animal). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27 (6), 1292–1304. <https://doi.org/10.1111/jvim.12192>
16. Ouschan, C., Kuchar, A., & Möstl, E. (2013). Measurement of cortisol in dog hair: a noninvasive tool for the diagnosis of hypercortisolism. *Veterinary Dermatology*, 24 (4), 428. <https://doi.org/10.1111/vde.12043>
17. Cho, K.-D., Kang, J.-H., Chang, D., Na, K.-J., & Yang, M.-P. (2012). Efficacy of low- and high-dose trilostane treatment in dogs (<5 kg) with pituitary-dependent hyperadrenocorticism. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27(1), 91–98. <https://doi.org/10.1111/jvim.12007>
18. Chapman, P. S., Kelly, D. F., Archer, J., Brockman, D. J., & Neiger, R. (2004). Adrenal necrosis in a dog receiving trilostane for the treatment of hyperadrenocorticism. *Journal of Small Animal Practice*, 45(6), 307–310. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2004.tb00241.x>
19. Corsini, A., Dondi, F., Serio, D. G., Zamagni, S., Golinelli, S., Fernandez, M., & Fracassi, F. (2021). Calcium and phosphate homeostasis in dogs with newly diagnosed naturally occurring hypercortisolism. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 35 (3), 1265–1273. <https://doi.org/10.1111/jvim.16143>
20. Gilor, C., & Graves, T. K. (2011). Interpretation of laboratory tests for canine Cushing's syndrome. *Topics in Companion Animal Medicine*, 26, 98–108. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2011.03.001>
22. Pace, S. L., Creevy, K. E., Krimer, P. M., & Brainard, B. M. (2013). Assessment of coagulation and potential biochemical markers for hypercoagulability in canine hyperadrenocorticism. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27 (5), 1113–1120. <https://doi.org/10.1111/jvim.12159>
23. Schofield, I., Brodbelt, D. C., Kennedy, N., Niessen, S. J. M., Church, D. B., Geddes, R. F., & O'Neill, D. G. (2021). Machine-

learning based prediction of Cushing's syndrome in dogs attending UK primary-care veterinary practice. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88440-z>

24. Schofield, I., O'Neill, D. G., Brodbelt, D. C., Church, D. B., Geddes, R. F., & Niessen, S. J. M. (2019). Development and evaluation of a health-related quality-of-life tool for dogs with Cushing's syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (6), 2595–2604. <https://doi.org/10.1111/jvim.15639>

ORCID

O. Matsenko  <https://orcid.org/0000-0002-1782-4650>
Yu. Sobakar  <https://orcid.org/0000-0002-4236-7236>
I. Furda  <https://orcid.org/0000-0003-2730-3557>
Yu. Shchepetilnikov  <https://orcid.org/0000-0001-7275-0079>
O. Ilyina  <https://orcid.org/0000-0001-6572-3785>



2023 Matsenko 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.

Current food quality and safety problems in the context of ensuring food safety in Ukraine

V. Kotelevych  | S. Huralska | V. Honcharenko

Article info

Correspondence Author

V. Kotelevych

E-mail:

valya.kotelevich@ukr.net

Polissia National University,
Staryi Bulvar, 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine

Citation: Kotelevych, V., Huralska, 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. doi: 10.31210/spi2023.16.01.12

The quality, degree of harmfulness and danger of food products determine not only the health of the population, but also the genetic fund of the state, the level of development of science and industry. The priority task of modern science and practice is to limit the entry of harmful substances into the human body through food products and to highlight this problem in an informative space. The purpose of our research was to highlight the current problems of quality and safety of food products in the context of ensuring food security in Ukraine based on the results of the analysis of scientific publications. It was established that the state of the ecological situation in Ukraine has significantly worsened and the scale of environmental pollution with heavy metals, radionuclides and other harmful substances has increased several times over the last decade and is expected to continue to grow. The most "conductive" to the accumulation of heavy metals are the fodder of farm animals and milk. The silage-root type of feeding and the addition of mineral-vitamin premixes significantly reduces the transfer of Lead and Cadmium. The content of heavy metals in dairy products is 1.5 times lower than in raw milk, which indicates the influence of the technological operation on their redistribution. Out of 2,587 samples of fish and fish products examined during export-import operations of Ukraine, mercury content was exceeded in 0.12 % of samples. The mercury content in tuna muscles was at the level of 0.356–1.889 mg/kg, which exceeded the MDR by 1.8 times. The content of mercury in the muscles of freshwater fish was in the range of 0.006–0.315 mg/kg, which calls for increased monitoring of the content of mercury in fish, taking into account its detrimental effect on public health and its importance as an indicator of ecosystem pollution. The specific activity of ¹³⁷Cs content of mushrooms and berries of forest origin, meat of wild animals and products of own production in the Polish region in most cases significantly exceeds DR-2006, which forms large doses of internal radiation and negatively affects the health of the population. Studies conducted in 14 regions of Ukraine established an excess of nitrate content in 9. The most critical situation is in rural settlements of the Kherson region, where the excess of the average nitrate content was almost 14 GDN in farms with traditional management and almost 7 GDN – in settlements with organic agriculture. Numerous scientific studies on the sanitary quality of livestock products during production and circulation require the development and organization of a microbiological risk assessment system.

Keywords: quality, safety, food products, toxic elements, radionuclides, sanitary quality, nitrites, nitrates, heavy metals.

Актуальні проблеми якості та безпечності харчових продуктів в контексті забезпечення продовольчої безпеки в Україні

В. А. Котелевич | С. В. Гуральська | В. В. Гончаренко

Поліський національний
університет, м. Житомир,
Україна

Якість, ступень шкідливості і небезпечності харчових продуктів обумовлюють не лише здоров'я населення, а й генетичний фонд держави, рівень розвитку науки, промисловості. Пріоритетним завданням сучасної науки і практики є обмеження потрапляння шкідливих речовин через харчові продукти до організму людини і висвітлення цієї проблеми у інформативному просторі. Метою наших досліджень було висвітлити актуальні проблеми якості і безпечності харчових продуктів в контексті забезпечення продовольчої безпеки в Україні за результатами аналізу публікацій науковців. Встановили, що стан екологічної ситуації в Україні значно погіршився і масштаби забруднення довкілля важкими металами, радіонуклідами та іншими шкідливими речовинами за останнє десятиліття збільшилися у декілька разів і за прогнозами продовжуватимуть зростати. Найбільш «сприятливим» до накопичення важких металів є корми сільсько-господарських тварин і молоко. Силосно-коренеплодний тип годівлі і додавання мінерально-вітамінних преміксів значно зменшує перехід Свинця і Кадмію. Вміст важких металів у молочних продуктах у 1,5 рази є нижчим, ніж в молоці-сировині, що свідчить про вплив технологічної операції на їх перерозподіл. З досліджених 2587 зразків риби і рибних продуктів при експортно-імпорتنих операціях України перевищення за вмістом ртуті було у 0,12 % проб. Вміст ртуті в м'язах тунця був на рівні 0,356–1,889 мг/кг, що перевищувало МДР в 1,8 разів. Вміст ртуті у м'язах прісноводних риб був у межах 0,006–0,315 мг/кг, що вимагає посилення моніторингу на вміст ртуті в рибі, враховуючи її згубний вплив на здоров'я населення та її значення як індикатора забруднення екосистеми. Питома активність за вмістом ¹³⁷Cs грибів і ягід лісового походження, м'яса диких тварин та продуктів власного виробництва в Поліському регіоні в більшості випадків значно перевищує ДР-2006, що формує великі дози внутрішнього опромінення і негативно впливає на стан здоров'я населення. Проведені в 14 областях України дослідження встановили перевищення за вмістом нітратів в 9. Найкритичніша ситуація в сільських населених пунктах Херсонської області, де перевищення середнього вмісту нітратів становили майже 14 ГДН в господарствах з традиційним веденням та майже 7 ГДН – у населених пунктах з органічним сільським господарством. Численні наукові дослідження щодо санітарної якості тваринницької продукції під час виробництва та обігу вимагають розроблення і організації системи оцінки мікробіологічних ризиків.

Ключові слова: якість, безпечність, харчові продукти, токсичні елементи, радіонукліди, санітарна якість, нітрити, нітрати, важкі метали.

Бібліографічний опис для цитування: Котелевич В. А., Гуральська С. В., Гончаренко В. В. Актуальні проблеми якості та безпечності харчових продуктів в контексті забезпечення продовольчої безпеки в Україні. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 72–80.

Їжа – це багатокomпонентний фактор навколишнього середовища, що містить понад 600 речовин, необхідних для нормального фізіологічного стану організму людини. Кожна з цих речовин посідає чільне місце в складному гармонійному механізмі біохімічних процесів і сприяє належному фізичному розвитку людини [18, 33, 73].

Матеріали наукових публікацій свідчать про те, що проблема забезпечення населення якісними і безпечними харчовими продуктами є однією з першочергових для усіх країн. 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 [51, 73].

Поживні речовини харчових продуктів, перетворюючись у процесі метаболізму в структурні елементи клітин людського організму, забезпечують фізичну і розумову працездатність, визначають здоров'я і тривалість життя людини.

Дослідження науковців свідчать про те, що сьогодні, як ніколи, людина стає екологічно залежною від середовища свого існування – природного і соціального, а її здоров'я дедалі більше потерпає від природних і антропогенних чинників [5, 6, 8, 12, 15].

Якість харчування населення – це глобальна проблема, вирішення якої потребує консолідації зусиль на світовому, національному та регіональному рівнях.

Від якості, ступеня шкідливості і небезпечності харчових продуктів залежить не лише здоров'я населення, а й генетичний фонд держави, рівень розвитку науки, промисловості. Як наголошують вчені, за життя сучасного покоління продовольча проблема може перерости у глибоку міжнародну кризу і світова спільнота занепокоєна питанням глобальної продовольчої безпеки [15-17, 20, 35-37].

На думку учених, «продукти харчування найбільшою мірою забруднені радіонуклідами, важкими металами, детергентами (мийними засобами), антиоксидантами, консервантами, пестицидами, нітратами і нітритами, мікотоксинами, антимікробними речовинами і заспокійливими препаратами, регуляторами росту та іншими шкідливими речовинами, що вкрай негативно позначається на здоров'ї людини» [7, 14, 20, 26]. Основні ланки циркуляції токсичних речовин – атмосфера, ґрунт, водойми, рослини, тварини. Понад 70% забруднювачів надходить в організм людини з продуктами харчування [56, 62, 63].

Отже, пріоритетним завданням сучасної науки і практики є обмеження потрапляння шкідливих речовин через харчові продукти до організму людини і висвітлення цієї проблеми у інформативному просторі. Однак, як наголошує Назар Б. Н., дослідження у вивченні безпечності тваринницької продукції у зв'язку з екологічними змінами в навколишньому середовищі є недостатніми [26, 31, 34, 37, 39].

Інтенсифікація виробництва та забруднення навколишнього середовища, наявність ГМО, пестицидів та інших забруднювачів у кормах для тварин, застосу-

вання антибіотиків, стимуляторів росту, використання барвників, консервантів, підсилювачів смаку при переробці продукції призводять до серйозних негативних наслідків у споживачів.

Одним з найнебезпечніших для здоров'я населення і тварин є забруднення природного середовища важкими металами, які по ланцюгу: рослини – тварини – харчові продукти надходять до організму людини. Найбільш шкідливими є Свинець, Кадмій, Ртуть, Миш'як та Цинк [39, 41, 42, 44, 45].

Потрапляючи до організму людини з харчовими продуктами, вони можуть спричинити канцерогенну, мутагенну та ембріотоксичну дію.

Аналіз екологічної ситуації, проведений вітчизняними і закордонними ученими, вказує на те, що масштаби забруднення довкілля важкими металами за останнє десятиліття збільшилось у декілька разів і за прогнозами продовжуватимуть зростати [31, 39, 50, 57, 65, 66, 71, 74].

Джерелами їх накопичення в навколишньому середовищі є вихлопні гази автомобілів, відходи промислових підприємств (цементних, металургійних, гальванічне, скляне, нафтове), однак одним із основних є внесення мінеральних і органічних добрив, особливо суперфосфату, куди Кадмій входить як домішка, та використання фунгіцидів і відходів тваринницьких ферм [39, 44, 45, 68].

Негативні зміни в агроєкосистемах спричинені порушенням норм і вимог щодо внесення мінеральних добрив, пестицидів; надмірне їх застосування, призвели до кумуляції важких металів, поставили під загрозу забруднення кормів для тварин і, як наслідок, тваринницької продукції [47, 52, 72].

Потрапляючи у ґрунт, важкі метали можуть накопичуватися у великих концентраціях. Встановлено, що 23 % зерна пшениці урожаю 2018 року з Дніпропетровської області мало перевищення за вмістом Кадмію [65].

За даними Лопатюк О. В., майже все зерно пшениці, отримане в північних районах Житомирської області, не відповідає встановленим нормам за вмістом важких металів для виготовлення харчових продуктів і може використовуватися лише на корм тваринам, що пов'язано з внесенням великих доз органічних і мінеральних добрив [45].

Моніторингові дослідження соняшнику і продуктів його переробки з різних регіонів України за 2018–2021 роки встановили накопичення Кадмію у насінні та халві в концентраціях значно вищих за ГДК, що становить загрозу для споживачів такої продукції [67].

Важкі метали надходять до організму через дихальні шляхи, питну воду, але переважно через харчові продукти. Небезпечне споживання продуктів із підвищеним вмістом важких металів характеризується здатністю їх до кумуляції, що спричиняє порушення біохімічних, фізіологічних, цитологічних процесів, інтоксикацій, загального порушення стану та відтворювальної здатності живих організмів. Свинець може спричинювати артеріальну гіпертензію, дефекти при розвитку організму, неврологічні порушення, анемію [22]. Як токсикант Свинець має

гемолітичну, нейролітичну, гепатотоксичну та нефротоксичну дію. На обмін свинцю впливають елементи, що мають схожі фізико-хімічні властивості, наприклад, кальцій та залізо.

Тривалий токсичний вплив важких металів спричиняє ураження травного каналу, серцево-судинні, ендокринні, репродуктивні, нервові, імунні порушення, а також тератогенну і мутагенну дію у віддалений період [22, 62, 63, 72, 74]. Вони здатні накопичуватися у кістках і замінювати корисні мінеральні елементи – Кальцій, Магній та інші. Свинець може спричинити артеріальну гіпертензію, неврологічні порушення, дефекти при розвитку організму, анемію [52]. На обмін Свинцю впливають елементи, що мають схожі фізико-хімічні властивості, наприклад залізо і кальцій [13, 19].

Як відомо, важкі метали здатні накопичуватися на всіх рівнях екологічної піраміди, але особливо гострою є проблема накопичення їх в кормах сільськогосподарських тварин [10, 11, 47]. Перехід кадмію та свинцю в рослини, які потім використовують на корм коровам, здатний ускладнювати виробництво безпечного молока-сировини та молочних продуктів [47]. Тому питанню моніторингових досліджень щодо вмісту важких металів у доквіллі, кормах, кормових добавках, воді, продукції рослинного і тваринного походження присвячено наукові дослідження багатьох учених [11, 19, 23, 26, 31].

Молоко і молочні продукти є невід'ємною складовою щоденного збалансованого харчування людини. Однак, у разі забруднення цих продуктів токсичними речовинами вони можуть становити загрозу здоров'ю населення.

Встановлено, що молоко є найбільш «сприятливим» до накопичення важких металів. За результатами досліджень Кручиненко О. В., Михайлютенко С. М., Клименко О. В. зразків молока-сировини, відібраних в особистих селянських господарствах Полтавського району (центральна частина України) визначено, що у молоці селян Диканської територіальної громади вміст Cu був на рівні $0,05 \pm 0,01$, тоді як зразках з Полтавської ТГ цей показник був вірогідно вищий – $0,08 \pm 0,01$ мг/кг ($P < 0,05$). Концентрація важких металів у всіх досліджених авторами зразках за рівнем була в такому порядку: $Zn > Pb > Cu > As > Cd > Hg$ [41].

Дослідження молока-сировини і молочних продуктів на базі ПрАТ Галичина Львівської області та Чаплинського маслосирзаводу Херсонської області на вміст важких металів встановили, що концентрація важких металів у молочних продуктах була у 1,5 рази нижчою, ніж в молоці-сировині, що свідчить про вплив технологічної операції на їх перерозподіл. Найменша кількість цих шкідливих речовин переходить у масло [44].

За результатами досліджень зразків молока-сировини, проведеними Щербаквою Н. С., Максимовою Ю. Ю. встановлено, що вміст Кадмію і Свинцю у досліджуваних пробах значно перевищував нормативні вимоги і воно є небезпечним для споживача [65].

У продуктах забою і молоці тварин, що утримувалися в промислово розвинутих регіонах,

вміст Кадмію і Свинцю в декілька разів перевищував цей показник у порівнянні з цими продуктами від тварин з екологічно-чистих районів [11, 52].

Запобігання шкідливому впливу важких металів на здоров'я населення повинно ґрунтуватися на зменшенні накопичення їх у навколишньому середовищі та контролю «від лану – до столу» сировини і харчових продуктів [44, 47, 68].

Враховуючи широкий спектр токсичної і біологічної дії важких металів, що спричиняють зниження продуктивності і стану здоров'я корів, погіршують якість та екологічну безпечність молока, важливе значення має удосконалення раціонів годівлі тварин. Встановлено, що для зменшення забруднення молока Свинцем і Кадмієм більш доцільним є використання раціонів силосно-коренеплідного типу, який забезпечує менший перехід цих речовин в молоко. А додавання тваринам мінерально-вітамінних преміксів додатково зменшує міграцію важких металів в молоко в 2,0–2,5 рази [47].

Високі концентрації важких металів з перевищенням ГДР за вмістом Свинцю, Кадмію, Нікелю, Заліза встановлені у продуктах бджільництва (мед, перга). Це пояснюється тим, що в даному регіоні є цементний завод і пасіка розміщена близько автомагістралі. Автори наголошують, що проблема попередження потрапляння небезпечних сполук у продукти бджільництва є вкрай актуальною [23].

Вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Ніколю, Плюмбуму та Кадмію в натуральних поліфлорних медах, отриманих на пасіках в передгірній та лісо-степовій зонах Західної України значно вищий, ніж в гірській [31].

За результатами досліджень на базі ДНДІ з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи впродовж 2019–2022 років встановлено, що з досліджених 2587 зразків риби і рибних продуктів при експортно-імпорتنих операціях України перевищення за вмістом ртуті було у 0,12 % проб. Вміст ртуті в м'язах тунця був на рівні 0,356–1,889 мг/кг, що перевищувало МДР в 1,8 разів. Вміст ртуті у м'язах прісноводних риб був у межах 0,006–0,315 мг/кг, що значно менше, ніж середня концентрація у м'ясі морської риби. Автори зазначають, що наведені результати досліджень свідчать про необхідність постійного моніторингу риби і рибних продуктів як з-за кордону, так і власного виробництва на вміст ртуті, враховуючи її згубний вплив на здоров'я населення та її значення як індикатору забруднення екосистеми [67].

Результати досліджень грибів, зібраних в умовах лісового господарства смт Таврів, Вінницького району з територій Лісостепу Правобережного України встановлено перевищення ГДК за вмістом Свинця, Кадмію та Цинку у сухих білих грибах відповідно в 4,2, 32,1 і 2,8 разів. У маслоках маринованих перевищення за вмістом Свинця та Кадмію були відповідно у 1,4 і 10,8 разів. У маринованих рижиках справжніх перевищення встановлені лише за вмістом Цинку в 3,4 разів. В маринованих опеньках справжніх перевищення ГДК встановили за вмістом Кадмію в 1,5 разів [13].

Інтенсивне використання мінеральних та органічних добрив спричиняє забруднення ґрунту, води і сільськогосподарської продукції нітратами [17, 46, 54]. Головними джерелами надходження нітратів до організму людини є овочі (70,0 %) та інша продовольча сировина, а також питна вода із місцевих свердловин та колодязів [12, 13, 55].

Підвищений вміст нітратів становить небезпеку для здоров'я людей, особливо дітей через особливості метаболізму та специфіку споживання харчових продуктів. Зокрема, це призводить до збільшення захворюваності. Кількість дітей, що часто хворіють збільшується в 4 рази та у 3 рази – з алергічними проявами [14, 17].

При споживанні питної води з підвищеним вмістом нітратів встановлено дисбаланс лімфоцитів та їх функцій; у дітей частіше виникали хвороби шкіри та підшкірної клітковини – у 6 разів, гострі респіраторні захворювання – у 3,8 разів, пневмонії – у 3,5 разів [14, 17, 49].

Дослідженнями вчених доведено, що навіть якщо вміст нітратів у воді менше ГДН, підвищується ризик до виникнення пухлин; у субтоксичних дозах – ризик виникнення метгемоглобії, а у великих дозах – гострих отруєнь

Проведені в 14 областях України дослідження встановили перевищення за вмістом нітратів в 9 ГДН. Найкритичніша ситуація в сільських населених пунктах Херсонської області, де перевищення середнього вмісту нітратів становили майже 14 ГДН в господарствах з традиційним веденням та майже 7 ГДН – у населених пунктах з органічним сільським господарством [12].

80,0 % шкідливих для здоров'я нітратів, як зазначають вчені, до організму людини надходить з харчовими продуктами, переважно рослинного походження [54]. За даними цих авторів, перевищення ГДН в Херсонській області відповідно становили в цибулі ріпчастій 26,67 % проб, деяких зразках груш – 20,0 %. Найбільш небезпечними є ранні овочі, які вирощені в закритому ґрунті. Концентрація нітратів в них в 2–3 рази вища, ніж тих, що вирощені у відкритому ґрунті. Протягом усього досліджуваного періоду в торгівельну мережу м. Херсона надходила продукція, що не відповідає санітарним нормам.

За результатами досліджень науковців встановлено, що вміст нітрат-іонів перевищував гранично-допустимі норми (ГДН) у редисі в 2,5 разів, у полуниці – в 2,0 рази. Доведено, що 70,0 % нітратів надходить з овочами і 5,0–10,0 % – із фруктами.

За результатами досліджень овочевої продукції на вміст нітратів Лопатюк О. В. у потерпілих внаслідок аварії на ЧАЕС районах Житомирської області встановлено, що лише у зразках картоплі та буряків їх концентрація була нижче ГДК, а найвищі перевищення були у капусті білокачанній свіжій зі всіх районів. Такі значні концентрації обумовлені внесенням під капусту високої кількості азотних добрив [45].

Необхідно наголосити, що Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) встановила допустиму дозу

нітратів – 5 мг/кг ваги людини, але в Україні ці норми менш жорсткі, ніж в Європі [55].

Нітрати характеризуються досить широким спектром токсичної дії на організм людини, яка полягає у гіпоксії (киснєве голодування тканин внаслідок порушення транспорту кисню та пригнічення активності ферментних систем, які приймають участь у тканинному диханні), відбувається порушення окисного фосфорилування, результатом є високий рівень метгемоглобіну та ціаноз [13].

Особливо чутливими до токсичної дії нітратів є діти, люди похилого віку та вагітні. Ці сполуки проникають через плацентарний бар'єр і як наслідок у новонародженої дитини в крові збільшено вміст метгемоглобіну (гемічна гіпоксія), збільшена концентрація білірубину і яскраво виражена «жовтяниця» [17].

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, 16, 33–37, 48, 54, 58, 59].

Захворюваність населення на 50,0 % обумовлюється харчовими продуктами, що отримані на забруднених небезпечними речовинами територіях [6, 9, 36, 37]. Отже, проблема щодо якості і безпечності харчових продуктів, що споживає населення України, є актуальною і потребує подальших наукових досліджень.

За результатами аналізу результатів досліджень державних лабораторій Держпродспоживслужби України щодо вмісту радіонуклідів цезію-137 і стронцію-90 в харчових продуктах впродовж 2013–2019 років встановлено, що найбільшу частку проб з перевищенням ДР-2006 становили лісові гриби (62 %). Основна роль у дозоутворенні належить ¹³⁷Cs, тоді як ⁹⁰Sr було виявлено лише у 4 зразках. У вказаний термін було виявлено у зразках свіжих грибів та ягід максимальне перевищення у 31 разів, в сушених – у 26 разів. У Чернігівській і Рівненській областях максимальні перевищення ДР-2006 у свіжих грибах та ягодах відповідно були у 20 та 9 разів. В Закарпатській області найвища питома активність у зразках сушених грибів перевищувала допустимі рівні (2500 Бк/кг) у 13 разів, в Чернігівській і Рівненській відповідно – у 11 та 10 разів, Продукти лісового походження є основним джерелом радіонуклідів та внутрішнього опромінення населення [48].

Попри те, що з моменту аварії на ЧАЕС минуло 36 років, однак фахівці Держпродспоживслужби Житомирської області до сьогодні виявляють високі рівні забруднення радіонуклідами харчових продуктів, переважно це дари лісу (гриби, ягоди, дичина). Збільшення обсягів заготівлі і споживання харчових продуктів лісового походження і продаж їх за межами забруднених територій є фактором у формуванні дози внутрішнього опромінення населення, адже ситуація в лісах залишається критичною [37].

Аналіз результатів досліджень харчових продуктів лісового походження мешканців населених пунктів Овруцького району встановив, що вміст ^{137}CS у сухих білих грибах становив 2058–12870 Бк/кг (при ДР 2500 Бк/кг). Найвища концентрація була встановлена у зразках сухих грибів відібраних у с. Рудня та с. Виступовичі Овруцького району і становила відповідно 8026 Бк/кг та 12870 Бк/кг, що перевищує ДР-2006 у 3,2 і 5,1 раза. Рівень забруднення лісових ягід за вмістом ^{137}CS перевищував допустимий на 13–124 %. Автор наголошує, що проведені ним дослідження продуктів харчування лісового походження в північних районах Житомирської області встановили, що майже всі вони перевищують ДР-2006 за вмістом ^{137}CS , що формує великі дози внутрішнього опромінення населення [45].

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 довго-живучими 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].

Встановлено, що основною причиною прискореної міграції ^{137}Cs харчовими ланцюгами в північних районах Рівненської області є кисла реакція ґрунтів Полісся та низький вміст у них слюдистих мінералів, що здатні фіксувати радіонукліди. І тому рівень забруднення радіонуклідами продуктів харчування залишається надмірним. Доведено, що основним джерелом цих шкідливих речовин для населення на сьогодні є «дари лісу» (гриби та ягоди) і молоко приватного сектору, вміст радіонуклідів в яких значно перевищує ГДР-2006 [16].

Полтавченко Т. В. зі співавторами зазначають, що практично у всіх видах продукції і кормах, риби, м'яси свійських та диких тварин, молоці коров'ячому незбираному, свіжих і сухих лісових грибах та ягодах, а також кормах для продуктивних тварин з потерпілих внаслідок аварії на ЧАЕС районів Рівненської області були визначені значні перевищення ДР-2006 [53].

Ґрунти агроландшафтів є основним об'єктом, де сконцентрувався цезій-137, який інтенсивно включається у біогенну міграцію трофічними ланцюгами і з ґрунту накопичується в продукції рослинного і тваринного походження та у організмі людини. Найбільш забрудненими в Житомирській області є ґрунти присадибних ділянок у с. Виступовичі та с. Рудня Овруцького району (відповідно 454,0 та 280,5 кБк/ м²), с. Христинівка та с. Селець Народицького району (відповідно 401,8 та 288,2 кБк/ м²). Критичними продуктами для споживання щодо вмісту ^{137}Cs в цих населених пунктах були квасоля та морква і буряки столові [45].

Як зазначають вчені, питома активність за вмістом ^{137}Cs грибів і ягід лісового походження, м'яса диких тварин та продуктів власного виробництва в

Поліському регіоні в більшості випадків значно перевищує ДР-2006, що формує великі дози внутрішнього опромінення і негативно впливає на стан здоров'я населення [10, 33–37, 48, 56, 57]. За результатами досліджень харчових продуктів тваринного походження в критичних пунктах північних районів Житомирської області встановлено, що концентрація радіонуклідів в зразках молока від корів с. Селець Народицького району та с. Виступовичі Овруцького району відповідно становила 159,4 Бк/кг та 145,0 Бк/кг, що перевищує ДР-2006 майже у 1,5 раза [45].

Відповідно до сучасних вимог щодо безпечності та якості харчових продуктів необхідно постійно контролювати мікробну контамінацію сирих і готових харчових продуктів. Щороку в Україні реєструються харчові захворювання мікробного походження. Встановлено, що сирі продукти тваринного походження бувають контаміновані небезпечною для споживача мікрофлорою [1–4, 8, 24, 25, 27]. Саме тому, найважливішим критерієм при оцінці санітарного стану виробленої продукції є мікробіологічні показники, особливо визначення патогенної мікрофлори, зокрема сальмонел, які розмножуючись можуть викликати харчові захворювання [28–30, 32].

За результатами бактеріологічних досліджень зразків м'яса, риби, ковбас, копченостей, які реалізуються на продовольчих ринках м. Полтава встановлено, що значна кількість їх не відповідає ветеринарно-санітарним вимогам і може бути джерелом харчових токсикоінфекцій, токсикозів та інших харчових захворювань. Бактеріями групи кишкової палички (БГКП) було забруднено: 43 % зразків морської та 39 % річної риби, 25 % ковбас, 24 % свинини і 16 % яловичини. Сальмонели було виділено у 25 % проб свинини, 20 % яловичини, 15 % ковбас, 10 % річної риби і 8 % морської риби, 7 % копченостей. Контамінація зразків протеєм становила: 25 % свинини, 20 % яловичини і ковбас, 15 % копченостей, 11 % річної та 95 % морської риби. Крім того, зі зразків свинини було виділено *S. cholerae suis*, *S. enteritidis*, *S. typhi murium*, а з проб яловичини *S. paratyphi B*, *S. enteritidis*, *S. typhi murium* та протей, які можуть викликати харчові токсикоінфекції. Загальне бактеріальне обсіменіння, забрудненість бактеріями групи кишкової палички, сальмонелами і протеєм свинини була на 5–10 % вища, ніж яловичини [52].

На агропродовольчі ринки Березівського, Кілійського і Саратського районів Одеської області надходили туші свиней різного ступеня свіжості, зокрема 10,37 % сумнівної свіжості. МАФАНМ перевищувала нормативні вимоги у 21,43 % туш свіжих і 64,29 % – сумнівної свіжості. БГКП і сальмонели виділено з 14,29 % (свіжі туші) та 57,14 % і 35,71 % (сумнівної свіжості). За результатами досліджень на токсичність на тест-культури *Colpoda steinii* встановлено, що токсичність була притаманна 21,43 % туш свіжих і 71,43 % туш сумнівної свіжості [24].

У навколишньому середовищі постійно присутні спори плісняви, особливо мікроскопічні гриби з роду *Penicillium*, *Aspergillus* та *Gladosporium*, які в контакті

з іншими бактеріями можуть викликати харчові токсикоінфекції.

Основним шляхом інфікування м'яса є ендогенний. Одним з головних джерел забруднення м'яса у процесі переробки є шкірний покрив тварин. Встановлено, що кількість МАФАНМ залежить від рівня санітарії під час переробки. Зокрема, при відповідному санітарному стані кількість мікроорганізмів на поверхні м'яса становить кілька десятків, тоді як за низького його рівня вона сягає 500 тис. клітин на 1 см^2 .

Дослідженнями Радіонової К. О., Палій А. П. встановлено, що під час забою ВРХ відбувається зростання контамінації яловичих туш. Після зняття шкіри МАФАНМ в середньому становила $(3,1 \pm 0,01) \times 10^3 \text{ КУО/см}^2$. Після нутрування контамінація збільшилась на 58 % і найвищою вона була на внутрішній поверхні черевної і грудної стінки та відповідно становила $(5,68 \pm 0,12) \times 10^3 \text{ КУО/см}^2$ і $(5,71 \pm 0,12) \times 10^3 \text{ КУО/см}^2$. Заключний вологий туалет туш дозволив зменшити МАФАНМ на внутрішній поверхні туш на 26% порівняно з етапом нутрування. Результати досліджень показали, що МАФАНМ після остаточного етапу технологічної обробки перевищує початкову кількість на 16 %. Крім того були виявлені бактерії групи *Enterobacteriaceae*, найвищий рівень яких був на внутрішній поверхні грудної і черевної стінки після нутрування і відповідно становив $(9,58 \pm 0,91) \times 10^2 \text{ КУО/см}^2$ та $(8,41 \pm 0,62) \times 10^2 \text{ КУО/см}^2$. Отримані дані свідчать про потенційну мікробіологічну небезпечність продуктів забою [60].

Дослідження мікробної контамінації туш свиней в процесі забою та первинної переробки встановили, що після знекровлення МАФАНМ, кількість ентеробактерій була вищою у відповідності з допустимими рівнями на 2,2–2,4 Log КУО/см² та на 2,5–2,7 Log КУО/см². Зовнішні та внутрішні поверхні півтуш найбільш були контамінованими мікроорганізмами після нутрування. Наступні технологічні операції зменшили кількість мікроорганізмів до допустимих рівнів [38].

Бактеріологічні дослідження зразків з туш, що надійшли для продажу на агропродовольчий ринок м. Миколаїв, встановили від 18,1 % до 22,2 % яловичих і свинячих туш, забруднених бактеріями групи кишкової палички. Сильна патогенність була притаманна всім виділеним культурам і коливалась в межах 10,0–30,0 %. Найбільш патогенним був серовар O127, дещо менше – O8 і O145, а найменш – O111, O115 і O126 [8].

Мікробіологічні дослідження зразків яловичини, свинини, козлятини, баранини, ягнятини, відібраних в умовах агропродовольчих ринків, встановили найбільшу контамінацію баранині – $4,22 \times 10 \pm 2,62 \text{ КУО/г}$, що перевищувало у 1,3 рази бактеріальне забруднення яловичини і козлятини та у 1,9 разів – зразки свинини. Але цей показник у всіх зразках відповідав нормативним вимогам: у охолодженому м'ясі у відрубках – не більше $1 \times 10^3 \text{ КУО/г}$; а у парному свіжому м'ясі – 10 КУО/г [3].

За результатами досліджень зразків свинини, яка зберігалася в камерах охолодження ринку встановлено, що за температури $+2...+4^\circ\text{C}$ органолептичні

ознаки псування з'являються на 3 добу в 50 % проб, а на 6 і 9 всі зразки м'яса за результатами комплексної ветсанекспертизи були сумнівної свіжості. Автори наголошують, що третя доба зберігання охолодженого м'яса в холодильниках ринку є критичною [40].

Як зазначають Салата В. З., Кухтин М. Д., Семенюк В. І., Перкій Ю. Б., під час зберігання м'яса і м'ясопродуктів під впливом факторів навколишнього середовища в хімічному складі продукту проходять небажані для споживача зміни, найчастіше – за дії ферментів мікроорганізмів. При зберіганні яловичини через 8 днів за температури 0°C загальна кількість мікроорганізмів на поверхні півтуш зростала у 16,6 разів ($P < 0,001$), а кількість мікроорганізмів родини *Enterobacteriaceae* на поверхні півтуш зростала у 87 разів ($P < 0,001$) і відповідала нормативам до $316,22 \text{ КУО/см}^2$ поверхні або до $3162,2 \text{ КУО/см}^3$ змиву. Тоді як зберігання м'яса до 16 днів за температури 0°C призвело до збільшення мікроорганізмів *Enterobacteriaceae* у тисячі разів [61].

Як наголошують науковці, дуже небезпечним харчовим захворюванням є ботулізм – гостре токсикоінфекційне захворювання, яке виникає внаслідок споживання продуктів, що містять *Clostridium botulinum* або його спори чи токсин. Ботулінічний токсин є одним з найсильніших, смертельна доза для людини становить 0,3 мкг. За даними ВООЗ основним джерелом ботулізму є консервовані або ферментовані продукти в домашніх умовах. За результатами аналізу досліджень державних лабораторій ветеринарної медицини впродовж 2014–2018 років ботулізм було виявлено в харчових продуктах в 19 областях України. За 5 років було зареєстровано 645 людей, хворих на ботулізм, з яких померло 46. Найбільша кількість людей захворіла через вживання рибної продукції, м'ясних, овочевих і рибних консервів [69].

Аналіз санітарних показників продуктів птахівництва показав, що найбільш часто в них виявляють бактерії групи кишкових паличок (БГКП), сальмонели, золотистий стафілокок та інші. Важливе значення має загальна контамінація мікроорганізмами (МАФАНМ), яка є основним чинником, що спричиняє псування сирих і готових харчових продуктів [21]. Мікробіологічна безпека харчових продуктів щодо збудників харчових зоонозів (*Campylobacter*, *E. coli*, *Listeria*, *Salmonella*, *Enterococcus*) є актуальною для продукції птахівництва. Важливим аспектом щодо профілактики токсикоінфекцій і токсикозів є посилення санітарного контролю та недопущення перехресної контамінації тушок птиці під час технологічних процесів забою, нутрування та переробки (особливо охолодження) [28, 32, 60].

Як одне з найбільш небезпечних захворювань у птахівництві є сальмонельоз, що спричиняє токсикоінфекції у людей. Джерелами збудника є яйця, хвора птиця та продукти птахівництва. Збудник може бути присутнім в незначній кількості в поєднанні з іншою мікрофлорою, що ускладнює його виділення [43, 64].

Бактеріологічні дослідження змивів з тушок птиці на ділянці патрання встановили зростання МАФАНМ впродовж робочої зміни з $(5,3 \pm 0,03) \times 10^2 \text{ КУО/см}^2$ (на початку) до $(11,3 \pm 0,02) \times 10^2 \text{ КУО/см}^2$ (наприкінці).

Встановлено, що найбільша контамінація м'ясної сировини відбувається в камері охолодження. Крім того, на всіх ділянках первинної переробки м'яса птиці було виявлено БГКП, що свідчить про невідповідність санітарного стану на підприємстві та небезпечність даної продукції для споживача [60].

На думку учених, для забезпечення безпечності тваринницької продукції операторам ринку необхідно контролювати критерії гігієни технологічних процесів за виробництва м'яса забійних тварин за такими показниками: МАФАНМ у тушах ВРХ, овець, кіз і коней перед їх охолодженням повинна відповідно становити $m=3,5 \log \text{ КУО/см}^2$, $M=5,0 \log \text{ КУО/см}^2$, *Enterobacteriaceae* – $m=1,5 \log \text{ КУО/см}^2$, $M=2,5 \log \text{ КУО/см}^2$; в тушах свиней кількість колоній аеробних мікроорганізмів – $m=4,0 \log \text{ КУО/см}^2$, $M=5,0 \log \text{ КУО/см}^2$; *Enterobacteriaceae* – $m=2,0 \log \text{ КУО/см}^2$, $M=3,0 \log \text{ КУО/см}^2$; *Salmonella* у всіх видів м'яса – відсутність у місцях відбору проби для кожної туші. У разі невідповідності цим критеріям необхідно удосконалювати гігієнічні заходи та контроль за технологічним процесом [4].

Отже, під час виробництва та обігу м'яса забійних тварин є нагальна необхідність в розробленні і організації системи оцінки мікробіологічних ризиків, яка дасть можливість гарантувати безпечність харчових продуктів та створити умови для взаємної довіри і цивілізованого ринку. Оцінка мікробіологічного ризику складається з чотирьох моментів: ідентифікація небезпечного фактора, оцінка його впливу, характеристики шкоди (небезпечного фактора), характеристики ризику.

Беручи до уваги наведені результати аналізу публікацій необхідно зазначити, що в епоху зростання кількості загроз і порушень як на внутрішньому, так і на міжнародному ринку харчових продуктів, фахівцям Держпродспоживслужби необхідно значно посилити контроль за їх виробництвом на всьому харчовому ланцюгу: «від лану - до столу». Саме управління ризиками та експертиза харчових продуктів на предмет визначення цих небезпечних речовин і мікробіологічних чинників та недопущення їх до реалізації має вирішальне значення для збереження здоров'я населення.

Висновок

1. Запобігання впливу небезпечних речовин на здоров'я населення та генетичний фонд держави має ґрунтуватися на заходах, що охоплюють всю міграційну ланку: від зменшення накопичення їх в природному середовищі та відповідно в рослинах – тваринах і харчових продуктах.

2. Потужності з виробництва тваринницької продукції мають проводити аналіз небезпечних біологічних чинників, визначити в процесі діяльності будь-які кроки, що є важливими для харчової безпеки; впроваджувати ефективні процедури для дотримання меж, установлених щодо безпечності харчових продуктів, перевіряти процедури моніторингу, щоб гарантувати їх постійну ефективність.

Перспективи подальших досліджень будуть направлені на моніторингові дослідження харчових продуктів з питань якості і безпечності як одного з дійових заходів у вирішенні питань продовольчої безпеки в Україні.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

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

References

1. Bohatko, N. M., Bohatko, L. M., Salata, V. Z., Semaniuk, V. I., Serdiukiv, Ya. E., & Shchurevych, H. P. (2017). Veterynarno-sanitarnyi kontrol bezpechnosti ta yakosti miasnykh produktiv. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 19, 73, 7–10. <https://doi.org/10.15421/nv/vet7302> [in Ukrainian]
2. Bohatko, N. M. (2019). Toksyko-biologichna otsinka miasa zabiinykh tvaryn za umovy obroblennia myno-dezynfikuuiuchymy zasobamy pry vyrobnytstvi ta obihu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 166–175. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.21> [in Ukrainian]
3. Bohatko, N. M., Salata, V. Z., Bohatko, D. L., Shakh, L. V., & Holub, O. Yu. (2013). Identyfikatsiia m'iasa tvaryn za pokaznykamy yakosti ta bezpechnosti. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 15 (1 (55)), 4, 8–12. [in Ukrainian]
4. Bohatko, N. M., Bohatko, L. M., & Dudus, T. V. (2019). Kontrol mikrobiologichnykh kryteriiv u miasii zabiinykh tvaryn. *Osvitno-naukovi aspekty kontroliu infektsiinykh khvorob tvaryn v Ukraini: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kyiv. [in Ukrainian]
5. Boiko, P. K., Kurtiak, B. M., Zinchuk, M. I., Pundiak, T. O., Panashchuk, I. V., Hnasiuk, R. M., Dudkovska, N. V., Tsiss, M. M., & Komovych, L. V. (2017). Kharakterystyka rivniv zabrudnennia dovhoisnuiuchymy radionuklidamy ^{137}Cs i ^{90}Sr kormiv, produktiv tvarynnystva i roslynnystva na terytorii Volynskoi oblasti za period 1991 – 2016 rr. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 19 (78), 13–17. <https://doi.org/10.15421/nvl-vet7803> [in Ukrainian]
6. Bomba, M. Ya., & Ivashkiv, L. Ya. (2012). Bezpeka i yakist produktiv kharchuvannia yak vazhlyva skladova natsionalnoi bezpeky Ukrainy. *Naukovyi visnyk Lvivskoho Derzhavnogo Universytetu Vnutrishnikh Sprav. Seriya: Ekonomichna*, 1, 172–181. [in Ukrainian]
7. Bomba, M. Ya. (2012). Ekologichni aspekty pokrashchennia yakosti produktiv kharchuvannia. *Novitni tendentsii u kharchovykh tekhnologhiakh ta yakist i bezpechnist produktiv: zbirnyk statei IV vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Lviv: LIET. [in Ukrainian]
8. Bomba, P. K., Kurtiak, B. M., Zinchuk, M. I., Pundiak, T. O., Panashchuk, I. V., Hnasiuk, R. M., Dudkovska, N. V., Tsiss, M. M., & Komovych, L. V. (2017). Kharakterystyka rivniv zabrudnennia dovhoisnuiuchymy radionuklidamy ^{137}Cs i ^{90}Sr kormiv, produktiv tvarynnystva i roslynnystva na terytorii Volynskoi oblasti za period 1991–2016 rr. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 19 (78), 13–12. <https://doi.org/10.15421/nvl-vet7803> [in Ukrainian]
9. Brodovskiy, V. A. (2016). Obsimeninnia yalovychyny i svynyny, yaki nadkhodiat v realizatsiiu z prysadybnykh i fermerskykh gospodarstv, bakteriiamy hrupy kyshkovoi palychky. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 18 (1 (65)), 202–207. [in Ukrainian]
10. Butsiak, V. I., & Klymenko, O. M. (2013). Zabrudnennia hruntiv ta kharchovykh produktiv radiotseziiem Chornobylskoho pokhodzhennia. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 15 (55 (4)), 34–29. [in Ukrainian]
11. Butsiak, V. I., & Pechar, N. P. (2007). Biotekhnologichni aspekty vyrobnystva ta pererobky moloka za umov tekhnolohichno navantazhennia. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 9 (2 (33)), 2, 7–12. [in Ukrainian]
12. Valerko, R. A., & Herasymchuk, L. O. (2019). Orhanichne silske gospodarstvo yak faktor vplyvu na vmist nitrativ u pytnii vodi dzherel net-sentralizovanoho vodopostachannia silskykh naselennykh punktiv. *Ekologichni Nauky*, 3 (30), 124–133. <https://doi.org/10.32846/2306->

13. Vradiy, O., & Mishchenko, B. (2018). Monitoring the pollution of edible mushrooms by heavy metals in the conditions of right-bank forest-steppe of Ukraine. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 1, 96–99. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2018-1-96-99>
14. Vplyv nitrativ na orhanizm liudyny. Retrieved from: <https://dpssc.gov.ua/pres-tsentr/novyny/1115/vplyv-nitrativ-na-orhanizm-liudyny.html> [in Ukrainian]
15. Humennyi, V. D., & Muzyka, P. M. (2014). Stan prodovolchoi bezpeky naselennia Ukrainy na pochatku tysiacholittia. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 16 (1 (58)), 134–149. [in Ukrainian]
16. Hushchuk, V. I., Sachuk, R. M., Katiukha, S. M., & Hushchuk, I. V. (2016). Otsinka radioaktyvnoho zabrudnennia produktiv kharchuvannia roslynnoho ta tvarynnoho pokhodzhennia v pivnichnykh raionakh Rivnenskoj oblasti. *Veterynarna Biotehnologhiia*, 28, 62–68. [in Ukrainian]
17. Hrebiak, M. P., & Fedorchenko, R. A. (2016). Toksykologohihiienichna otsinka nitratoho navantazhennia produktamy kharchuvannia na orhanizm ditei. *Problemy Kharchuvannia*, 2, 48–54. [in Ukrainian]
18. Hryhorenko, O. M. (2011). Evoliutsiia teorii ta kontseptsii kharchuvannia liudyny. *Visnyk Donetskoho Natsionalnoho Universytetu Ekonomiky i Torhivli im. M. Tuhana-Baranovskoho*, 1 (49), 205–217. [in Ukrainian]
19. Hrynova, Ya. & Kryshtop, Ye. (2021). Problemy zabrudnennia navkolyshnoho seredovyscha vazhkymy metalamy ta shliakhy yikh podolannia. *Inzheneriia Pryrodokorystuvannia*, 1 (19), 111–119. [in Ukrainian]
20. Hudkov, I. M. (2021). Uroky Chornobylia ta suchasni problemy radiobiologii. *Chornobylska katastrofa. Aktualni problemy, napriamky ta shliakhy yikh vyrishennia*: zbirnyk prats uchasnykiv miznarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsiia (22–23 kvitnia 2021 r). Zhytomyr: Poliskiy natsionalnyi universytet. [in Ukrainian]
21. Dvorska, Yu. Ye. (2011). Vyznachennia rinvnia sanitarno-pokazovykh mikroorhanizmiv v produktakh ptakhivnystva za dopomohoyu test-pidkladok serii RIDARKAUNT. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 13 (4 (50)), 221–224. [in Ukrainian]
22. Dmukhalska, Ye. B., & Korda, M. M. (2022). Vikovi osoblyvosti zmin pokaznykiv endohennoi intoksykatsii i stan membran za dii vazhkykh metaliv ta hlifosatu. *Medychna ta Klinichna Khimiia*, 4, 22–29. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681x.2021.i4.12729> [in Ukrainian]
23. Dubin, O. M., & Vasylenko, O. V. (2017). Otsinka yakosti produktiv bdzhilnystva v suchasnykh ekolohichnykh umovakh Cherkaskoi oblasti. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, 4, 12–17. [in Ukrainian]
24. Zhekov, V. V., Malairu, D. V., & Trokolich, O. S. (2017). Otsinka pokaznykiv bezpechnosti svynyny, yaka nadkhodyt dlia realizatsii na akhorprodovolchi rynku. *Suchasni problemy veterynarnoi medytsyny z pytan infektsiinoi patologii ta patomorfolohii tvaryn: materialy vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet konferentsii*, (18–19 travnia 2017 roku). Poltava [in Ukrainian]
25. Zahrebelnyi, V. O., Yakubchak, O. M., & Taran, T. V. (2012). Vyvchennia bezpechnosti miasa za mikrobiolohichnymi pokaznykamy. *Naukovi Dopovidi Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 6 (35), 8–12. [in Ukrainian]
26. Zasiiekin, D. A. (2000). Detoksykatsiia nadlyshku vazhkykh metaliv v orhanizmi tvaryn – zaporuka zberezhenia zdorov'ia ta oderzhannia ekolohichno chystoi produktii. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu*, 28, 258–269. [in Ukrainian]
27. Yevstafieva, V. O., Melnychuk, V. V., Kruchynenko, O. V., Mykhailiutenko, S. M., Korchan, L. M., & Kovalenko, V. O. (2018). Monitorynhovi doslidzhennia shchodo yakosti ta bezpechnosti miasa tvaryn na terytorii Poltavskoi oblasti. *Visnyk Poltavkoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 3, 132–136. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.20> [in Ukrainian]
28. Yefimova, O. M., & Kasianchuk, V. V. (2013). Analiz mikrobiolohichnoi bezpechnosti natsionalnoi produktii tvarynnoho pokhodzhennia, pryznachenoj eksportu. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 1, 30–34. [in Ukrainian]
29. Kit, A. A., Mykhailiutenko, S. M., Kruchynenko, O. V., Yevstafieva, V. O. & Melnychuk, V. V. (2018). Deiakii pokaznyky yakosti ta bezpechnosti miasa ta miasoproduktiv. *Visnyk Poltavkoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 158–162. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.24> [in Ukrainian]
30. Kit, A. A., Mykhailiutenko, S. M., Kruchynenko, O. V., Yevstafieva, V. O., & Melnychuk, V. V. (2020). Mikrobiolohichni pokaznyky miasoproduktiv ta miasa pid chas yarmarkovykh zakhodiv u m. Kyievi. *Visnyk Poltavkoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 187–193. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.19> [in Ukrainian]
31. Klym, O. Ya. (2020). Intensyvniat nahromadzhennia vazhkykh metaliv i zhymnykh kyslot u tkanyakh ta produktii bdzhil v umovakh Zakhodu Ukrainy. *Extended abstract of candidate's thesis*. Lvivskiy natsionalnyi ahrarniy universyt, Lviv [in Ukrainian]
32. Kotelevych, V. A., & Burkivska, D. A. (2014). Porivnialnyi analiz yakosti ta bezpeky produktiv zaboiu pytysi, vyroshchenoi v pryvatnomu hospodarstvi ta na kompleksi «Ahrmaks». *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 2 (216), 26–28. [in Ukrainian]
33. Kotelevych, V. A. (2019). Aktualni problemy yakosti ta bezpechnosti kharchovykh produktiv v konteksti zabezpechennia prodovolchoi bezpeky v Zhytomyrskomu rehioni. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. S. Z. Gzhytskoho. Seria: Veterynarni nauky*, 21 (93), 155–159. [in Ukrainian]
34. Kotelevych, V. A. (2017). Veterynarno-sanitarna otsinka yakosti i bezpechnosti kharchovykh produktiv u Zhytomyrskomu rehioni. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 19 (78), 58–61. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7812> [in Ukrainian]
35. Kotelevych, V., Volkivskiy, I., Pinskyi, 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>
36. Kotelevych, V. (2019). Actual problems of food safety for the population living in the contaminated areas due to the Chernobyl disaster in the context of food security. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21 (95), 156–160. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9529>
37. Kotelevych, V. A., & Pinskyi, O. V. (2022). Suchasnyi stan bezpechnosti kharchovykh produktiv shchodo vmistu ¹³⁷Cs porivniano z 2010 rokom. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 4, 208–220. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.04.29> [in Ukrainian]
38. Kusturov, V., Kasyanchuk, V., & Bergievich, A. (2017). Analysis of microbial contamination of pigs' carcasses during the slaughtering and primary processes. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19 (77), 194–199. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7742>
39. Kukhniuk, O. V. (2020). Doslidzhennia akumulatsii vazhkykh metaliv silskohospodarskoj produktiiu Cherkaskoi oblasti. *Tavriyskiy Naukovyi Visnyk*, 115, 97–102. [in Ukrainian]
40. Kutsak, R. S., & Samoilenko, Yu. V. (2015). Sanitarna otsinka svynyny pid chas zberihannia v umovakh rynku. *Naukovo-tekhnichni biuleten NDTs biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK*, 4, 3, 93–96. [in Ukrainian]
41. Kruchynenko, O., Mykhailiutenko, S., & Klymenko, O. S. (2022). Content of heavy metals in cow milk-raw materials of Poltava district (Ukraine). *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24 (108), 154–158. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10822>
42. Lavryshyn, Yu. Yu., & Hutiy, B. V. (2020). Imunnyi status orhanizmu buhatsiv za umovy eksperymentalnoho khronichnoho kadmiyovoho toksykozu. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*, 2, 244–251. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.31> [in Ukrainian]
43. Laptiev, Yu. O., & Yablonskiy, P. M. (2012). Biobezpeka ta zakhyst pytysi vid salmonelozu. *Tvarynnystvo Sohodni*, 6, 60–61. [in Ukrainian]
44. Lesyk, M. V., Fedoruk, R. S., & Tesaryk, O. Y. (2012). Vmist vazhkykh metaliv i radionuklidiv u molotsi ta molochnykh produktakh, vyhotovlenykh u zakhidnomu ta pvidennomu rehionakh Ukrainy. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 11 (2 ((52)) 3), 97–99. [in Ukrainian]
45. Lopatiuk, O. V. (2020). Otsinka ekolohichnykh ta sotsialno-ekonomichnykh umov prozhyvannia silskoho naselennia Polissia Ukrainy u vidalenyi period pislia avarii na ChAES. *Extended abstract of candidate's thesis*. Poliskiy natsionalnyi universytet, Zhytomyr [in Ukrainian]
46. Lototska, O. V., & Prokopov, V. O. (2018). Otsinka ryzyku spozhyvannia pitnoyi vody z pidvyshchenym vmistom nitrativ na zdorov'ia naselennia Ternopilskoi oblasti. *DVNZ «Ternopilskiy Derzhavnyi Medychnyi Universytet im. I. Ya. Horbachevskoho MOZ Ukrainy»*, 35, 21–23. [in Ukrainian]
47. Mamenko, O., & Portiannik, S. (2019). Influence of feeding types of cows on the content of heavy metals in milk. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 21(90), 37–48. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9007>
48. Malimon, Z. V., Salata, V. Z., Kochetova, G. S., Prokopenko, T. O., & Gusak, L. M. (2020). Analysis of radiouclide contamination of forestry products on the territory of Ukraine 2013–2019. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 22 (97), 47–51. <https://doi.org/10.32718/nvlvet9709>
49. Mekanizm vplyvu nitrativ na orhanizm liudyny. Retrieved from: <https://consumer-cv.gov.ua/blog/2017/03/07/mechanizm-vplyvu-nitrativ-na-organizm-lyudyny/> [in Ukrainian]

50. Nazar, B. N. (2017). Neobkhdnistn udoskonalennia systemy monitorynhu toksykantiv v Ukraini. *Naukovi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Ghzytskoho. Seriya: Silskohospodarski Nauky*, 19 (82), 141–144. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8229> [in Ukrainian]
51. Paska, M. Z. (2015). Comparative quality assessment of nor, pse and dfd beef. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (75)), 59. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.44496>
52. Paraniak, R. P., Vasylytseva, L. P., & Makukh, X. I. (2007). Shliakhy nahromadzhennia vazhkykh metaliv u dovkilli ta yikh vplyv na zhyvi orhanizmy. *Biologiya Tvaryn*, 9, 1–2, 83–89. [in Ukrainian]
53. Peredera, S. B., Peredera, Zh. O., Shcherbakova, N. S., & Varvariuk, A. Yu. (2017). Bakteriologichni doslidzhennia miasa, ryby i kovbasnykh vyrobiv. *Suchasni problemy veterynarnoi medytsyny z pytan infektsiinoi patolohii ta patomorfolohii tvaryn: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet konferentsii, (18-19 travnia 2017 roku). Poltava* [in Ukrainian]
54. Poltavchenko, T. V., Bohatko, N. M., & Parfeniuk, I. O. (2017). Zabrudnennia radionuklidamy kormiv, produktiv tvarynnoho y roslynnoho pokhodzhennia v Rivnenskyi oblasti. *Naukovi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Ghzytskoho. Seriya: Veterynarni Nauky*, 19, 82, 189–191. [in Ukrainian]
55. Pryimak, V. V., Semeniuk, S. K., & Laska, S. S. (2018). Ekologichna otsinka vmistu nitrativ u roslynni produktii. *Tavriyskyi Naukovi Visnyk*, 101, 220–224. [in Ukrainian]
56. Piven, O. T., Khymych, M. S., Naidich, O. V., Skrypka, H. A., Koroniewa, Z. B., Horobei, O. M., & Rud, V. O. (2020). Continuation of heavy metals and radionuclides in the honey with different production origin. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (2), 405–409.
57. Razanov, S. F., & Tkachuk, O. P. (2017). Intensyvna khimizatsiia zemlerobstva – yak peredumova zabrudnennia zernovoi produktii vazhkykh metalamy. *Tekhnologiya Vyrobnystva i Pererobky Produktii Tvarynnytsva*, 1 (134), 70–75. Retrieved from: <https://europepub.co.uk/articles/-A-611422> [in Ukrainian]
58. 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>
59. 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*, 8 (81), 82–86. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-81-8-82-86>
60. Radionova, K. O., & Pali, A. P. (2017). Kontaminatsiia miasa tvaryn i pytysi ta zasoby yikh znyzhennia. *Kharchova Nauka i Tekhnologiya*, 11, 4, 64–70. <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v11i4.732> [in Ukrainian]
61. Salata, V. Z., Kukhtyn, M. D., Semeniuk, V. I., & Perkii, Yu. B. (2017). Dynamika mikroflory okholodzhenoj i prymorozhenoj yalovychny za yii zberihannia. *Naukovi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Ghzytskoho*, 19 (73), 178–182. [in Ukrainian]
62. Slobodian, S. O., Gutyj, B. V., Darmohray, L. M., & Povochnikov, M. G. (2021). Antioxidant status of the organisms of young bulls in the conditions of lead-cadmium load and effect of correcting factors. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (2), 315–320. <https://doi.org/10.15421/022142>
63. Slobodian, S., Gutyj, B., Shalovylo, S., Holovach, P., Pavliv, O., Kalyn, B., Kurtyak, B., Hachak, Y., Martyshuk, T., Demus, N., & Shnaider, V. (2022). Influence of “Metisevit Plus” feed additive on morphological and biochemical parameters of bull blood under conditions of lead-cadmium loading. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24 (106), 54–61. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10609>
64. Suslova, V. (2005). Profilaktyka salmoneloziv – dotrymannia veterynarno-sanitarnykh vymoh pry zaboju tvaryn, zberezhenni, transportuvanni i pererobtsi produktii. *Veterynarna Medytsyna Ukrainy*, 2, 28–29. [in Ukrainian]
65. Chorna, V. I., Voroshylova, N. V., & Syrovatko, V. O. (2018). Cadmium distribution in soils of Dnipropetrovsk oblast and its accumulation in crop production. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 910–917. https://doi.org/10.15421/2018_293
66. Shuliak, S. V., Chechet, O. M., Haidei, O. S., Dobrozhan, Yu. V., Kobysh, A. I., Bardyk, I. Yu., Krushelnytska, O. V., & Gutyj, B. V. (2022). Monitoring of the content of heavy metals in sunflower seeds and its processing products in Ukraine for 2018–2021. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (107), 17–22. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10703>
67. Shuliak, S. V., Chechet, O. M., Haidei, O. S., Dobrozhan, Yu. V., Kobysh, A. I., Liniichuk, N. V., Krushelnytska, O. V., & Gutyj, B. V. (2022). Analysis of the results of research into the mercury content in fish and seafood during import-export operations in Ukraine for 2019–2021. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 24 (108), 16–20. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10803>
68. Shcherbakova, N. S., & Maksymova, Y. Y. (2019). The influence of toxic elements on organoleptic milk indicators. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 153–158. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.19>
69. Yanenko, I. M., Kosyanchuk, N. I., & Sorokina, N. H. (2019). Botulizm – nebezpechna khvoroba. *Osvitno-naukovi aspekty kontroliu infektsiynykh khvorob tvaryn v Ukraini: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (28 lystopada 2019 roku). Kyiv* [in Ukrainian]
70. Yatsenko, I. V., & Kyrychenko, V. M. (2015). Bacterial indices of broiler chicken slaughter products when ration is enriched by nanomicroelement feed additive «microstimulin» in veterinary and sanitary inspection aspect. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 93–99. <https://doi.org/10.31210/visnyk2015.03.15>
71. Dai, S. Y., Jones, B., Lee, K.-M., Li, W., Post, L., & Herrman, T. J. (2016). Heavy Metal Contamination of Animal Feed in Texas. *Journal of Regulatory Science*, 4 (1), 21–32. <https://doi.org/10.21423/jrs-v04n01p021>
72. Roggeman, S., De Boeck, G., De Cock, H., Blust, R., & Bervoets L. (2014). Accumulation and detoxification of metals and arsenic in tissues of cattle (*Bos taurus*), and the risks for human consumption. *Science of The Total Environment*, 466–467, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.007>
73. Sevi, A., Marino, R., Lorenzo, J. M., Picard, B., & Pereira, A. S. C. (2016). Strategies to Improve Meat Quality and Safety. *The Scientific World Journal*, 2016, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2016/9523621>
74. Wu, Q., Hu, W., Wang, H., Liu, P., Wang, X., & Huang, B. (2021). Spatial distribution, ecological risk and sources of heavy metals in soils from a typical economic development area, Southeastern China. *Science of The Total Environment*, 780, 146557. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146557>

ORCID

- V. Kotelevych  <https://orcid.org/0000-0002-5886-1917>
 S. Huralska  <https://orcid.org/0000-0001-7383-1989>
 V. Honcharenko  <https://orcid.org/0000-0002-2183-8828>



© 2023 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.

Character of abdominal surgery for polycystic kidney in animals and the role of indicators of sonographic examination at different stages of surgical intervention

I. Dekhnych ✉

Article info

Correspondence Author

I. Dekhnych

E-mail:

ihor.dekhnych@ukr.net

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

Citation: Dekhnych, I. (2023). Character of abdominal surgery for polycystic kidney in animals and the role of indicators of sonographic examination at different stages of surgical intervention. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 81–89. doi: 10.31210/spi2023.26.01.13

The article is devoted to the study of the role of sonography at various stages of abdominal surgery for polycystic kidney disease in animals and contains a description of the technique of sonography during surgery. The article examines the peculiarities of animal preparation for surgery, the operation itself, and the postoperative period from the point of view of the use of sonography. All these phases are described in detail in the article, taking into account all the necessary conditions, factors and recommendations. The impact of sonography on reducing the duration of surgery, improving the quality of cyst removal and reducing the risk of complications was analyzed. Based on the works of scientists, it is described that the use of sonography at various stages of surgical intervention for polycystic kidneys can significantly improve the quality of the operation and reduce its time. Special techniques of sonography in abdominal surgery, such as dopplerography, color dopplerography, 3D and 4D sonography, elastography, intraoperative and intraperitoneal sonography, duplex scanning of renal arteries and veins, are considered. Various methods of cyst treatment have been described, including extraction (removal), drainage, resection (partial removal), nephrectomy (complete removal). The types of instruments used to remove cysts are described, including: endograbber, endoclipper, endobur, endoscope, laparoscope. Disadvantages of the use of sonography are considered, which force veterinarians to combine sonography with other diagnostic methods, such as radiography, computer tomography, magnetic resonance imaging, and others, in order to obtain maximum information about the state of the animal's kidneys and determine the optimal treatment plan. The article provides an overview of scientific research on this topic and emphasizes that abdominal surgery for polycystic kidney disease in animals can be performed using different methods depending on the size and number of cysts in the kidneys. The information provided in the article may be useful for veterinarians who treat animals with polycystic kidney disease.

Keywords: abdominal surgery, polycystic kidney disease, sonography, surgical intervention, animals.

Характер абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин та роль показників сонографічного дослідження на різних етапах хірургічного втручання

I. С. Дехнич

Полтавський державний
аграрний університет
м. Полтава, Україна

Стаття присвячена дослідженню ролі сонографії на різних етапах абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин і містить опис методики проведення сонографії під час хірургічного втручання. У статті розглянуто особливості підготовки тварин до операції, проведення самої операції та післяопераційного періоду з точки зору використання сонографії. Усі ці фази детально описані у статті, з урахуванням всіх необхідних умов, факторів та рекомендацій. Проаналізовано вплив сонографії на зменшення тривалості операції, покращення якості видалення кіст та зменшення ризику ускладнень. На основі праць науковців описано, що використання сонографії на різних етапах хірургічного втручання при полікістозі нирок може значно поліпшити якість операції та зменшити час її проведення. Розглянуто спеціальні техніки сонографії при абдомінальній операції, такі як доплерографія, кольорова доплерографія, 3D та 4D сонографія, еластографія, інтраопераційна й інтраперитонеальна сонографія, дуплексне сканування ниркових артерій та вен. Охарактеризовано різні методи лікування кіст, що включають екстракцію (вилучення), дренажування, резекцію (часткове видалення), нефрэктомію (повне видалення). Описано види інструментів завдяки яким здійснюється видалення кіст, серед яких: ендограблер, ендокліппер, ендобур, ендоскоп, лапароскоп. Розглянуто недоліки використання сонографії, які змушують ветеринарних лікарів поєднувати сонографію з іншими діагностичними методами, такими як рентгенографія, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія та інші, для отримання максимальної інформації про стан нирок тварини та визначення оптимального плану лікування. У статті наведено огляд наукових досліджень з цієї теми та наголошується, що абдомінальна операція при полікістозі нирок у тварин може бути проведена з використанням різних методів в залежності від розміру та кількості кіст в нирках. Інформація подана в статті може бути корисною для ветеринарних лікарів, які займаються лікуванням тварин з полікістозом нирок.

Ключові слова: абдомінальна операція, полікістоз нирок, сонографія, хірургічне втручання, тварини.

Бібліографічний опис для цитування: Дехнич I. С. Характер абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин та роль показників сонографічного дослідження на різних етапах хірургічного втручання. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 81–89.

Проблема полікістозу нирок є важливою у галузі ветеринарної медицини, оскільки її поширеність у тварин зростає. Це становить виклик для ветеринарів і вимагає розробки ефективних методів лікування та діагностики. Важливість проблеми полягає в тому, що полікістоз нирок може призвести до розвитку ниркової недостатності та інших серйозних ускладнень [2, 5, 9].

Наукові дослідження на тему полікістозу нирок у тварин проводяться в різних країнах світу. Було виявлено, що сонографія є одним із найбільш ефективних методів діагностики полікістозу нирок, який дозволяє точно визначити розмір, форму та кількість кіст на нирках. Більшість досліджень на тему полікістозу нирок у тварин зосереджена на використанні сонографії для діагностики та моніторингу за станом нирок під час лікування. Деякі з досліджень зосереджуються на аналізі результатів застосування сонографії та її впливу на результати операції, інші дослідження досліджують ефективність мініінвазивних хірургічних методів лікування полікістозу нирок у тварин [11, 8, 9, 11, 28].

Дослідження щодо ефективності застосування сонографії під час абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин показали, що цей метод є надійним та допомагає знизити ризик ускладнень під час операції. Одне з таких нещодавніх досліджень «Long-term follow-up of a juvenile simple renal cyst in a dog treated by laparoscopic deroofing, fulguration, and omentalization» [9] проаналізовано дані 10-місячного собаки, у якого завдяки сонографії було чітко виявлено кісту у нирці. Згодом кісту дренивали під ультразвуковим контролем, який проводився до та під час операції. Дослідження показало, що сонографія допомогла точніше визначити розміри та місцезнаходження кісти на нирці, що сприяло більш точному та ефективному видаленню кісти під час операції. Крім того, виявлено, що сонографія під час операції допомогла визначити наявність додаткових кіст та ускладнень, таких як кровотечі.

Такого ж висновку було досягнуто у дослідженні «Comparison of sonographic and CT findings for the identification of renal nodules in dogs and cats» [32], де було досліджено використання комп'ютерної томографії та сонографії виявленні кіст на нирках у собак та котів із полікістозом нирок. Дослідники зазначили, що сонографія є високочутливим методом виявлення кіст у нирках, який допомагає визначити ступінь поширеності хвороби та вирішити питання щодо доцільності проведення хірургічного втручання.

Інше дослідження, опубліковане «Renal ultrasonographic strain elastography and symmetric dimethylarginine (SDMA) in canine and feline chronic kidney disease» [35] розглядає питання застосування еластографії (є одним із видів сонографії) під час дослідження нирок у тварин. Дослідження показало, що еластографія може бути корисною в оцінці текстури тканин нирок і допомогти в ідентифікації раку нирок.

Інші дослідження зосереджуються на застосуванні 3D та 4D сонографії для визначення форми та розміру кіст на нирках тварин, у тому числі в режимі реального часу. Наприклад, дослідження під назвою «Diagnosis of pathological conditions of kidney

by two-dimensional and three-dimensional ultrasonographic imaging in dogs» [8] досліджувало застосування

3D сонографії для оцінки розміру та форми кіст на нирках у собак з гострим крововиливом у черевну порожнину. Виявилося, що 3D сонографія може бути корисною для оцінки взаємозв'язків кіст з навколишніми органами і структурами.

Інше дослідження «Sonography of the kidney. Comparison with excretory urography» [14] показало можливість застосування сонографії в обстеженні стану нирок та зменшенні рівня інвазивності. У результаті стверджувалося, що «сонографія може бути багатообіцяючим візуалізаційним діагностичним інструментом для оцінки стану нирок».

Дослідження щодо ефективності застосування сонографії під час абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин демонструють, що сонографія є невід'ємною частиною хірургічної практики для пацієнтів з полікістозом нирок.

Абдомінальна операція при полікістозі нирок у тварин може бути проведена з використанням різних методів в залежності від розміру та кількості кіст в нирках та вимагає великої обережності та точності з боку ветеринарного хірурга, оскільки кісти можуть бути дуже тонкостінними та легко розриватися під час операції, що може призвести до ускладнень.

Абдомінальна операція при полікістозі нирок у тварин може включати декілька етапів [6, 14]:

- Підготовка тварини до операції. Це може включати голодування на 12-24 години перед операцією, підвищення рівня гігієни та додаткові дослідження, такі як аналізи крові та сонографію.

- Анестезія тварини. Перед початком операції тварина піддається анестезії. Це забезпечує безболісний стан під час операції та допомагає зменшити ризик виникнення ускладнень.

- Підготовка до операції. До операції можуть бути застосовані різні методи, такі як стерилізація операційної зони та підготовка належного обладнання для проведення операції.

- Доступ до нирок. Після підготовки операційної зони тварина знаходиться в позі лежачи на боку з об'єктивом позиційної сонографії, щоб визначити точні положення кіст та нирок. Далі проводиться надріз і надалі відокремлюється м'язова та фасціальна тканина для забезпечення доступу до нирок.

- Видалення кіст. Після досягнення доступу до нирок проводиться видалення кіст. Це може включати різні методи, такі як видалення кіст за допомогою спеціальних інструментів або розрізання їх на менші шматочки, які можна видалити з мінімальним пошкодженням навколишніх тканин.

- Завершення операції.

Після відкриття черевної порожнини та інспекції нирок, хірург може продовжити зіставлення наявності кіст з попередньою сонографічною оцінкою. Якщо була знайдена кіста, що затемнює зображення, хірург може підтвердити її місцезнаходження та розмір, використовуючи доплерографію та еластографію [31].

Крім того, можуть проводитися додаткові сонографічні дослідження, такі як кольорова доплерографія та 3D / 4D сонографія, щоб оцінити в заемозв'язки кіст з навколишніми органами та структурами.

Після цього хірург може здійснити різні методи лікування [11]:

- Екстракція (вилучення) окремих кіст: хірург витягує кісту з нирки за допомогою спеціального інструменту.

- Дренування кіст: хірург вводить тонкий шланг через ниркову кісту та накладає дренаж з метою відведення рідини з кіст.

- Резекція (часткове видалення) нирок: якщо кісти знаходяться в кінцівках нирки, то хірург може здійснити резекцію тієї частини нирки, де знаходяться кісти.

- Нефректомія (повне видалення) нирки: якщо кісти знаходяться в області ниркового гілля, хірург здійснює нефректомію – повне видалення нирки.

Після видалення кіст, які могли спричинити ускладнення, проводиться остаточна перевірка нирок та навколишніх тканин для виявлення інших аномалій або ускладнень. Після усунення кіст та проведення дренажу, хірург повинен перевірити всі оперовані судини на наявність кровотечі та забезпечити їх гемостаз [9]. Потім необхідно перевірити стан нирок та підтвердити, що вони добре працюють. Для цього зазвичай проводять спеціальні тести, наприклад, вимірюють діурез та рівень креатиніну в крові.

Якщо все пройшло успішно і ніяких ускладнень не виникло, то хвору тварину можуть відправити на післяопераційне спостереження в лікарню або дозволити власнику забрати її додому під умовою дотримання певних інструкцій та рекомендацій щодо догляду. Важливо відзначити, що полікістоз нирок є хронічним захворюванням, тому післяопераційний догляд та регулярні медичні огляди ветеринаром є необхідними для контролю за станом нирок та запобігання рецидивів захворювання.

У процесі операції при полікістозі нирок у тварин використовуються різноманітні інструменти для видалення кіст. До основних інструментів можна віднести [2, 37]:

- Ендограблер або «граблі»: цей інструмент має дуже тонкі щипці з гачком на кінці, які використовуються для збирання і видалення малих кіст з нирок.

- Ендокліппер або «ножиці»: це інструмент з двома лезами, які зазвичай розташовані на кінці гнучкого вала. Цей інструмент використовують для розрізання кіст.

- Ендобур або «дробильний бур»: це інструмент, що використовується для видалення великих кіст. Його дробильна головка може обертатися з великою швидкістю, що дозволяє дробити кісти.

- Ендоскоп: це невеликий пристрій, який складається з тонкої трубки з камерою на кінці. Його вводять у тіло через маленький розріз в шкірі і використовують для огляду операційного поля та контролювання процесу видалення кіст.

- Лапароскоп: це інструмент, який дозволяє хірургу здійснювати операцію через невеликі розрізи в шкірі за допомогою камери, що знаходиться на кінці тонкої трубки.

Хірург вибирає інструменти в залежності від розміру і місця розташування кіст, а також від стану нирок і загального здоров'я тварини. Важливо використовувати правильні інструменти і техніки, щоб зменшити ризик ускладнень та максимально зберегти функцію нирок.

Роль сонографії під час операції при полікістозі нирок у тварин залежить від виду інструменту, що використовується під час операції. Під час використання традиційних інструментів, таких як ножиці, пінцети і кюрети, сонографія може бути використана для визначення місця розташування кіст та відстеження їх видалення [30]. Додатково, сонографія може бути використана для визначення ступеню порушення структури тканин під час операції.

При використанні інструментів з ендоскопічним контролем, таких як лапароскопи та роботизовані системи, сонографія може бути використана для відображення внутрішньої структури органів та кіст нирок з високою роздільною здатністю [33]. Це може допомогти зменшити ризик пошкодження навколишніх тканин та органів під час операції.

Абдомінальна операція при полікістозі нирок у тварин є серйозним медичним втручанням, яке повинно проводитися тільки кваліфікованими ветеринарними хірургами з досвідом у таких операціях. До операції слід докладно підготувати тварину, включаючи попередню оцінку її здоров'я, виконання різних лабораторних та інструментальних досліджень, щоб забезпечити безпеку під час проведення операції.

Також, післяопераційний догляд тварини є дуже важливим. Після операції, тварину слід розмістити в спеціальному приміщенні, де вона зможе відновлюватися під наглядом медичного персоналу. Тварина повинна отримувати розумну кількість їжі та води, а також розумну кількість ліків. Слід ретельно стежити за ознаками післяопераційних ускладнень, таких як кровотечі, інфекції або інші проблеми зі здоров'ям.

Сонографічне дослідження є безболісним та неінвазивним методом, який грає важливу роль на різних етапах хірургічного втручання при абдомінальній операції при полікістозі нирок у тварин. Сонографія дозволяє оцінити розміри та кількість кіст, які можуть бути присутні в нирках тварини, а також дозволяє визначити ступінь пошкодження нирок та навколишніх тканин [36].

Перед початком операції сонографія допомагає ветеринарному хірургу планувати операцію, вибираючи найбезпечнішу техніку для видалення кіст з нирок тварини. Крім того, сонографія може бути використана для оцінки ступеня пошкодження нирок та інших внутрішніх органів, що може допомогти ветеринарному хірургу визначити складність операції.

Методика дослідження полягає у розташуванні пацієнта на ліжку так, щоб досліджувана кіста була доступна для сканування з різних кутів. Дослідження

проводять в режимі В-режиму, що дозволяє отримати двовимірне зображення об'єкта.

Для визначення розміру кісти зображення здійснюють у двох проекціях: вертикальній та горизонтальній. Для цього проводять сканування з різних кутів, змінюючи положення датчика. На зображенні вимірюють відстань між протилежними точками на периферії кісти. Для більш точної оцінки розміру кісти здійснюють кілька вимірювань у різних проекціях та обчислюють середнє значення [42].

Для оцінки форми кісти важливо отримати зображення у різних проекціях. Візуалізація кісти у профільній проекції дозволяє оцінити її форму та відношення довжини до ширини.

Для визначення взаємозв'язків кіст з навколишніми органами і структурами застосовується сонографічне дослідження з використанням різних режимів сканування. Зазвичай використовують режими В-режиму, М-режиму та кольорової доплерографії [39].

Для визначення взаємозв'язків кісти з нирками та сечоводами, пацієнт повинен бути позиціонований на спині. Спочатку проводять огляд нирок та визначають їх розміри та форму. Далі, за допомогою кутової сонди, виконують дослідження на різних рівнях нирок та сечоводів. Під час цього дослідження важливо визначити наявність взаємозв'язків кіст з нирками та сечоводами, а також визначити, чи здатні кісти стискати або перешкоджати нормальному потоку сечі.

Для визначення взаємозв'язків кіст з черевною порожниною та окремими внутрішніми органами застосовують режим В-режиму та кольорову доплерографію. Спочатку виконують огляд черевної порожнини, щоб визначити наявність кіст та їх розташування. Після цього, за допомогою різних сонд, проводять дослідження окремих органів та структур для визначення взаємозв'язків з кістами [34].

У деяких випадках може знадобитися виконання додаткових обстежень, наприклад, комп'ютерної томографії або магнітно-резонансної томографії, для отримання більш детальної інформації про взаємозв'язки кіст з навколишніми органами та структурами.

Під час операції сонографія може бути використана для визначення точного місця розташування кіст в нирках, а також для контролю за ходом операції. Завдяки сонографії хірург може забезпечити більш точне видалення кіст з нирок тварини, зменшивши ризик ушкодження нирок та інших внутрішніх органів, а також можливість контролю рівня кровотечі.

Для визначення місця кісти під час сонографічного дослідження використовують спеціальні техніки. Одна з них – це техніка «перехресного сканування» або «перпендикулярного сканування». Вона полягає у тому, що апарат сонографії розміщують паралельно до поверхні тіла тварини, а зонд – перпендикулярно до неї, в напрямку, який потрібно вивчити. Під час перехресного сканування зонд встановлюють на шкірі тварини в точці, де потрібно вивчити, і здійснюють сканування з різних кутів. Це дозволяє отримати детальнішу інформацію про місце розташування кісти, її розміри та форму [23].

Крім того, для визначення місця кісти можна використовувати техніку «сканування в режимі реального часу» або «двостороннє сканування». У цьому випадку зонд розміщують на шкірі тварини в точці, де потрібно вивчити, і здійснюють сканування в режимі реального часу. Під час сканування візуалізується не лише кістова тканина, а й навколишній простір, що дозволяє отримати більш детальну інформацію про місцезонашування кісти [22].

У будь-якому випадку, для визначення місця кісти необхідно провести дослідження в різних площинах, використовуючи різні техніки сканування, щоб отримати повну інформацію про розміри, форму та місце розташування кісти.

Під час хірургічних втручань, особливо при втручаннях в органи з багатою мережею кровонесних судин, можливість кровотечі є серйозним ризиком. Сонографія може бути корисною для ідентифікації можливих джерел кровотечі та оцінки її обсягу.

Під час сонографії можна оцінити структуру тканин, що допомагає ідентифікувати можливі місця кровотечі, зокрема відокремлення кровоточивих судин від некровоточивих тканин, виявлення звужень або розширень судин, а також виявлення змін у формі та розмірі органів [28]. Крім того, за допомогою кольорової та пульсової доплерографії можна визначити швидкість кровотоку в судинах, що може допомогти виявити патологічні зміни в кровообігу.

Якщо виявлено кровотечну ділянку під час хірургічного втручання, лікар може вжити необхідних заходів для зупинення кровотечі, таких як лігування або коагуляція крові. Сонографія може допомогти під час виконання цих процедур, забезпечуючи візуалізацію кровоточивих судин та допомагаючи лікарю вибрати найбільш ефективний метод зупинення кровотечі.

Після операції сонографічне дослідження може бути використане для контролю за станом нирок тварини та оцінки ефективності проведеного лікування. Воно дозволяє ветеринарному хірургу визначити, чи вдалося повністю видалити кісти з нирок тварини, а також оцінити стан нирок та навколишніх тканин після операції.

Сонографічне дослідження може бути проведено під час хірургічного втручання за допомогою переносного апарату з ультразвуковою головкою. Для забезпечення оптимальної візуалізації нирок під час операції, зазвичай використовують височастотні ультразвукові головки з частотою від 7,5 до 12 МГц [21].

Методика проведення сонографії під час хірургічного втручання може відрізнятися в залежності від типу операції та розташування кіст в нирках тварини. Однак, загальний підхід до проведення сонографії включає наступні кроки [17, 21]:

1. Підготовка пацієнта: тварина піддається загальній анестезії та позиціонується на операційному столі.

2. Підготовка головки апарату та виконання сонографії: ультразвукова головка стерилізується та кладеться на шкіру тварини в області нирок. Сполучення з апаратом забезпечується за допомогою

гелю. Операційна команда отримує зображення нирок на екрані апарату.

3. Контроль за операцією за допомогою сонографії: під час операції ветеринарний хірург контролює за допомогою сонографії точне розташування кіст та ступінь їх взаємодії з нирками. Він також контролює стан нирок та інших внутрішніх органів, щоб вчасно виявити можливі ускладнення під час операції.

4. Оцінка результатів та реабілітація: після операції ветеринарний хірург може виконати додаткову сонографію для оцінки стану нирок та інших внутрішніх органів.

На основі отриманих зображень, лікар здійснює оцінку стану нирок, їх форми, розміру, кількості та розміру кіст. Якщо нирки виявляються значно збільшеними, з великою кількістю кіст, можуть виникнути ускладнення під час операції, такі як кровотеча, порушення функції нирок, ураження навколишніх органів. Тому важливо точно визначити розмір та кількість кіст та місцезнаходження нирок перед початком операції [3].

Для цього можуть бути застосовані спеціальні техніки сонографії, такі як динамічна сонографія, яка дозволяє візуалізувати зміни розміру та форми нирок під час рухів тварини та різних фаз дихання. Також може застосовуватись 3D та 4D сонографія, яка дозволяє отримати більш детальне зображення структури нирок та кіст.

Під час проведення сонографії під час операції важливо забезпечити безпеку тварини, тому її тримають в м'якій тканині, що забезпечує її фіксацію та запобігає руху. Також можуть бути використані спеціальні гелі для покращення зв'язку між датчиком сонографу та шкірою тварини, що забезпечує більш чітке зображення [7]

У випадках, коли нирки тварини мають складну структуру або при наявності ускладнень під час полікістозу нирок, можуть використовуватися спеціальні техніки сонографії [18]:

- **Доплерографія.** Це дослідження використовується для оцінки кровообігу в нирках. Доплерографія дозволяє виявляти можливі проблеми з кровотоком, такі як звуження артерій, що можуть викликати ускладнення під час операції.

- **Кольорова доплерографія.** Цей метод дослідження використовується для визначення напрямку та швидкості кровотоку в нирках. Це дозволяє ветеринарному хірургу більш детально оцінити стан нирок та виявити можливі проблеми з кровообігом.

- **3D та 4D сонографія.** Ці методи дослідження використовуються для отримання тривимірного зображення нирок та інших внутрішніх органів. Вони дозволяють ветеринарному хірургу більш детально оцінити розмір та форму нирок, що може бути корисним при плануванні операції.

- **Еластографія.** Це новітній метод дослідження, що використовується для визначення щільності та жорсткості тканин. Еластографія може бути корисною при визначенні можливих ускладнень під час операції та допомагає ветеринарному хірургу більш точно оцінити стан нирок.

- **Інтроперативна сонографія.** Ця техніка дозволяє отримати зображення органів в режимі реального часу під час операції. Під час проведення інтроперативної сонографії використовують спеціальний зонд, який підключається до сонографа та вводиться в тіло тварини через невеликий інкіз.

- **Інтраперитонеальна сонографія.** Ця техніка дозволяє отримати зображення нирок та навколо-ниркового простору без втручання в паренхіму органу.

- **Дуплексне сканування ниркових артерій та вен,** що дозволяє оцінити ступінь вузлового ураження та визначити можливість збереження ниркової паренхіми під час операції.

Для проведення інтроперативної сонографії під час абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин застосовують наступні кроки [7]:

1. Виконують розріз м'язів та передньої черевної стінки для доступу до порожнини черевної.

2. Застосовують мініатюрний зонд, який вводять в порожнину черевної.

3. Проводять сонографію кіст, щоб визначити місце розташування нирок.

4. Перевіряють кількість кіст, що впливають на розмір нирок.

5. Оцінюють кількість поліпів та їх розмір, що розташовані в порожнині нирок.

6. Оцінюють розмір та стан нирок, використовуючи високочастотний зонд.

7. Застосовують кольорову доплеровську сонографію для вивчення кровопостачання нирок.

8. Проводять дослідження ниркових артерій та вен, щоб визначити їх розмір та діаметр.

9. Виконують пункцію кіст для дослідження їх вмісту.

Методика проведення доплерографії при абдомінальній операції при полікістозі нирок у тварин складається з наступних кроків [18]:

- **Підготовка тварини:** тварину піддають загальній анестезії та фіксують в оптимальному положенні для проведення дослідження. Шерсть в області дослідження повинна бути підстрижена та очищена від різних видів забруднень. Важливо забезпечити тепловий комфорт тварини під час операції.

- **Встановлення доплерографічного датчика на поверхню шкіри тварини:** перед початком дослідження доплерографічний датчик змащують гелем для забезпечення кращого контакту з поверхнею шкіри тварини та якісніший передачі звукових хвиль.

- **Визначення параметрів дослідження:** лікар визначає параметри дослідження, такі як глибина проникнення сигналу та частота датчика. Це дозволяє отримати максимально точні результати дослідження.

- **Отримання зображення та аналіз результатів:** доплерографічний датчик рухають вздовж судини, щоб отримати зображення кровотоку. Після знаходження відповідних кровоносних судин проводять доплерографію з вимірюванням швидкості кровотоку. Зображення передається на монітор, де лікар проводить аналіз результатів дослідження. Отримані дані про швидкість кровотоку в артеріях та

венах допомагають оцінити стан нирок, визначити наявність кровотечі та визначити рівень кровотоку в органах.

Наприклад, швидкість кровотоку в нирковій артерії може допомогти оцінити перфузію (прохідність) нирок, тобто як добре кровообіг забезпечує достатню кількість кисню та поживних речовин у нирках. При порушенні перфузії можуть виникнути проблеми з функціонуванням нирок.

Також, швидкість кровотоку в нирковій вені може свідчити про ступінь дренажу (відтоку) крові з нирок. Зменшення швидкості кровотоку в нирковій вені може свідчити про порушення дренажу та може вказувати на затримку крові в нирках.

Швидкість кровотоку в нирковій артерії зазвичай знаходиться в діапазоні від 80 до 180 см/с. При цьому, зменшення швидкості кровотоку до менше ніж 70 см/с може свідчити про порушення перфузії нирок.

Швидкість кровотоку в нирковій вені зазвичай знаходиться в діапазоні від 15 до 40 см/с. Зменшення швидкості кровотоку до менше ніж 10 см/с може вказувати на порушення дренажу крові з нирок [12]

Оцінка швидкості кровотоку в артеріях та венах за допомогою доплерографії є важливою складовою діагностики та лікування захворювань нирок. Ці дані допомагають лікарям більш точно оцінити стан нирок та планувати подальші тактики лікування.

Кольорова доплерографія є сучасним методом візуалізації та дослідження кровообігу в органах тварин. Основна методика проведення кольорової доплерографії при абдомінальній операції при полікістозі нирок у тварин полягає у наступному [6]:

- Після відкриття черевної порожнини, дослідник знаходить нирки тварини та виявляє кровоносні судини, які живлять ці органи.
- Далі, проводиться налаштування приладу для кольорової доплерографії та визначення оптимальних параметрів сканування.
- Після цього, дослідник починає сканування артерій та вен, які живлять нирки, за допомогою кольорової доплерографії.
- Під час сканування, дослідник отримує зображення кровоносних судин з кольоровим кодуванням швидкості кровотоку. Це дозволяє оцінити швидкість кровотоку в артеріях та венах, а також визначити напрямок кровотоку.
- Отримані дані про швидкість кровотоку в артеріях та венах дозволяють оцінити стан нирок та прийняти рішення про подальші дії під час операції.
- Після завершення дослідження, проводиться аналіз отриманих даних та запис результатів.

Кольорова доплерографія дозволяє досліджувати не тільки швидкість кровотоку в артеріях та венах, але й визначати розмір та структуру кровоносних судин, що важливо при діагностиці та лікуванні полікістозу нирок у тварин.

Оптимальні параметри сканування при кольоровій доплерографії можуть варіюватися в залежності від конкретної ситуації та техніки сканування, яку використовує лікар. Однак, у загальному випадку, рекомендовані наступні параметри: частота зазвичай

між 2 та 5 МГц, залежно від глибини, на якій потрібно провести дослідження; швидкість потоку зазвичай налаштовано на максимальний показник, який може бути вимірний при дослідженні; кутова корекція: налаштування кута між напрямком потоку крові та напрямком ультразвукової хвилі, що має вплив на точність вимірювання швидкості потоку; акустична потужність повинна бути налаштована на безпечний рівень. Налаштування параметрів сканування може змінюватися під час дослідження в залежності від того, що виявляється на екрані. Оптимальні параметри сканування повинні забезпечувати якісне та точне зображення для оцінки стану нирок та кровообігу [32].

Під час доплерографії, для оцінки швидкості кровотоку в артеріях та венах використовуються наступні параметри [10]:

- Peak Systolic Velocity (PSV) – максимальна швидкість кровотоку в артерії під час систолічної фази серцевого циклу.
- End Diastolic Velocity (EDV) – швидкість кровотоку в артерії під час діастолічної фази серцевого циклу.
- Resistive Index (RI) – співвідношення різниці між максимальною та мінімальною швидкістю кровотоку в артерії до максимальної швидкості кровотоку.
- Pulsatility Index (PI) – співвідношення різниці між максимальною та мінімальною швидкістю кровотоку в артерії до середньої швидкості кровотоку.

Напрямок кровотоку визначається за допомогою кольорового доплеру, який відображає напрямок руху крові у відповідних судинах.

Оптимальні параметри сканування можуть варіюватися в залежності від конкретної методики та типу доплерографічного обладнання. Для точної оцінки швидкості кровотоку та визначення напрямку кровотоку важливо дотримуватись рекомендацій виробника доплерографічного обладнання та вести сканування в оптимальних умовах.

3D та 4D сонографія – це методи, які дозволяють отримати об'ємне зображення об'єкта. У випадку дослідження нирок при полікістозі, 3D та 4D сонографія можуть допомогти визначити розміри та форму кіст нирок, а також положення та взаєморозташування поліпів та кіст.

Методика проведення 3D та 4D сонографії при абдомінальній операції при полікістозі нирок у тварин така ж, як і при звичайній сонографії. Проте, для отримання об'ємних зображень, необхідно збільшити кількість зрізів та змінити положення зонду [13].

У разі 3D сонографії, отримане зображення може бути розглянуте у різних площинних, що дозволяє отримати детальну інформацію про внутрішню структуру нирок. У разі 4D сонографії, зображення можна розглядати у режимі реального часу, що дозволяє оцінити рух та динаміку об'єкта.

Еластографія – це метод, який дозволяє оцінювати еластичність тканин. В абдомінальній операції при полікістозі нирок у тварин еластографія може використовуватися для оцінки жорсткості ниркових тканин та виявлення ознак фіброзу.

Методика проведення еластографії при абдомінальній операції при полікістозі нирок у тварин включає наступні кроки [30]:

- Підготовка тварини: тварина повинна бути під дією анестезії, що дозволить забезпечити максимальну стабільність під час виконання еластографії. На даний момент не існує спеціальної дієтичної підготовки до еластографії.

- Виконання еластографії: після проведення стандартної сонографії проводиться еластографія, для чого датчик еластографії розміщують на поверхні нирки, щоб здійснити замір жорсткості тканин. При використанні пристрою з інтегрованою еластографією звичайно до сонографії переходять відразу до заміру жорсткості. На екрані відображається зображення тканин, в якому барвистою шкалою показана жорсткість. Чим темніше колір, тим м'якші тканини, чим світліше – тим жорсткіші.

- Аналіз даних: після проведення еластографії отримані дані можна обробити та проаналізувати за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Для проведення інтраперитонеальної сонографії спочатку необхідно ввести спеціальний катетер через кінцеву кишку у ділянку куприка, що дозволяє забезпечити доступ до інтраперитонеальної порожнини. Далі на катетер надівають спеціальний еластичний гідрогельовий балон, який забезпечує герметичну ущільненість входу до порожнини та дозволяє запобігти виходу рідини з неї під час проведення дослідження [22].

Після цього на катетер підключають сонографічний датчик, що дозволяє отримати зображення нирок та навколонирикового простору. Ця методика дозволяє отримувати більш точні зображення порожнини черевної порожнини, а також дозволяє оцінювати розміри та кількість кістових утворень в нирках.

Ці техніки дозволяють зменшити ризик ушкодження нирок під час операції та забезпечити максимальну ефективність проведення операції.

Незважаючи на те, що сонографія є корисним інструментом для діагностики та визначення місця кіст на нирках під час абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин, вона має деякі недоліки. Сонографія може бути менш ефективною, якщо нирки знаходяться далеко від поверхні шкіри, або якщо між ними і датчиком знаходяться товсті шари м'язів, жирових тканин, які заважають візуалізації, або коли наявність повітряних структур у шлунку або кишечнику знижує ефективність сонографії. Також сонографія може надати лише обмежену інформацію про внутрішню структуру кіст, таку як наявність внутрішніх перегородок або каменів. Сонографія може бути менш ефективною для діагностування менших кіст, оскільки вони можуть бути менш видимими на зображенні. Сонографія може не забезпечити достатньої інформації для прийняття рішення про тип операції та може вимагати додаткових досліджень, таких як КТ або МРТ [28]. Однак враховуючи ці недоліки, сонографія все ще залишається корисним інструментом для оперативного втручання при полікістозі нирок у

тварин, просто у нестандартних випадках ветеринарні лікарі поєднують сонографію з іншими діагностичними методами, такими як рентгенографія, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія та інші, для отримання максимальної інформації про стан нирок тварини та визначення оптимального плану лікування.

Висновок

Застосування сонографії під час абдомінальної операції при полікістозі нирок у тварин є корисним інструментом, що дозволяє зменшити ризик ускладнень та підвищити точність операції. Сонографія може допомогти скоротити тривалість операції при полікістозі нирок у тварин, оскільки вона дозволяє хірургу більш точно та швидко визначити місце розташування кіст на нирках і під час видалення їх не пошкодити навколишні тканини. Крім того, використання сонографії дозволяє зменшити ризик ускладнень після операції та підвищити її ефективність.

Однак, як вказано в наукових дослідженнях, є деякі недоліки в застосуванні сонографії під час абдомінальної операції, такі як недостатня глибина проникнення хвиль та неефективність при вивченні структур, які мають високу щільність, такі як кісти. Окрім того, під час проведення операції не завжди можливо забезпечити оптимальні умови для проведення сонографії.

Таким чином, використання сонографії при абдомінальній операції при полікістозі нирок у тварин має як переваги, так і недоліки. Враховуючи ці недоліки, сонографія все ще залишається ефективним інструментом для оперативного втручання при полікістозі нирок у тварин. Загалом, вивчення проблеми полікістозу нирок у тварин є актуальним та важливим завданням для ветеринарів та дослідників, що вимагає подальших наукових досліджень та вдосконалення методів діагностики та лікування.

Перспективи подальших досліджень можуть полягати у 1) дослідженні різних параметрів сонографії під час абдомінальної операції для полікістозу нирок, таких як величина, кількість та місце знаходження кіст, щоб встановити оптимальні параметри для проведення таких операцій; 2) вивченні взаємозв'язку між полікістозом нирок та іншими захворюваннями у тварин, щоб виявити можливі спільні причини та ефективні методи профілактики та лікування; 3) вивченні можливості розробки нових методів хірургічного втручання, що можуть зменшити ризик ускладнень та покращити результати операції; 4) дослідженні можливості використання нових технологій, наприклад, роботизованих систем, для покращення точності та ефективності хірургічного втручання при полікістозі нирок.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Agut, A., Soler, M., Laredo, F. G., Pallares, F. J., & Seva, J. I. (2008). Imaging diagnosis-ultrasound-guided ethanol sclerotherapy for a simple renal cyst. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49 (1), 65–67. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2007.00319.x>
- Al-Geizawi, S. M., El-Khatib, H. A., Al-Qahtani, S. M., & Al-Ansari, A. A. (2017). The role of ultrasound in the diagnosis of autosomal dominant polycystic kidney disease. *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*, 28 (2), 352–357.
- Aronson, P. S., & Giebisch, G. (2011). Effects of pH on potassium: new explanations for old observations. *Journal of the American Society of Nephrology*, 22 (11), 1981–1989.
- Beck, C., & Lavelle, R. (2001). Feline polycystic kidney disease in Persian and other cats: a prospective study using ultrasonography. *Australian Veterinary Journal*, 79 (3), 181–184. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2001.tb14573.x>
- Cao, X., Cao, X., & Chen, J. (2011). Laparoscopic decortication of symptomatic renal cysts: experience of 119 cases from a single center. *Urology*, 77 (4), 792–6.
- Chajkovsk'kyj, K. A., Koval'ov, V. M., & Dubynsk'kyj, V. V. (2020). Sonohrafiia v diahnostytsi ta kontroli polikistozu nyrok u tvaryn. *Tvarynnystvo ta Veterynariia*, 2, 10–13. [in Ukrainian]
- Chang, C.-C., Kuo, J.-Y., Chan, W.-L., Chen, K.-K., & Chang, L. S. (2007). Prevalence and Clinical Characteristics of Simple Renal Cyst. *Journal of the Chinese Medical Association*, 70 (11), 486–491. [https://doi.org/10.1016/s1726-4901\(08\)70046-7](https://doi.org/10.1016/s1726-4901(08)70046-7)
- Dehmiwal, D., Behl, S. M., Singh, P., Tayal, R., Pal, M., & Chandolia, R. K. (2016). Diagnosis of pathological conditions of kidney by two-dimensional and three-dimensional ultrasonographic imaging in dogs. *Veterinary World*, 9 (7), 693–698. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.693-698>
- Dekerle, B., Fabres, V., Benchekrroun, G., & Manassero, M. (2022). Long-term follow-up of a juvenile simple renal cyst in a dog treated by laparoscopic deroofting, fulguration, and omentization. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 260 (11), 1–5. <https://doi.org/10.2460/javma.21.06.0272>
- Domanjko-Petrič, A., Černeck, D., & Cotman, M. (2008). Polycystic kidney disease: A review and occurrence in Slovenia with comparison between ultrasound and genetic testing. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 10 (2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.07.004>
- Gao, Y., Zheng, Y., & Zhang, Y. (2018). Laparoscopic unroofing versus laparoscopic deroofting plus puncture and drainage for simple renal cysts: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Surgery*, 51, 101–108.
- Gendron, K., Owczarek-Lipska, M., Lang, J., & Leeb, T. (2013). Maine Coon renal screening: ultrasonographical characterisation and preliminary genetic analysis for common genes in cats with renal cysts. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15 (12), 1079–1085. <https://doi.org/10.1177/1098612x13492164>
- Graham, P. A. (2017). Urinalysis. In: Ettinger, S. J., Feldman, E. C., & Cote, E. (eds.) *Textbook of veterinary internal medicine*. (pp. 849–862). Missouri: Elsevier.
- Hede, K. (1978). Sonography of the kidney. Comparison with excretory urography. *Acta Radiologica Supplements*, 358, 119–132.
- Humeniuk, V. V., & Kondratiuk, V. I. (2019). Osoblyvosti diahnostyky ta likuvannia polikistozu nyrok u tvaryn. *Veterynariia ta Tekhnologii Tvarynnystva*, 3, 91–96. [in Ukrainian]
- Kanojia, R. P., Bawa, M., & Gupta, R. (2017). Comparison of laparoscopic deroofting and laparoscopic unroofing with cyst aspiration for symptomatic renal cysts: a prospective randomized study. *Surgical Endoscopy*, 31 (9), 3603–3609.
- Khurana, A., & Ahuja, C. (2011). Role of ultrasonography in diagnosis of autosomal dominant polycystic kidney disease. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, 21 (1), 38–42.
- Kim, K. H., Kim, H. K., Kim, S. H., & Lee, Y. J. (2015). Role of intraoperative ultrasound-guided aspiration in the management of simple renal cysts. *World Journal of Urology*, 33 (6), 825–830.
- Lefebvre, H. P., Laruelle, L., Nguyen, P., Peeters, D., & Ghys, L. (2001). Ultrasound-guided laparoscopic nephrectomy for autosomal dominant polycystic kidney disease: initial experience. *Journal of Endourology*, 15 (1), 81–84.
- Guazzoni, G., Bellinzoni, P., Montorsi, F., Centemero, A., Bergamaschi, F., Rigatti, P., & Consonni, P. (1994). Laparoscopic unroofing of simple renal cysts. *Urology*, 43 (2), 154–159. [https://doi.org/10.1016/0090-4295\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0090-4295(94)90035-3)
- Levchenko, V. P., & Skoryk, O. M. (2019). Suchasni metody diahnostyky ta likuvannia polikistozu nyrok. *Ukrains'kyj Zhurnal Nefrologii ta Dializu*, 2, 20–25. [in Ukrainian]
- Guo, P., Xu, W., Li, H., Ren, T., Ni, S., & Ren, M. (2015). Laparoscopic nephrectomy versus open nephrectomy for patients with autosomal dominant polycystic kidney disease: A systematic review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 10 (6), e0129317. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129317>
- Vagias, M., Chanoit, G., Bubenik-Angapen, L. J., Gibson, E. A., de Rooster, H., Singh, A., Scharf, V. F., Grimes, J. A., Wallace, M. L., Kummeling, A., Flanders, J. A., Evangelou, G., & Mullins, R. A. (2022). Perioperative characteristics, histologic diagnosis, complications, and outcomes of dogs undergoing percutaneous drainage, sclerotherapy or surgical management of intrarenal cystic lesions: 18 dogs (2004–2021). *BMC Veterinary Research*, 18 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03327-z>
- Luciano, R. L., & Dahl, N. K. (2013). Extra-renal manifestations of autosomal dominant polycystic kidney disease (ADPKD): considerations for routine screening and management. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 29 (2), 247–254. <https://doi.org/10.1093/ndt/gft437>
- Myronchuk, T. V. (2017). Suchasni pidkhody do diahnostyky ta likuvannia polikistozu nyrok. *Medychna hazeta «Zdorov'ia Ukrainy»*, 24, 17–19. [in Ukrainian]
- Nicolau, C., Buñesch, L., Paño, B., Salvador, R., Ribal, M. J., Mallofré, C., & Sebastià, C. (2014). Prospective evaluation of CT indeterminate renal masses using US and contrast-enhanced ultrasound. *Abdominal Imaging*, 40 (3), 542–551. <https://doi.org/10.1007/s00261-014-0237-3>
- Osman, Y., Shokeir, A., & Ali-El-Dein, B. (2005). Comparison of open surgery, laparoscopic-assisted unroofing and sclerotherapy, and laparoscopic nephrectomy for symptomatic simple renal cysts. *BJU International*, 96 (3), 377–80.
- Ozkan, O., Kaya, E., & Kilicarslan, H. (2017). The efficacy of intraoperative ultrasonography in the surgical treatment of renal cysts. *Journal of clinical and Diagnostic Research*, 11 (10), PC07.
- Park, J., Moon, C., Lee, M., Lee, H. B., & Jeong, S. M. (2019). Surgical fenestration combined with omentization for the treatment of renal cysts in 2 dogs. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne*, 60 (10), 1104–1110.
- Poliakov, O. V., & Lytvyn, S. V. (2020). Suchasnyj pohliad na problemu polikistozu nyrok u tvaryn. *Tvarynnystvo ta Veterynariia*, 3, 11–14. [in Ukrainian]
- Reichle, J. K., DiBartola, S. P., & Leveille, R. (2002). Renal ultrasonographic and computed tomographic appearance, volume, and function of cats with autosomal dominant polycystic kidney disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 43 (4), 368–373. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2002.tb01020.x>
- Rossi, F., Gianni, B., Marconato, L., Sabattini, S., Caleri, E., Mattolini, M., Camosci, V., & Carozzi, G. (2023). Comparison of sonographic and CT findings for the identification of renal nodules in dogs and cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 64 (3), 439–447. <https://doi.org/10.1111/vru.13219>
- Zhang, X., Cao, D., Han, P., Ren, Z., Wang, J., & Wei, Q. (2019). Aspiration-sclerotherapy versus laparoscopic de-roofing in the treatment of symptomatic renal cysts: A systematic review and meta-analysis. <https://doi.org/10.21203/rs.2.11406/v1>
- Tan, Y. H., Huang, K. H., & Chen, J. (2012). Comparison of retroperitoneoscopic decortication and laparoscopic decortication for symptomatic simple renal cysts. *Urologia Internationalis*, 88 (1), 70–74.
- Thanaboonnipat, C., Sutayatra, S., Buranakarl, C., & Choisunirachon, N. (2020). Renal ultrasonographic strain elastography and symmetric dimethylarginine (SDMA) in canine and feline chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Medical Science*, 82 (8), 1104–1112. <https://doi.org/10.1292/jvms.19-0496>
- Zhao, Z., Dong, H., Zheng, X. (2018). Comparison of laparoscopic and open surgery for simple renal cysts: A meta-analysis. *Urology Journal*, 15 (6), 304–308.
- Singh, O., Gupta, S. S., & Sharma, A. (2014). Comparative study of laparoscopic deroofting and aspiration with sclerotherapy in the treatment of symptomatic simple renal cysts. *Urology*, 84 (1), 56–60.
- Skoryk, O. M. (2018). Polikistoz nyrok u tvaryn: suchasnyj pohliad na problemu. *Veterynariia, Tekhnologii ta Bioekonomika v Suchasnykh Umovakh*, 1, 5–9. [in Ukrainian]
- Wei, S. Y., Wu, Q. J., Su, Z. X., Yang, L., & Wang, M. (2018). Comparison of diagnostic efficacy of ultrasound and CT in autosomal

- dominant polycystic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 97 (45), e13149.
40. Yang, L. Y., Liu, Y. L., & Qiu, Y. Q. (2018). *CT and MRI features of complicated autosomal dominant polycystic kidney disease. Clinical Radiology*, 73 (7), 668.
41. Zatelli, A., Bonfanti, U., & D'Ippolito, P. (2005). Obstructive Renal Cyst in a Dog: Ultrasonography-Guided Treatment Using Puncture Aspiration and Injection with 95% Ethanol. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 19 (2), 252–254. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2005.tb02689.x>
42. Zatelli, A., D'Ippolito, P., Bonfanti, U., & Zini, E. (2007). Ultrasound-Assisted Drainage and Alcoholization of Hepatic and Renal Cysts: 22 Cases. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 43 (2), 112–116. <https://doi.org/10.5326/0430112>
43. Zdanowicz, J., Bialek, E. J., Urbanik, A., Wojtaszek, M., Kowalewski, P., & Grzeszczyk, W. (2016). Prevalence and clinical presentation of renal cysts in horses. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 19 (2), 235–241.

ORCID

I. Dekhnych  <https://orcid.org/0000-0001-5687-3765>



2023 Dekhnych 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.

In vitro detection of antagonistic activity levels of *Enterococcus faecium* isolates and selection prospective probiotic strains

O. Chechet | V. Kovalenko | O. Gorbatyuk | O. Gaidei | N. Kuryata | I. Musiets | D. Ordynska | L. Shalimova | G. Buchkovska

Article info

Correspondence Author
O. Gorbatyuk
E-mail:
goroliva@ukr.net

State Research Institute
of Laboratory Diagnostics
and Veterinary Sanitary
Examination,
st. Donetsk, 30, Kyiv,
03151, Ukraine

Citation: Chechet, O., Kovalenko, V., Gorbatyuk, O., Gaidei, O., Kuryata, N., Musiets, I., Ordynska, D., Shalimova, L., & Buchkovska, G. (2023). In vitro detection of antagonistic activity levels of *Enterococcus faecium* isolates and selection prospective probiotic strains. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 90–95. doi: 10.31210/spi2023.26.01.14

In the modern conditions of the development of commercial poultry farming, the development of new biological prophylactic drugs for the correction of microbiocenosis and the improvement of non-specific immunity of poultry is given priority. The materials of the article present the results of studies of the antagonistic properties of 5 isolates of *Enterococcus faecium*, isolated from the caecum of the large intestine with contents collected from chickens and broiler chickens from poultry farms of Ukraine for active monitoring in accordance with the state program of the Procedure for Supervision (Active Monitoring) of Antimicrobial Resistance zoonotic and commensal bacteria in veterinary medicine and identified to species. The studies were carried out by two diffusion methods - delayed antagonism and agar blocks in order to confirm the reliability of the obtained results. 2 strains of *Enterococcus faecium* – Efm-3 and Efm-5 were found to have very high and high levels of antagonism after the interaction of the strains with gram-negative and gram-positive test bacteria *Escherichia coli* ATSS 25922 (diameters of growth inhibition zones $39.4 \pm 1.3/36.4 \pm 0.3$ and $42.2 \pm 2.7/39.4 \pm 2.7$ mm according to strains and methods), *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442 ($29.0 \pm 1.3/28.4 \pm 0.7$ and $29, 2 \pm 1.3/39.4 \pm 2.7$), *Salmonella typhimurium* ATCC 29630 ($17.2 \pm 0.7/17.2 \pm 1.7$ and $28.2 \pm 0.7/28.6 \pm 0, 7$) and *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ($28.2 \pm 0.07/28.4 \pm 0.7$ and $35.2 \pm 0.7/34.2 \pm 0.17$), which are in the range of values of high antagonism. *Enterococcus faecium* Efm-3 and Efm-5 strains were selected as promising probiotic microorganisms due to their avirulent properties and high level of antagonistic activity. The obtained data confirm the possibility of correcting the immune response with the help of developed complex probiotic preparations with selected promising strains of *Enterococcus faecium* in the composition, aimed at normalizing the intestinal microflora, strengthening the body's immune functions, increasing the parameters of poultry preservation and the quality of the obtained products.

Keywords: probiotic preparations, antagonistic activity, *Enterococcus faecium*, test cultures, method of delayed antagonism, method of agar blocks.

Виявлення *in vitro* рівнів антагоністичної активності ізолятів *Enterococcus faecium* та відбір перспективних пробіотичних штамів

О. М. Чечет | В. Л. Коваленко | О. І. Горбатюк | О. С. Гейдей | Н. В. Курята | І. В. Мусієць | Д. О. Ординська | Л. О. Шалімова | Г. А. Бучковська

Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики і ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, Україна

У сучасних умовах розвитку промислового птахівництва, розробленню нових біологічних профілактичних препаратів для корекції мікробіоценозу та підвищення неспецифічного імунітету птиці надається пріоритетне значення. В матеріалах статті представлені результатами досліджень антагоністичних властивостей 5 ізолятів *Enterococcus faecium*, виділених із сліпих відростків товстого кишечника з вмістом, відібраного від курей та курчат-бройлерів із птахогосподарств України за проведення активного моніторингу згідно державної програми з Порядку проведення нагляду (активного моніторингу) за протимікробною резистентністю зоонозних та коменсальних бактерій у ветеринарній медицині та ідентифікованих до виду. Дослідження були виконані двома дифузійними методами – відтермінованого антагонізму та агарових блоків з метою підтвердження достовірності одержаних результатів. Встановлено у 2 штамів *Enterococcus faecium* – Efm-3 і Efm-5 дуже високий та високий рівні антагонізму після взаємодії штамів з грамнегативними і грампозитивними тестовими бактеріями *E. coli* ATCC 25922 (діаметри зон інгібування росту $39,4 \pm 1,3/36,4 \pm 0,3$ і $42,2 \pm 2,7/39,4 \pm 2,7$ мм відповідно до штамів і методів), *P. aeruginosa* ATCC 15442 ($29,0 \pm 1,3/28,4 \pm 0,7$ і $29,2 \pm 1,3/39,4 \pm 2,7$), *S. typhimurium* ATCC 29630 ($17,2 \pm 0,7/17,2 \pm 1,7$ і $28,2 \pm 0,7/28,6 \pm 0,7$) і *S. aureus* ATCC 6538 ($28,2 \pm 0,07/28,4 \pm 0,7$ і $35,2 \pm 0,7/34,2 \pm 0,17$), які знаходяться в діапазоні значень високого антагонізму. Штами Efm-3 і Efm-5 *Enterococcus faecium* відібрано в якості перспективних пробіотичних мікроорганізмів, завдячуючи авірулентним властивостям та показникам високого рівня антагоністичної активності. Одержані дані засвідчують можливість корекції імунної відповіді за допомогою розроблених комплексних пробіотичних препаратів у складі з відібраними перспективними штамми *Enterococcus faecium*, направлених на нормалізацію мікрофлори кишечника, посилення імунних функцій організму, підвищення показників збереженості птиці та якості одержаної продукції.

Ключові слова: пробіотичні препарати, антагоністична активність, *Enterococcus faecium*, тестові культури, метод відтермінованого антагонізму, метод агарових блоків.

Бібліографічний опис для цитування: Чечет О. М., Коваленко В. Л., Горбатюк О. І., Гейдей О. С., Курята Н. В., Мусієць І. В., Ординська Д. О., Шалімова Л. О., Бучковська Г. А. Виявлення *in vitro* рівнів антагоністичної активності ізолятів *Enterococcus faecium* та відбір перспективних пробіотичних штамів. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 90–95.

Вступ

У сучасних умовах розвитку сільсько-господарського виробництва, зокрема птахівництва, розроблення нових біологічних профілактичних препаратів, які могли б гарантувати зменшення втрат поголів'я і підвищення його стійкості до хвороб різної етіології є актуальною проблемою сьогодення. Підвищення збереженості курчат у ранньому віці, забезпечення високої інтенсивності їх росту на всіх стадіях вирощування та одержання якісної продукції є одним із головних пріоритетів розвитку галузі. В країнах ЄС, як і в Україні, досліджують можливості корекції імунної відповіді, тому створенню пробіотичних препаратів, направлених на нормалізацію мікрофлори кишечника і посилення імунних функцій організму, зокрема птиці, приділяється значна увага [1–6].

Нормофлора шлунково-кишкового тракту людини, тварин, птиці представлена численними популяціями мікроорганізмів, які заселяють органи і системи організму, підтримуючи біохімічну, метаболічну та імунологічну рівновагу макроорганізму, необхідну для забезпечення його здоров'я [7, 8].

Останнім часом у Європі спостерігається тенденція до зростання проявів ентерококової інфекції, головним чином за рахунок передачі через харчові продукти тваринного походження [9].

Відомо, що ентерококова інфекція є значною і постійною загрозою щодо виникнення уражень майже у всіх органах і системах організму. Їх особливістю є висока природна резистентність до впливу фізико-хімічних факторів та антибактеріальних хіміопрепаратів. Небезпека, яку вони несуть для організму людини, тварин і птиці, полягає у їх здатності до швидкого набуття, а далі накопичення й розмноження позахромосомного генетичного матеріалу, який кодує фактори резистентності до антибіотиків. Тому, ентерококи володіють високою здатністю до виживання в стресових умовах навколишнього середовища та в організмі тварин і птиці [10, 11]. Саме такі їх властивості викликають інтерес науковців щодо використання ентерококів для виготовлення біологічних препаратів, зокрема пробіотичних.

Проте, при цьому низка вчених висловлюють серйозне занепокоєння щодо використання бактерій роду *Enterococcus* у складі пробіотичних препаратів і наголошують на тому, що потрібно проводити поглиблені дослідження для відбору безпечних штамів [12].

Але, як показав практичний досвід, імпортовані препарати “Лінекс” та «Біфіформ», створені на основі безпечних штамів бактерій роду *Enterococcus*, показали високу ефективність при нормалізації мікробіоти шлунково-кишкового тракту і набули широкого застосування у практиці гуманної медицини, в Україні зокрема [13].

Мета дослідження

Метою роботи було встановити *in vitro* та охарактеризувати рівень антагоністичної активності, виділених від птиці, ізолятів *Enterococcus faecium* після їхньої взаємодії зі стандартними тестовими культурами грамнегативних і грампозитивних мікроорганізмів та відібрати найбільш перспективні штамми для конструювання пробіотичного препарату «Біомагн».

Матеріали і методи

Дослідження проводили на базі лабораторії діагностики захворювань бактеріальної етіології (ЛДЗБЕ) науково-дослідного мікробіологічного відділу (НДМВ) Державного науково-дослідного інституту лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи (ДНДІЛДВСЕ).

Патологічний матеріал (сліпі відростки товстого кишечника з вмістом) було відібрано від курей та курчат-бройлерів за проведення активного моніторингу згідно державної програми з Порядку проведення нагляду (активного моніторингу) за протимікробною резистентністю зоонозних та коменсальних бактерій у ветеринарній медицині за 2021 рік із птахогосподарств України: від курей – Чернігівська обл., Чернігівський р-н, смт Березна, ТОВ «АгроЕфект»; Тернопілька обл., Зборівський р-н, м. Гарбузів, ПАП «Агропродсервіс-Вест»; від курчат-бройлерів – Волинська обл., Луцький р-н, с. Холонів, ТзОВ «Птахокомплекс «Губин» і виділено 11 ізолятів бактерій роду *Enterococcus*, із яких 5 штамів було ідентифіковано до виду *Enterococcus faecium* – Efm-1, Efm-2 Efm-3 Efm-4, Efm-5. У ідентифікованих штамів *Enterococcus faecium* було підтверджено їх авірулентність за постановки біопроби на курчатах та надалі використано для визначення рівня антагоністичної активності і відбору перспективних пробіотичних культур.

В якості індикаторних використовували грамнегативні тестові культури *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium* ATCC 29630 та грампозитивну тестову культуру *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, взяті із Музею культур тестових мікроорганізмів ЛДЗБЕ. Попередньо всі тестові культури пройшли перевірку на відповідність основним типовим властивостям щодо кожного виду та були допущені до постановки основного дослідження.

Визначення рівня антагоністичної активності проводили дифузійними методами: методом відтермінованого антагонізму на чашках Петрі з 2,0 % м'ясо-пептонним агаром (МПА) та методом агарових блоків у нашій модифікації [14].

Перед постановкою основного дослідження проводили підтитрування дослідних культур *Enterococcus faecium* за загальноприйнятою методикою послідовних розведень з метою одержання росту поодиноких колоній після посіву бактеріальної суспензії на площині МПА. Для забезпечення таких умов

бактеріальна суспензія *Enterococcus faecium* була використана у концентрації 10^3 КУО/см³ [15].

Висіану на чашки Петрі з МПА бактеріальну суспензію *Enterococcus faecium* інкубували за температури 37 ± 1 °С протягом 24 год. Після термостатування у чашки Петрі з вирослими поодинокими колоніями дослідного ізоляту наносили хлороформ в об'ємі (2–3 см³) на всю площину чашки, витримували протягом 5 хв, зливали залишки та підсушували поверхню МПА з макроколоніями в асептичних умовах протягом 30 хв.

Поряд проводили посіви добових тестових культур мікроорганізмів *P. aeruginosa* ATCC 15442, *E. coli* ATCC 25922, *S. typhimurium* ATCC 29630, *S. aureus* ATCC 6538 на м'ясо-пептонний бульйон (МПБ) та підсушували їх у термостаті за температури 37 ± 1 °С протягом 6 год. В пробірки в асептичних умовах розливали по 5,0 см³ розплавленого і охолодженого до температури 45 ± 1 °С 0,7 % напіврідкого поживного агару (НРА). Відразу у напіврідкий агар вносили в об'ємі по 0,1 см³ одержані бульйонні тест-культури, швидко і ретельно перемішували суміш та розливали на підсушені чашки Петрі з колоніями дослідних мікроорганізмів *Enterococcus faecium*, ретельно розподіляючи по поверхні МПА. Після повного застигання суміші НРА з відповідною тестовою культурою, чашки переносили до термостату та інкубували посіви за температури 37 ± 1 °С протягом 24 год.

Кожний дослідний штам *Enterococcus faecium* з відповідними тестовими культурами бактерій був досліджений триразово.

Поряд з основним дослідом ставили контролі росту тестових культур бактерій аналогічно, але без посіву дослідних штамів *Enterococcus faecium*.

Облік результатів проводили, визначаючи діаметр зон інгібування росту або констатуючи її відсутність у тестових бактерій навколо макроколоній дослідних мікроорганізмів *Enterococcus faecium*. Рівень антагоністичної активності дослідних штамів *Enterococcus faecium* вважали умовно низьким, якщо діаметр зони затримки росту коливався у межах від 7 до 14 мм; середній рівень – в межах 14–26 мм; високий рівень – в межах 27–36 мм та дуже високий рівень – більше 36 мм за інтенсивного росту індикаторних тестових бактерій у відповідних контролях.

Після обліку результатів з визначення рівня антагоністичної активності, одержані показники було оброблено статистично [16].

Для підтвердження достовірності результатів основного досліді, поставленого методом відтермінованого антагонізму, паралельно нами був застосований методом агарових блоків у нашій модифікації [15].

Агарові блоки виготовляли шляхом внесення бактеріальної суспензії *Enterococcus faecium* в розплавлений та охолоджений до температури 45 ± 1 °С МПА у співвідношенні 1:10 (1 частина розведеної бактеріальної суспензії та 9 частин агаризованого середовища), ретельно перемішували та розливали в стерильні чашки Петрі по 15,0 см³ у кожену. Чашки залишали до повного застигання середовища та проводили культивування у термостаті за темпе-

ратури 37 ± 1 °С протягом 24 год. Після культивування в асептичних умовах із засіяного агару за допомогою стерильного пробійника з діаметром 9 мм вирізали агарові блоки.

Добові тестові культури мікроорганізмів *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 15442, *S. typhimurium* ATCC 29630 та *S. aureus* ATCC 6538 одержували шляхом посівів вище означених культур на МПА з культивуванням у термостаті за температури 37 ± 1 °С протягом 24 год. Після культивування в асептичних умовах проводили змив відповідних тестових бактерій стерильним фізіологічним розчином та виготовляли бактеріальну суспензію з концентрацією 0,5 ОО за оптичним стандартом каламутності Мак-Фарланда. Одержані бактеріальні суспензії висівали кожену окремо на чашки Петрі з МПА, ретельно розтирали по всій площині середовища для майбутнього отримання якісного газону тестових бактерій. Чашки з посівами залишали за кімнатної температури протягом 15 хв для дифузії в агар відповідних тестових мікроорганізмів. Далі на поверхню засіяних чашок накладали по 3 вирізані агарові блоки з бактеріями *Enterococcus faecium*, рівновіддалено один від одного та культивували за температури 37 ± 1 °С протягом 24 год.

Облік результатів проводили за величиною діаметрів зон пригнічення росту тестових культур мікроорганізмів аналогічно, як за методу відтермінованого антагонізму.

За закінчення основних дослідів, поставлених обома дифузійними методами, було проведено порівняльний аналіз одержаних результатів для кожного дослідного штаму *Enterococcus faecium* та відібрані перспективні пробіотичні мікроорганізми для подальшої перспективної роботи.

Результати та їх обговорення

Результати досліджень здійснені методом відтермінованого антагонізму 5 штамів *Enterococcus faecium* стосовно встановлення рівня антибактеріальної активності щодо тестових мікроорганізмів *E. coli* ATCC 25922 засвідчили високий її рівень у 3 штамів: Efm-1, Efm-2 Efm-4, що становило 60,0 % від загальної кількості дослідних ізолятів. У 2 штамів: Efm-3 і Efm-5 встановлено дуже високий рівень антагоністичної активності, що було підтверджено величиною діаметрів зон інгібування росту *E. coli* ATCC 25922 в межах $39,4 \pm 0,3$ та $40,2 \pm 1,7$ мм відповідно та знаходилися в діапазоні значень такого рівня антагонізму.

Дослідження *in vitro* рівнів антагоністичної активності дослідних штамів *Enterococcus faecium* стосовно *P. aeruginosa* ATCC 15442 показали незначну кілерну дію та підтвердили не надто високий рівень антагоністичної активності. Із п'яти лише 3 штами – Efm-1, Efm-3, Efm-5, за величиною показників ($26,6 \pm 1,3$; $29 \pm 1,3$; $29 \pm 1,3$ відповідно), відповідали критеріям високої антагоністичної активності, інші – мали середній рівень антагонізму за взаємодії з псевдомонадами, але при цьому за інтенсивного росту тестової культури у контролях росту.

Дослідження *in vitro* рівнів антагоністичної активності дослідних штамів *Enterococcus faecium* стосовно *P. aeruginosa* ATCC 15442 показали незначну кілерну дію та підтвердили не надто високий рівень антагоністичної активності. Із п'яти лише 3 штами – Efm-1, Efm-3, Efm-5, за величиною

показників (26,6±1,3; 29±1,3; 29±1,3 відповідно), відповідали критеріям високої антагоністичної активності, інші – мали середній рівень антагонізму за взаємодії з псевдомонадами, але при цьому за інтенсивного росту тестової культури у контролях росту (табл. 1).

Таблиця 1

Результати досліджень методом відтермінованого антагонізму рівня антагоністичної активності ізолятів *Enterococcus faecium* за взаємодії з грампозитивними і грамнегативними тестовими бактеріями, M±m, мм, n=5

| № з/п | Назва мікроорганізму | Назва штаму | Культури тестових мікроорганізмів | | | | | | | |
|-------|-----------------------------|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | | | <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 | | <i>P. aeruginosa</i> ATCC 15442 | | <i>S. typhimurium</i> ATCC 29630 | | <i>S. aureus</i> ATCC 6538 | |
| | | | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності |
| 1. | <i>Enterococcus faecium</i> | Efm-1 | 29±1,3 | В | 26,6±1,3 | В | 12±0,7 | Н | 24±0,7 | С |
| 2. | – «» – | Efm-2 | 32,4±0,3 | В | 22±1,3 | С | 14±0,7 | Н | 20±0,7 | С |
| 3. | – «» – | Efm-3 | 39,4±1,3 | Дв | 29,0±1,3 | В | 17,2±0,7 | С | 28,2±0,7 | В |
| 4. | – «» – | Efm-4 | 27±0,3 | В | 20,0±1,3 | С | 14±0,7 | Н | 21±0,7 | С |
| 5. | – «» – | Efm-5 | 40,2±2,7 | Дв | 29,2±1,3 | В | 28,2±0,7 | В | 35,2±0,7 | В |

Примітки: рівні антагоністичної активності – «Н» – низький; «С» – середній; «В» – високий; «Дв» – дуже високий.

За результатами досліджень рівень антагонізму серед штамів *Enterococcus faecium* за взаємодії з тестовою культурою *S. typhimurium* ATCC 29630, виявився не надто значним. Із п'яти лише штам Efm-5 проявляв антагоністичну дію, яка відповідала параметрам високого рівня антагонізму з показниками 28,2±0,7 мм інгібування росту тестової культури. Штам *Enterococcus faecium* Efm-5 щодо *S. typhimurium* ATCC 29630 проявляв середню антагоністичну дію з зоною інгібування росту 17,2±0,7 мм. У всіх інших штамів зона інгібування росту була меншою і знаходилася у межах, які відповідали низькому рівню антагонізму.

Високі рівні антагоністичної активності за досліджень *in vitro* ізолятів *Enterococcus faecium* щодо дії на грампозитивні тестові бактерії *S. aureus* ATCC 6538 були виявлені у штамів Efm-3 і Efm-5 (28±0,7 мм діаметр зони інгібування росту і 35,2±0,7 мм відповідно), поряд з інтенсивним ростом тестової культури у контролі. Всім іншим дослідним штамам *Enterococcus faecium* був притаманний середній рівень антагоністичної активності, що засвідчено одержаними показниками.

Таким чином, за встановлення рівня антагоністичної активності відповідно до показників діаметру зон інгібування росту тестових культур серед п'яти досліджених штамів *Enterococcus faecium* в якості пробіотичних виділено 2 штами – Efm-3 і Efm-5, як такі що відрізнялися дуже високою антагоністичною активністю до тестової культури *E. coli* ATCC 25922 (39,4±0,3 та 40,2±1,7 мм

відповідно); високим рівнем антагонізму до *P. aeruginosa* ATCC 15442 (26,6±1,3; 29±1,3; 29±1,3 мм відповідно) та *S. aureus* ATCC 6538 (28±0,7 мм діаметр зони інгібування росту і 35,2±0,7 мм відповідно); високим та середнім рівнями антагоністичних властивостей щодо *S. typhimurium* ATCC 29630 (Efm-3 – 17,2±0,7 мм та Efm-5 – 28,2±0,7 мм).

Результати досліджень з встановлення рівня антагоністичної активності штамів *Enterococcus faecium* стосовно взаємодії з грамнегативними і грампозитивними тестовими бактеріями показав незначну різницю між показниками за застосування різних методів досліджень – методу відтермінованого антагонізму і методу агарових блоків. За результатами досліджень рівня антагонізму дослідних штамів *Enterococcus faecium* методом агарових блоків було виявлено несуттєве зниження показників стосовно взаємодії з тестовими культурами, порівняно з показниками, одержаними за застосування методу відтермінованого антагонізму.

Аналіз результатів досліджень методом агарових блоків штамів Efm-3 та Efm-5 *Enterococcus faecium* підтвердив, що величини показників щодо антагоністичної дії на тестові культури *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 15442, *S. typhimurium* ATCC 29630, *S. aureus* ATCC 6538 знаходився в межах значень, які були притаманні за результатами досліджень методом відтермінованого антагонізму (табл. 2).

Таблиця 2

Результати досліджень методом агарових блоків рівня антагоністичної активності ізолятів *Enterococcus faecium* за взаємодії з грамнегативними і грампозитивними тестовими бактеріями, $M \pm m$, мм, $n=5$

| № з/п | Назва мікроорганізму | Назва штаму | Культури тестових мікроорганізмів | | | | | | | |
|-------|-----------------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | | | <i>E. coli</i> ATCC 25922 | | <i>P. aeruginosa</i> ATCC 15442 | | <i>S. typhimurium</i> ATCC 29630 | | <i>S. aureus</i> ATCC 6538 | |
| | | | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності | діаметр зони інгібування росту, мм | рівень антагоністичної активності |
| 1. | <i>Enterococcus faecium</i> | Efm-1 | 25,0±0,3 | С | 23,6±0,3 | С | 12,2±0,7 | Н | 24,2±0,7 | С |
| 2. | – «» – | Efm-2 | 30,4±1,7 | В | 21,6±1,7 | С | 14,0±0,7 | Н | 20,8±0,7 | С |
| 3. | – «» – | Efm-3 | 36,4±0,3 | Дв | 28,4±0,7 | В | 17,2±1,7 | С | 28,4±0,7 | В |
| 4. | – «» – | Efm-4 | 25,0±0,3 | С | 21,6±1,7 | С | 13,8±0,7 | Н | 26,6±0,7 | С |
| 5. | – «» – | Efm-5 | 39,4±2,7 | Дв | 28,8±0,7 | В | 28,6±0,7 | В | 34,2±0,17 | В |

Примітки: рівні антагоністичної активності – «Н» – низький; «С» – середній; «В» – високий; «Дв» – дуже високий.

Вчені проявляють неабиякий інтерес до деяких видів ентерококів, зокрема *Enterococcus faecium*, щодо можливості їх застосування, як пробіотичних мікроорганізмів для конструювання пробіотиків, завдячуючи їх стійкості до несприятливих умов зовнішнього і внутрішнього середовищ. Але існує серйозне занепокоєння щодо використання бактерій роду *Enterococcus* у складі пробіотичних препаратів, оскільки вони швидко реагують на несприятливі фактори для їх життєдіяльності, відповідаючи генетичними змінами стійкості до того чи іншого подразника. Тому, дослідники наголошують на тому, що потрібно проводити поглиблені дослідження для відбору саме безпечних штамів ентерококів [12, 16–18].

Наявність у пробіотиків високої антагоністичної активності щодо умовно-патогенних бактерій і помірно виражений рівень адгезії робить їх привабливими у сенсі необхідних чинників, що забезпечують порівняно швидке якісне і кількісне відновлення популяції нормофлори шлунково-кишкового тракту, видів лакто- і біфідобактерій, зокрема [19–21].

Результати наших досліджень, проведених *in vitro* з встановлення рівня антагоністичної активності штамів *Enterococcus faecium*, підтвердили дуже високий, високий та середній антагонізм за величиною зон інгібування росту після взаємодії з грамнегативними і грампозитивними тестовими культурами що підтверджує їх пробіотичні спроможності.

Висновок

Встановлено *in vitro* методами відтермінованого антагонізму та агарових блоків у 2 штамів *Enterococcus faecium* – Efm-3 і Efm-5 дуже високий та високий рівні антагоністичної активності після їхньої взаємодії з грамнегативними і грампозитивними тестовими бактеріями *E. coli* ATCC 25922 (діаметри зон інгібування росту 39,4±1,3/36,4±0,3 і 42,2±2,7/39,4±2,7 мм відповідно до штамів і методів), *P. aeruginosa* ATCC 15442 (29,0±1,3/28,4±0,7 і 29,2±1,3/39,4±2,7), *S. typhimurium* ATCC 29630

(17,2±0,7/17,2±1,7 і 28,2±0,7/28,6±0,7) і *S. aureus* ATCC 6538 (28,2±0,07/28,4±0,7 і 35,2±0,7/34,2±0,17). Штами Efm-3 і Efm-5 *Enterococcus faecium* відібрано в якості перспективних пробіотичних мікроорганізмів для конструювання біологічних препаратів.

Перспективи подальших досліджень будуть зосереджені на визначенні чутливості до антибіотиків пробіотичних штамів *Enterococcus faecium* через існуючу небезпеку щодо їхньої стійкості до антибіотичних препаратів, оскільки їм притаманна пряма передача набутих факторів антибіотико-резистентності мікробіоті навколишнього середовища, в т. ч. і шлунково-кишкового тракту птиці за умови використання таких штамів у складі пробіотиків.

Конфлікт інтересів




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

References

- Kurtiak, B. M., & Romanovych, M. M. (2015). Zastosuvannya probiotyktiv u ptakhivnytstvi – osnova epizootychnoho blahopoluchchia ptakho hospodarstv. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 17, 2 (62), 101–103. [in Ukrainian]
- Stoianovskiy, V. H., Kolomiets, I. A., Kolotnytskyi, V. A., & Kamratska, O. I. (2013). Mikroekolohichna systema kyshechnyku broileriv ta sposoby yii bionormalizatsii. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Veterynarnoi Medytsyny ta Biotekhnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 15, 3 (57), 319–322. [in Ukrainian]
- Kalinichenko, S. V., Korotkykh, O. O., & Tishchenko, I. Yu. (2016). Suchasni napriamky stvorennia ta udoskonalennia probiotyktiv. *Ukrainskyi Biofarmatsevtichnyi Zhurnal*, 1 (42), 4–9. [in Ukrainian]
- Cash, B. D. (2014). Emerging Role of Probiotics and Antimicrobials in the Management of Irritable Bowel Syndrome. *Current Medical Research and Opinion*, 30 (7), 1405–1415. <https://doi.org/10.1185/03007995.2014.908278>
- Donaldson, G. P., Lee, S. M., & Mazmanian, S. K. (2016). Gut biogeography of the bacterial microbiota. *Nature Reviews Microbiology*, 14 (1), 20–32.

6. Medvid, S. M., Hunchak, A. V., Stefanishyn, O. M., & Pashchenko A. H. (2017). Stan mikrobiotsenozu kurchatbroileriv za dii tsytrativ mikroelementiv. *Naukovyi Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Universytetu Vetrynarnoi Medytsyny ta Biotehnologii im. S. Z. Gzhytskoho*, 19 (74), 224–228. [in Ukrainian]
7. Borshch, S. D. (2008). Dyferentsiiovane vykorystannia probiotykyv dlia antahonistychnoho vplyvu na hram pozytyvni bakterii u likuvanni kyshkovykh infektsii i syndromu bakteriozu kyshechnyka. *Liky Ukrainy*, 6 (122), 69–74. [in Ukrainian]
8. Borshch, K. S., Vooitsekhivskiy, V. H., & Mishchuk, V. H. (2006). Mikrobiolohichne obruntuвання pokaziv do vykorystannia preparatu «Enterol-250» dlia eliminatsii zbudnykyv kyshkovykh infektsii i dysbakteriozu kyshechnyka. *Arkhiv Klinichnoi Medytsyny*, 2, 20–24. [in Ukrainian]
9. Trykhliv, V. I. (2019). Enterokoky yak hlobalno vazhlyvi nozokomialni patoheny. Naukovo-praktychna konferentsiia z mizhnarodnoiu uchastiu «Aktualni infektsiini zakhvoriuvannia v praktytsi simeinoho likaria». *Novosti medytsyny y farmatsyy*, 7 (694), 1–4. [in Ukrainian]
10. Hadzevych, D. V., Dunaiev, Yu. K., & Hadzevych, O. V. (2014). Etiolohvchne znachennia enterokokiv ta yikh biolohichni vlastyvyosti u rozvytku infektsiinykh zakhvoriuvan velykoi rohatoi khudoby. *Vetrynarna Medytsyna*, 99, 79–83. [in Ukrainian]
11. Valyshev, A. V. (2012). Faktory patohennosti enterokokkov kyshechnoi mykroflory cheloveka. *Zhurnal Mykrobiolohyy, Epydemiolohyy y Imunolohyy*, 4 (20), 41–43. [in Russian]
12. Ben Braiek, O., & Smaoui, S. (2019). Enterococci: Between Emerging Pathogens and Potential Probiotics. *BioMed Research International*, 2019, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2019/5938210>
13. Dehtiarenko, N. V., Shynkarenko, L. M., & Duhan, O. M. (2007). Kryterii vidboru probiotychnykh shtamiv mikroorhanizmv. *Naukovi Zapysky, Biolohiia ta Ekolohiia*; 67, 30–36. [in Ukrainian]
14. Lutgendorff, F., Nijmeijer, R. M., Sandström, P. A., Trulsson, L. M., Magnusson, K. E., Timmerman, H. M., van Minnen, L. P., Rijkers, G. T., Gooszen, H. G., & Akkermans, L. M. (2009). Probiotics prevent intestinal barrier dysfunction in acute pancreatitis in rats via induction of ileal mucosal glutathione biosynthesis. *PLoS ONE*, 4:e4512. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004512>
15. Ivchenko, V. M. (2004). *Dovidnyk sanitarno-mikrobiolohichnykh metodiv doslidzhennia kharchovykh produktiv ta obiektiv dovkillia*. Bila Tserkva [in Ukrainian]
16. Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
17. Uda, A., Shigemura, K., Kitagawa, K., Osawa, K., Onuma, K., Yan, Y., Nishioka, T., Fujisawa, M., Yano, I., & Miyara, T. (2021). risk factors for the acquisition of *Enterococcus faecium* infection and mortality in patients with enterococcal bacteremia: A 5-Year retrospective analysis in a tertiary care university hospital. *Antibiotics*, 10 (1), 64. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10010064>
18. Sattari-Maraji, A., Jabalameli, F., Node Farahani, N., Beigverdi, R., & Emaneini, M. (2019). Antimicrobial resistance pattern, virulence determinants and molecular analysis of *Enterococcus faecium* isolated from children infections in Iran. *BMC Microbiology*, 19 (1). <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1539-y>
19. Garkavenko, T. O., Gorbatyuk, O. I., Kozytyska, T. G., Andriyashchuk, V. O., & Dibkova, S. M. (2020). Determination of vancomycin-resistant strains (VRE) with VanA and VanB enzymes among field isolates of *Enterococcus* spp., obtained from drinking water samples. *Bulletin Veterinary Biotechnology*, 36, 21–33. https://doi.org/10.31073/vet_biotech36-02
20. Pidot, S. J., Gao, W., Buultjens, A. H., Monk, I. R., Guerillot, R., Carter, G. P., Lee, J. Y. H., Lam, M. M. C., Grayson, M. L., Ballard, S. A., Mahony, A. A., Grabsch, E. A., Kotsanas, D., Korman, T. M., Coombs, G. W., Robinson, J. O., Gonçalves da Silva, A., Seemann, T., Howden, B. P., Johnson, D. R., & Stinear, T. P. (2018). Increasing tolerance of hospital *Enterococcus faecium* to handwash alcohols. *Science Translational Medicine*, 10 (452). <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aar6115>
21. Behnsen, J., Deriu, E., Sassone-Corsi, M., & Raffatellu, M. (2013). Probiotics: properties, examples, and specific applications. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 3 (3), a010074–a010074. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a010074>

ORCID

- O. Chechet  <https://orcid.org/0000-0001-5099-5577>
- V. Kovalenko  <https://orcid.org/0000-0002-2416-5219>
- O. Gorbatyuk  <https://orcid.org/0000-0002-0573-2089>
- O. Gaidei  <https://orcid.org/0000-0003-4503-4047>
- N. Kuryata  <https://orcid.org/0000-0002-6958-1064>
- I. Musiets  <https://orcid.org/0000-0002-2456-560X>
- D. Ordynska  <https://orcid.org/0000-0003-3481-3248>
- L. Shalimova  <https://orcid.org/0000-0003-1159-7159>
- G. Buchkovska  <https://orcid.org/0009-0007-4449-614X>



© 2023 Chechet 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.

Results of experimental research on the distribution of a falling grain from a toro-shaped plate on a flat surface

V. Arendarenko | T. Samoilenko | O. Ivanov  | T. Ryzhkova

Article info

Correspondence Author

O. Ivanov

E-mail:

oleegivanov@yahoo.com

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

Citation: Arendarenko, V., Samoilenko, T., Ivanov, O., & Ryzhkova, T. (2023). Results of experimental research on the distribution of a falling grain from a toro-shaped plate on a flat surface. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (1), 96–101. doi: 10.31210/spi2023.26.01.15

It is known that silos are loaded with grain material by gravity, a compact jet. Such loading leads to the grain hitting the concrete bottom and the side surface of the silo is injured and unevenly compacted. Uneven compaction occurs due to the stratification of grain material by size and mass. Gravitational loading of grain material in this way leads to the formation of segregation in the middle of the silo structure. Various damping devices are used to eliminate these shortcomings. At the Department of Technology and Equipment of Processing and Food Production of the Poltava State Agrarian University, a laboratory setup was developed, with the help of which research was conducted on the distribution of winter wheat grain falling from a fixed height onto a torus-shaped plate, and from it onto the concrete bottom of the installation. As a result of the research, it was established that the best distribution of grain along the bottom of a cylindrical container occurs when using a torus-shaped plate with an angle of inclination of the source to the horizon of 12°, but at the same time, the height of dumping must exceed 1.5 m. When dumping winter wheat grain using a plate with an angle of inclination of the source to the 15° and 18° horizon, a uniform grain distribution is observed on the annular planes S1, S2 and S3. Such studies enable producers to correctly install braking devices that reduce grain injury and segregation.

Keywords: distribution, grain, torus plate, installation, experiment, histograms.

Результати експериментальних досліджень по розподіленню падаючого зерна з тороподібної тарілки на пласку поверхню

В. М. Арендаренко | Т. В. Самойленко | О. М. Іванов | Т. Ю. Рижкова

Полтавський державний
аграрний університет
м. Полтава, Україна

Відомо, що завантаження силосів зерновим матеріалом, відбувається гравітаційним способом, компактним струменем. Таке завантаження призводить до того, що зерно вдаряється об бетонне дно та бокову поверхню силосу травмується і нерівномірно ущільнюється. Нерівномірне ущільнення відбувається внаслідок розшарування зернового матеріалу по величині і масі. Гравітаційне завантаження зернового матеріалу таким способом призводить до утворення в середині силосної споруди сегрегації. Для усунення цих недоліків використовуються різні демпферні пристрої. На кафедрі технології та обладнання переробних і харчових виробництв Полтавського державного аграрного університету була розроблена лабораторна установка за допомогою якої проводились дослідження по розподіленню зерна озимої пшениці, котре падаючи з фіксованої висоти на тороподібну тарілку, а з неї на бетонне дно установки. В результаті досліджень встановлено, що найкраще розподілення зерна по дну циліндричної ємності відбувається при використанні тороподібної тарілки з кутом нахилу твірної до горизонту 12°, але при цьому висота скидання повинна перевищувати 1,5 м. При скиданні зерна озимої пшениці з використанням тарілки із кутом нахилу твірної до горизонту 15° і 18°, спостерігається рівномірне розподілення зерна на кільцевих площинах S₁, S₂ і S₃. Такі дослідження дають можливість виробникам правильно встановлювати гальмуючі пристрої, котрі зменшують травмування зерна та його сегрегацію.

Ключові слова: розподілення, зерно, тороподібна тарілка, установка, дослід, гістограми.

Бібліографічний опис для цитування: Арендаренко В. М., Самойленко Т. В., Іванов О. М., Рижкова Т. Ю. Результати експериментальних досліджень по розподіленню падаючого зерна з тороподібної тарілки на пласку поверхню. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (1). С. 96–101.

Вступ

Сучасні силосні споруди які використовуються на елеваторах завантажуються двома способами: струменем або самопливом [1–3]. Такі способи завантаження приводять до травмування зерна (особливо в початковому періоді, коли зерно досягає бетонного дна силосу), сегрегації яка в свою чергу сприяє значному ущільненню зернового матеріалу у його нижніх шарах.

Сегрегація в силосах виникає в результаті нерівномірного розподілення сипкого матеріалу, який відрізняється між собою по величині, формі і щільності. Сегрегація зернового матеріалу спостерігається як на стадії вільного падіння зерна, так і на поверхні зернового насипу, внаслідок скочування великих і важких зернівок до стінок силосної ємності. Це явище приводить до зниженню міцності силосного бункера [4–8].

На рівень сегрегації зернового матеріалу в силосних спорудах основний вплив має дальність польоту їх зернівок, яка в свою чергу залежить від фізико-механічних властивостей завантажувального зерна. На результати робочого процесу завантаження, особливо на першому етапі, мають вплив такі фізико-механічні властивості зерна як об'ємна маса, парусність, сипучість, вологість щільність, питома вага, пружність. Але головними чинниками, котрі впливають на рівномірність заповнення циліндричних ємностей зерновим матеріалом є об'ємна маса, парусність та пружність зерна. Пояснюється це тим, що при падінні зернового матеріалу на дно силосної споруди різні за розмірами та щільністю зернівки отримують однакову скидальну швидкість, але різні значення кінетичної енергії, а в стадії гравітаційного польоту – різний опір повітря. Кінетична енергія зернівок з яких складається завантажувальний матеріал, та їх дальність польоту в основному залежить від розмірів та маси частинок ніж опору повітря [9–12].

Негативні наслідки нерівномірного розподілення зернового матеріалу по всій площі ємності

проявляється як в процесі завантаження так і при розвантаженні силосних бункерів. Крім того розшарування зернового матеріалу в середині бункера приводить до утворення склепін, які суттєво впливають на вивантаження зерна із ємності. Підвищена неоднорідність сипкого зернового матеріалу внаслідок сегрегації знижує технологічну придатність і споживчу вартість зерна [13–17].

Під час вільного падіння у середині силосної споруди зерновий матеріал розділяється на пилову і зернову частини. Пилова частина стає джерелом забруднення повітря, що являється згубним явищем для здоров'я людей які працюють на елеваторних підприємствах.

Виходячи із вище сказаного рівномірне та обережне завантаження силосів зерновим матеріалом є актуальною задачею.

Мета дослідження

Метою дослідження є вивчення характеру розподілення зерна озимої пшениці котре падає з фіксованої висоти спочатку на демпферну тороподібну тарілку, а з неї на пласку тверду поверхню.

Завдання дослідження. Дослідити як буде змінюватись характер розподілення зерна озимої пшениці, що падає з певної висоти на пласку тверду поверхню бетонного дна із тороподібною тарілки, кут бокової поверхні якої має три різні значення.

Матеріали і методи

Авторами даної статті була розроблена лабораторна установка за допомогою якої проводились дослідження по характеру розподілення падаючого із заданої висоти зернового матеріалу на пласке дно циліндричної ємності (рис. 1). Вихідним зерновим матеріалом слугувало зерно озимої пшениці.

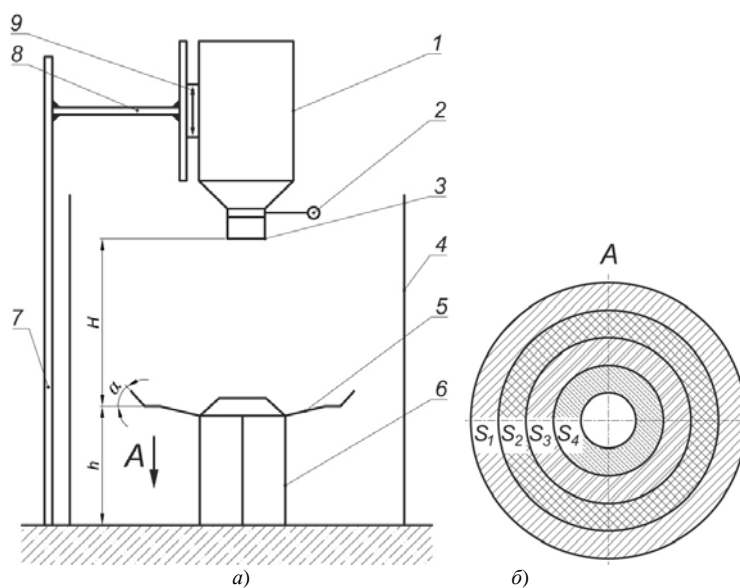


Рис. 1 Лабораторна установка: а) дослідна установка; б) кільцеві області на бетонному дні установки

Лабораторна установка (рис. 1, а) складається із бункера 1, засува 2, вихідного патрубку 3, циліндричної ємності 4, тороподібної тарілки 5, установочної платформи 6, стояка вертикального 7, квадратної труби 8, механізму підйому та опускання бункера 9. Циліндрична ємність 4 в масштабі імітує силос для зберігання зерна висотою 24 м і діаметром 16 м. Лабораторна установка має висоту 1,2 м, а її діаметр рівний 0,8 м. На бетонному дні циліндричної ємності кольоровою крейдою нанесені чотири концентричні кола (рис 1, б) відповідно діаметрами: 0,7 м, 0,6 м, 0,5 м і 0,4 м. Ці кола утворили чотири кільцеві області S1, S2, S3 і S4. Край тороподібної тарілки, яка має діаметр 0,16 м, вигнутий під кутом α до горизонту. В дослідях використовували три різні тарілки з кутами: $\alpha = 18024'$; $\alpha = 15023'$; $\alpha = 12051'$. Тороподібна тарілка встановлюється по центру бетонного дна установки на установочній платформі 5. Висота від бетонного дна до тороподібної тарілки h не змінна і дорівнює 300 мм. На пристрій для обережного завантаження зерна в силос був отриманий патент на корисну модель за номером UA 15628 U [18].

Працює лабораторна установка так, в бункер 1 завантажуються попередньо зважений на електронних вагах зерновий матеріал. За допомогою механізму підйому та опускання встановлюється висота H з якої зерновий матеріал під дією гравітаційної сили падає на тороподібну тарілку, а з неї на бетонне дно ємності. Падаючи на тороподібну тарілку зерно торкаючись її вигнутої поверхні і за рахунок своєї інерції, ковзаючи по ній, вилітає з тарілки в гору, гасячи таким чином зайву кінетичну енергію. В залежності від отриманої швидкості і маси зернівок, відбувається розподілення зернового матеріалу по круглій поверхні бетонного дна лабораторної установки. Зернівки які мають найменшу швидкість падають на кругову поверхню ближче до центра, а зернівки які мають більшу швидкість падають даліше центра ємності. Після

завершення дослідів, на встановленій висоті H , вміст зерна на чотирьох кругових поверхнях збирався в окремі чашки. Вміст зерна в чашках по черзі зважується і визначається функція щільності розподілення зернового матеріалу.

Кількість необхідного числа повторності дослідів при вибраному куту α і висоті H визначали за формулою [19 - 20]:

$$n = \frac{t^2 \cdot G^2}{(\Delta_{\text{від}} \cdot \bar{x})^2}, \quad (1)$$

де t – критерій Стьюдента; G^2 – дисперсія генеральної сукупності величини часу витікання зерна із бункера; $\Delta_{\text{від}}$ задана відносна похибка; \bar{x} середня арифметична величина часу витікання сипкого зернового матеріалу по результатам пробних дослідів.

Результати та їх обговорення

В дослідях використовувались три тороподібні тарілки, вершини яких спрямовані вниз. На рис. 2 і 3 приведені гістограми, які вказують на характер розподілення зернового матеріалу по дну лабораторної установки з використанням демпферних тороподібних тарілок, які мають три різних кута нахилу твірної до горизонту. Скидання зерна для даних тарілок проводились із двох висот 1,0 м, 1,4 м відповідно.

Під час взаємодії падаючого зернового матеріалу з робочою поверхнею тороподібної тарілки відбувається зміна лінійної швидкості зерна по величині і напрямку при його падіння на бетонне дно лабораторної установки.

На рис. 2 а, б, в представлені гістограми розподілення зернового матеріалу по дну ємності в залежності від трьох кутів нахилу твірної тарілки до горизонту. Зерновий матеріал скидався з висоти 1,0 м.

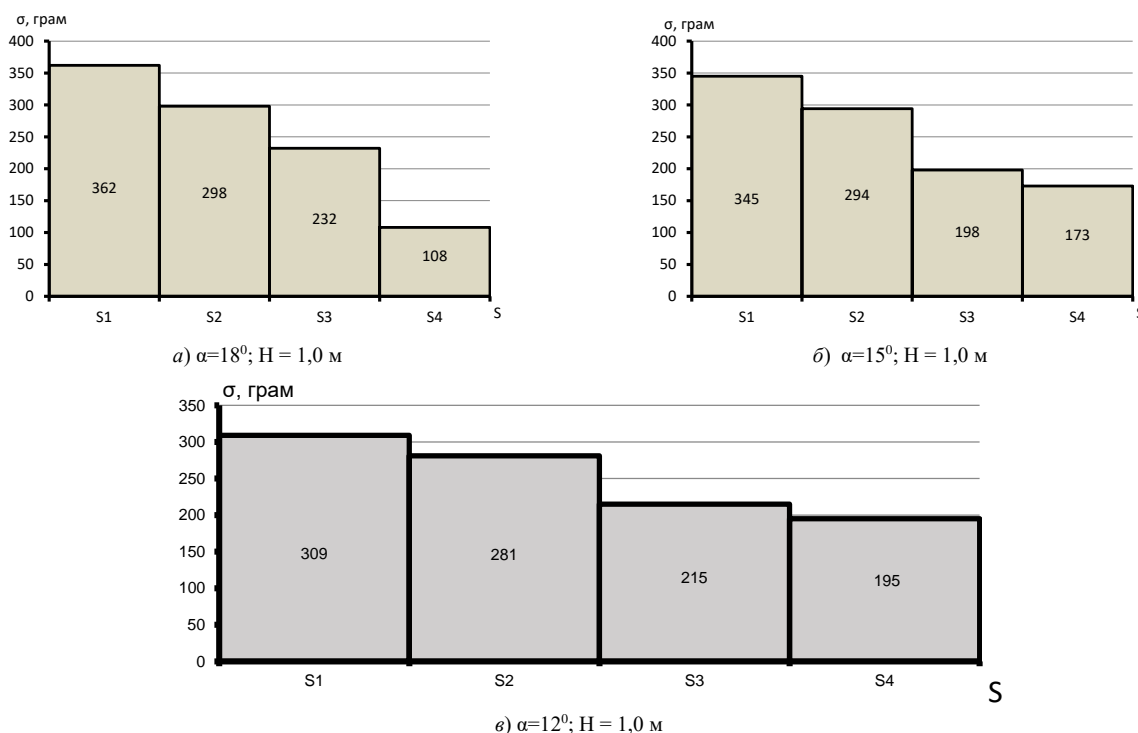


Рис. 2. Гістограми розподілення зернового матеріалу по дну циліндричної ємності при скиданні його з висоти 1 м:

а – кут нахилу твірної до горизонту 18° ; б - кут нахилу твірної до горизонту 15° ; в - кут нахилу твірної до горизонту 12°

З рисунку видно, що кут нахилу твірної суттєво впливає на характер розподілення зернового матеріалу по дну ємності. При куту $\alpha = 12^\circ$ спостерігається найбільш рівномірне розподілення зернового матеріалу по всій площі ємності.

На рис. 3 а, б, в приведені гістограми розподілення зернового матеріалу при його скиданні з висоти 1,4 м. Падаючи з цієї висоти на тарілки з трьома різними

кутами нахилу твірної тарілки до горизонту, встановлено, що найкраще розподілення зернового матеріалу по всій площі ємності при куту $\alpha = 12^\circ$. Крім того виявлено, що при збільшенні кута α росте і сегрегація зернового матеріалу у досліджує мій ємності.

Результати розподілення зернового матеріалу по дну лабораторної установки наведені на рис. 4–6.

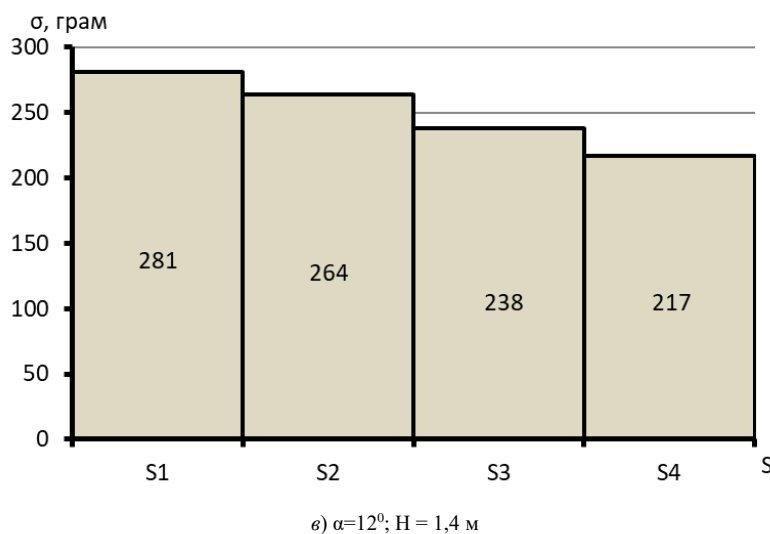
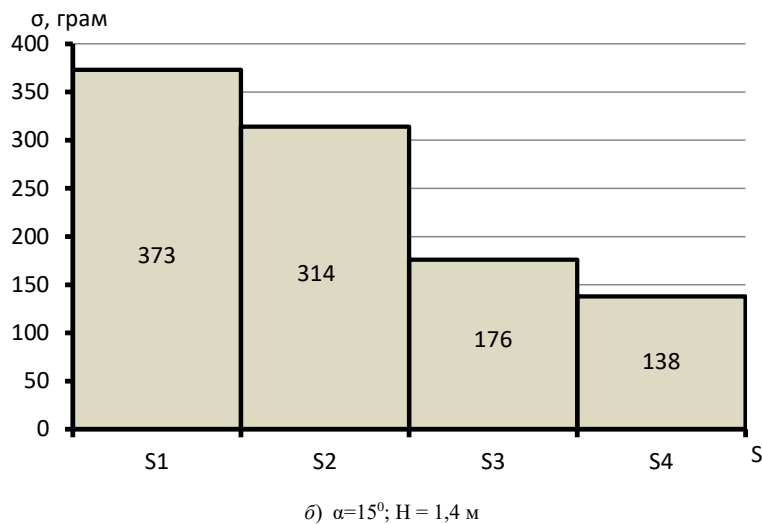
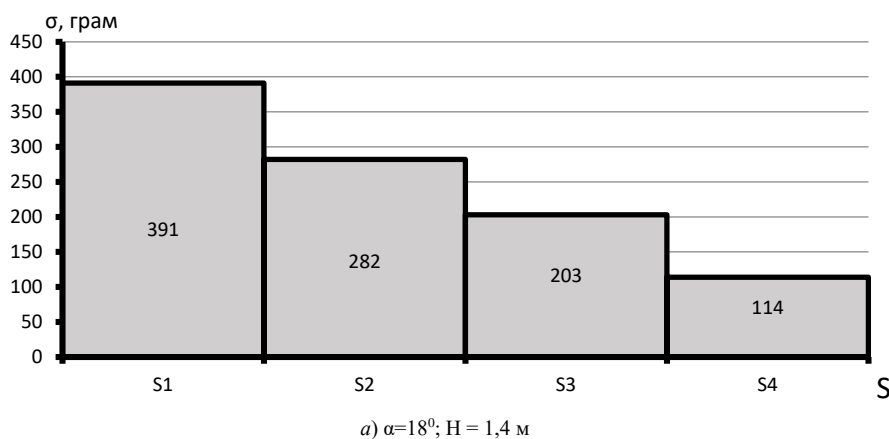


Рис. 3. Гістограми розподілення зернового матеріалу по дну циліндричної ємності при скиданні його з висоти 1,4 м:

а – кут нахилу твірної до горизонту 18° ; б - кут нахилу твірної до горизонту 15° ; в - кут нахилу твірної до горизонту 12°

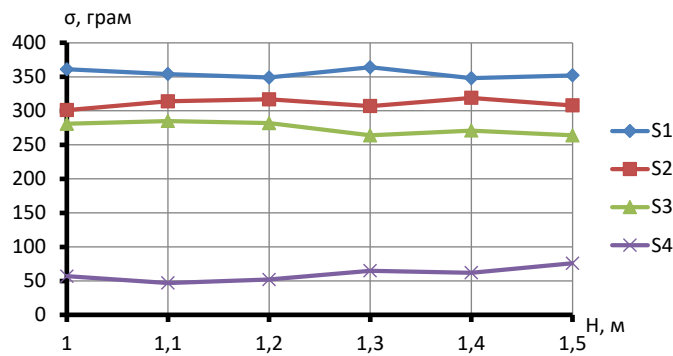


Рис. 4. Залежність розподілення падаючого з різної висоти зерна озимої пшениці по дну циліндричної ємності для тороподібної тарілки з кутом нахилу твірної до горизонту 18°

Із рисунку видно, що падаючий зерновий матеріал по різному розподіляється по круговим площинам. Так при скидання зерна з висоти 1,5 м на S_1 виявилось 324 грам зерна, на S_2 – 264 грам, на S_3 – 217 грам і на S_4 – 195 грам відповідно. Приблизно така ж тенденція розподілення зерна

пшениці спостерігається і при інших висотах скидання.

На рис. 5 представлені графіки розподілення зерна озимої пшениці яке скидалась на дно циліндричної ємності з використанням тороподібної тарілки із кутом нахилу твірної до горизонту 15°.

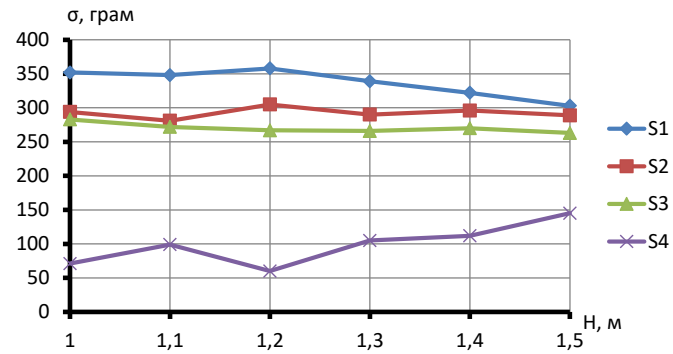


Рис. 5. Залежність розподілення падаючого з різної висоти зерна озимої пшениці по дну циліндричної ємності для тороподібної тарілки з кутом нахилу твірної до горизонту 15°

З рис. 5 видно, що при скиданні зерна пшениці з висоти 1,5 м щільність розподілення дещо різниться під попереднього дослід. Так на S_1 виявили 303 грам зерна, на S_2 – 289 грам, на S_3 – 263 грам і на S_4 – 145 грам.

На рис. 6 представлені графіки розподілення зерна озимої пшениці яке скидалась на дно циліндричної ємності з використанням тороподібної тарілки із кутом нахилу твірної до горизонту 12°.

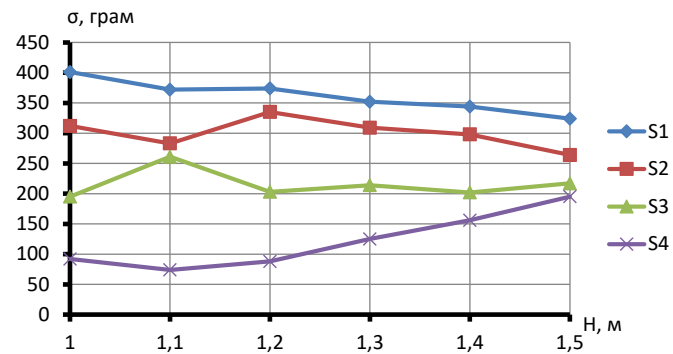


Рис. 6. Залежність розподілення падаючого з різної висоти зерна озимої пшениці по дну циліндричної ємності

З рис. 6 видно, що при скиданні зерна пшениці з висоти 1,5 м спостерігається більш менш рівномірне розподілення зернового матеріалу по всій площі

ємності. Так при скиданні зерна озимої пшениці з висоти 1,5 м на S_1 виявили 324 грам зерна, на S_2 – 284 грам, на S_3 – 217 грам і на S_4 – 195 грам.

Висновок

З проведених досліджень видно, що розподілення зернового матеріалу по дну циліндричної ємності з використанням тороподібної тарілки залежить в першу чергу від висоти скидання зерна і від кута нахилу твірної тороподібної тарілки до горизонту. Найкраще розподілення зерна по дну циліндричної ємності відбувається при використанні тороподібної тарілки з кутом нахилу твірної до горизонту 12° , але при цьому висота скидання повинна перевищувати 1,5 м. При скиданні зерна озимої пшениці з використанням тарілки із кутом нахилу твірної до горизонту 15° і 18° , спостерігається рівномірне розподілення зерна на кільцевих площинах S_1 , S_2 і S_3 . Такі дослідження дають можливість виробникам правильно встановлювати гальмуючі пристрої, котрі зменшують травмування зерна і його сегрегацію.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть направлені на розробленні теорії руху зернового матеріалу по трьом ділянках його руху. Вільне падіння з бункера до тороподібної тарілки, рух по самій тарілці і вільне падіння зерна на бетонне дно лабораторної установки.

Конфлікт інтересів

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

References

1. Bakalova, A. V. (2011). Stikist smorodiny chornoj. Vplyv mikroelementiv na stikist proty sysnykh. *Quarantine and Plant Protection*, 7, 19–22. [in Ukrainian]
1. Melnyk, V. I., & Samoilenko, T. V. (2018). Analiz napriamiv udoskonalennia konstruksii prystroiv dlia zavantazhennia sylosiv. *Inzheneriia Pryrodokorystuvannia*, 1, 83–91. [in Ukrainian]
2. Arendarenko, V. M., & Samoilenko, T. V. (2020). Sposoby zavantazhennia sylosiv zernovym materialom. *Tekhnologii i Zasoby Mekhanizatsii Silskohospodarskoho Vyrobnystva*, (52-54). Poltava [in Ukrainian]
3. Boumans, P. (1991). *E'fektivnaya obrabotka i xraneniya zerna*. Moskva [in Russian]
4. Gyachev, A. V. (1986). *Osnovy` teorii bunkerov i silosov*. Barnaul [in Russian]
5. Vinokurov, C. M., & Nikonov, S. N. (2008). *E`levatory`, sklady`, zernosusharki*. Saratov [in Russian]
6. Goryushinskij, I. V., & Mosina, N. N. (2003). Povysheniye kachestva funkcionirovaniya bunkerny`x xranilishh uluchsheniem ix zagruzki. *Puti povysheniya e'fektivnosti APK v usloviyax vstupleniya Rossii v VTO*, (343-345). Ufa [in Russian]
7. Arendarenko, V. M., Antonets, A. V., Savchenko, N. K., Samoilenko, T. V., & Ivanov, O. M. (2020). Rozrakhunkova model' hravitatsiynoho rukhu zernovoho materialu v pokhylomu kanali z diskretno zminnym kutom nakhylyu. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 4, 273–282. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.35> [in Ukrainian]
8. Dachevskij, M. I., & Zakladnogo, G. A. (1978). *Xranenie zerna i zernovy`x produktov*. Moskva: Kolos [in Russian]
9. Sevidzh, S. (1985). Gravitacionnoe techenie nesvyazannykh granulirovannykh materialov v lotkax i kanalax. *Mexanika granulirovannykh sred: Teoriya bystryx dvizhenij*, (86-146). [in Russian]
10. Samoilenko, T. V., Arendarenko, V. M., & Antonets, A. V. (2020). Kinematyka rukhu zerna za spiral'nym prystroym zi zminnym kutovym spuskom. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi Ahrarnoyi Akademiyi*, 1, 267–274. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.31> [in Ukrainian]
11. Arendarenko, V., Antonets, A., Ivanov, O., Dudnikov, I., & Samoilenko, T. (2021). Building an analytical model of the gravitational grain movement in an open screw channel with variable inclination angles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (111)), 100–112. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235451>
12. Dolgunin, V. N., & Borshhev, V. Ya. (2005). *By`stry'e gravitacionny'e techeniya zernisty`x materialov: texnika izmereniya, zakonomernosti, texnologicheskoe primeneniye*. Moskva: Mashinostroeniye [in Russian]
13. Derev'ianko, D., Sukmaniuk, O., Sarana, V., & Derev'ianko, O. (2020). Justification of influence of the working bodies of combine harvesters on damage and quality of seed. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 98 (2), 64–71. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202002-10>
14. Negi, S. C., Lu, Z., & Jofriet, J. C. (1997). A Numerical Model for Flow of Granular Materials in Silos. Part 2: Model Validation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 68 (3), 231–236. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0197>
15. Komchenko, E. V., & Basyuk, S. P. (2003). Vliyanie materiala stenok bunkera na istecheniye razlichny`x sy`puchix materialov. *E`Nergosberezenie i e`Nergosberegayushhie Texnologii v APK*, 1, 145–149 [in Russian]
16. Goryushinskij, I. V., & Mosina, N. N. (2001). K voprosu ocenki processa zagruzki emkostej sy`puchimi materialami. *Molody'e ucheny'e*, (83-84). Samara [in Russian]
17. Arendarenko, V. M., Samoilenko, T. V., & Ivanov, O. M. (2022). Patent Ukrayiny №151157. *Sposib zavantazhennya zerna u sylos*. Natsional'nyy orhani intelektual'noyi vlasnosti [in Ukrainian].
18. Samoilenko, T. V., Ivanov, O. M., & Arendarenko, V. M. (2018). Patent Ukrayiny №125628. *Prystriy dlya oberezhnoho zavantazhennya zerna v sylos*. Natsional'nyy orhani intelektual'noyi vlasnosti [in Ukrainian].
19. Lezhenkin, O., Golovlev, V., Mikhailenko, O., Rubtsov, M. (2019). Mathematical model of the movement of the combed grain heap after stripper harvesting module in the air flow. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University*, 19 (3), 14–21. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-14-21>
21. Dospehov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opy`ta*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].

ORCID

- V. Arendarenko  <https://orcid.org/0000-0003-0701-7983>
T. Samoilenko  <https://orcid.org/0000-0003-4756-6223>
O. Ivanov  <https://orcid.org/0000-0002-1761-9913>
T. Ryzhkova  <https://orcid.org/0000-0002-2403-6396>



2023 Arendarenko V. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Scientific Progress & Innovations

2023

Vol. 26, No. 1

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.

Формат 60x90/8. Ум. друк. арк. 12,6. Тираж 200 пр. Зам. № 1.
Видавець і виготовлювач: Полтавський державний аграрний університет.
Адреса: 36003, м. Полтава, вул. Сквороди, 1/3.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7933 від 13.09.2023 р.