МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X

ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК:

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

Заснований у 2005 р.

Випуск 1 (50)

Видавничий дім
«Гельветика»
2026

ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК:
СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ, ТЕХНІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ І ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Заснований у 2005 р.

Випуск 1 (50)

https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1
Виходить чотири рази на рік

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X

Засновник: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор:

Горюк Юлія Вікторівна – доктор ветеринарних наук, доцент, професор кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна

Заступник головного редактора:

Небаба Катерина Станіславівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна

Члени редакційної колегії:

Бабій Андрій Васильович – доктор технічних наук, професор, Завідувач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна
Блащик Лідія – доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут генетики рослин Польської академії наук, Познань, Польща
Боровик Віра Олександрівна – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України, Україна
Грушецький Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та точного землеробства імені Михайла Самокиша, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна
Данчук В'ячеслав Володимирович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна
Євстафієва Юлія Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна
Кухтин Микола Дмитрович – доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри харчової біотехнології та хімії, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна
Лучка Іван Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут біології тварин Національної академії аграрних наук України, Україна
Овчарук Олег Васильович – доктор сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри рослинництва, селекції та насінництва, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна
Пузік Людмила Михайлівна – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри плодоовочівництва і зберігання продукції рослинництва, Державний біотехнологічний університет, Україна
Пустова Зоя Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна
Рудь Анатолій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри агроінженерії та точного землеробства імені Михайла Самокиша, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», Україна
Ружальська Сільвія – доктор, професор, Університет в Лодзі, Польща
Сливка Ірина Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технології молока і молочних продуктів, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького, Україна
Самборські Анжей – доктор, директор Інституту мистецтва та фізичної культури, Академія мистецтв Замостя, Польща
Станкевич Сергій Володимирович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту і карантину рослин ім. Б. М. Литвинова, Державний біотехнологічний університет, Україна
Ярошук-Скісел Йоланта – доктор, професор, Університет Марії Кюрі-Склодовської в Любліні, Польща

Схвалено Вченою радою ЗВО «ПДУ» (протокол № 3 від 06.03.2026 р.)
Дата розміщення онлайн: 27.04.2026. Дата друку: 04.05.2026.

Електронний науковий журнал включено до Переліку наукових фахових видань України Наказ МОН України від 02.07.2020 р. № 886 (додаток 4) та Наказ МОН України від 24.09.2020 р. № 1188 (додаток 5))

Кластер: Сільськогосподарські і ветеринарні науки
Спеціальності: H1 Агрономія, H2 Тваринництво, H3 Садово-паркове господарство, H6 Ветеринарна медицина, H7 Агроінженерія

Електронний науковий журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка» індексується в міжнародних каталогах та наукометричних базах: IndexCopernicus (ICV 2023 – 67,46), Polish Scholarly Bibliography, Citefactor, ResearchBible, Google Scholar, MIAR (ICDS 1,3), General Impact Factor (GIF), Journal Factor, PBN.

Відповідальність за оригінальність (плагіат) тексту наукової статті, точність наведених фактів, цитат, статистичних даних, власних назв, географічних назв та інших відомостей, а також за те, що в матеріалах не містяться дані, що не підлягають відкритій публікації, несуть автори наукових праць. Точки зору авторів публікацій можуть не співпадати з точкою зору редколегії збірника.

© ЗВО «ПДУ», 2026
© Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2026

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION «PODILLIA STATE UNIVERSITY»

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X

PODILIAN BULLETIN:

AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

Founded in 2005

Issue 1 (50)

"Helvetica"
Publishing House
2026

PODILIAN BULLETIN: AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

AGRICULTURAL, TECHNICAL, ECONOMIC AND VETERYNARY SCIENCES

Founded in 2005

Issue 1 (50)

https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1
Periodicity: 4 times a year

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X

Founder: Higher Educational Institution «Podillia State University»

EDITORIAL BOARD:

Editor in chief

Horiuk Yuliia – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine

Deputy editor-in-chief

Nebaba Kateryna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Crop Production, Plant Breeding and Seed Science, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine

Members of the editorial board

Babii Andrii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Engineering Mechanics and Agricultural Machines Department Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine
Błaszczyk Lidia – PhD, Dr hab, Professor, IGR PAN, Institute of Plant Genetics Polish Academy of Sciences, Poland
Borovyk Vira – Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher, Institute of Climate-Oriented Agriculture of the NAAS, Ukraine
Hrushetskyi Serhii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering and Precision Agriculture named after Mykhailo Samokysh, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine
Danchuk Vyacheslav – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the department Normal and Pathological Morphology and Physiology, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine
Ievstafiieva Iuliia – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Technologies of Livestock Production and Processing, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine
Kukhtyn Mykola – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Food Biotechnology and Chemistry, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ukraine
Luchka Ivan – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Animal Biology of NAAS, Ukraine
Ovcharuk Oleh – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Crop Production, Breeding, and Seed Production, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine
Puzik Ludmila – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Horticulture and Storage of Plant Products, State Biotechnological University, Ukraine
Pustova Zoia – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and General Biological Subjects, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine
Rud Anatolii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Engineering and Precision Agriculture named after Mykhailo Samokysh, Higher Educational Institution "Podillia State University", Ukraine
Różalska Sylwia – PhD, Dr hab, Associate Professor, University of Lodz, Poland
Slyvka Iryna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Milk and Dairy Products Technology, Stepan Gzhytskyi Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Ukraine
Samborski Andrzej – Dr hab, Professor Uczelni, Director of the Institute of Art and Physical Culture, Academy of Zamosc, Poland
Stankevych Serhiy – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Zoology, Entomology, Phytopathology, Integrated Plant Protection and Quarantine named after B.M. Litvinov, State Biotechnological University, Ukraine
Jaroszuk-Scisel Jolanta – PhD, Dr hab, prof. UMCS, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Poland

Recommended by Academic Council of HEI "PSU" (protocol № 3 from 06.03.2026)
Published online: 27.04.2026. Print date: 04.05.2026.

The journal isincluded in the list of scientific professional editions of Ukraine (the Order of MES of Ukraine as of 02.07.2020 No. 886 (annex 4), the Order of MES of Ukraine as of 24.09.2020 No. 1188 (annex 5))

Cluster: Agricultural and Veterinary Sciences
Specialties: G11 Mechanical Engineering (with specializations), H1 Agriculture, H2 Livestock Breeding, H6 Veterinary Medicine, H7 Agricultural Engineering

Electronic scientific journal «Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics» is indexed in international directories and scientometric databases: IndexCopernicus (ICV 2023 – 67,46), Polish Scholarly Bibliography, Citefactor, ResearchBible, Google Scholar, MIAR (ICDS 1,3), General Impact Factor (GIF), Journal Factor, PBN.

The authors of scientific papers are responsible for originality (plagiarism) of the article, the accuracy of facts, quotations, statistics,proper names, place names and other information, as well as the fact that the materials do not contain data that can't be published.
The opinions of the authors of publications may not coincide with the views of the editorial board of the collection.

© HEI "PSU", 2026
© Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics, 2026

ЗМІСТ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

Kropyvka Yu. H., Bomko V. S., Tytariova O. M., Skoromna O. I.
THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF MIXED LIGAND COMPLEXES OF ZINC, MANGANESE, AND COBALT ON THE MILK PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS DURING LACTATION PERIODS 11

Бевз Н. Л., Лихач В. Я.
ПОВЕДІНКОВІ ПАТЕРНИ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ ФІТОГЕННОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ 24

Безвіконний П. В.
ФОРМУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУРЯКУ КОРМОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ХВОРОБ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 35

Безносюк А. М., Разанова О. П.
ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРОТЕЇНОВОГО ПОРОШКУ З ЛИЧИНОК КОМАХ НА ЗАБІЙНІ ТА МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТУШ СВИНЕЙ 42

Бордун О. М., Халак В. І., Ільченко М. О., Фесенко О. Г., Шаферівський Б. С.
ДЕЯКІ БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СВИНОМАТОК РІЗНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЦІННОСТІ 49

Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М.
ОПТИМІЗАЦІЯ ГОДІВЛІ СВИНОМАТОК ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ 57

Войняк О. А., Кравченко В. С.
ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ СОРГО ЦУКРОВОГО НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ В УМОВАХ ЗОНИ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 63

Герасько Т. В., Макарчук Б. М.
ВПЛИВ ПРИПОСІВНОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО 73

Грицюк Н. В., Тимощук Т. М., Бакалова А. В., Рибіцька Г. В.
ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ СОРТІВ СОЇ ДО МІКОЗІВ ЗА ОРГАНІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ 81

Дідур І. М., Ткачук О. П., Панцирева Г. В.
ВПЛИВ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ НА ДИНАМІКУ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ 88

Іващук В. П., Небаба К. С.
ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ 95

Качинська І. В., Григор'єв В. М.
ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНГІЦИДІВ ТА МІКРОДОБРИВ ПРОТИ ХВОРОБ ПЕРІОДУ ВЕГЕТАЦІЇ СОНЯШНИКУ 101

Кобернюк О. Т., Тарасюк В. А., Ровінська О. О.
ВПЛИВ ГЕРБІЦИДІВ НА СЕГЕТАЛЬНУ РОСЛИННІСТЬ АГРОФІТОЦЕНОЗУ КУКУРУДЗИ 109

Коваленко О. А., Лихач А. В.
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПОРОСЯТ ЗА РАННЬОГО ВІДЛУЧЕННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ РІДКИХ ЗАМІННИКІВ МОЛОКА ТА ПРЕСТАРТЕРІВ 116

Куртєв К. К., Руденко В. А.
ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ 124

Ласло О. О., Панченко К. С., Марініч Л. Г.
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ АНОМАЛІЙ НА ПОТРЕБУ У ЗРОШЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР 131

Леньков Л. Г.
ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ СОРБЦІЙНО-ГЕПАТОПРОТЕКТОРНОЇ ДІЇ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ РЕМОНТНИХ СВИНОК 139

М'ялковський Р. О., Хмелянчишин Ю. В., Плахтій Д. П., Лапчинський В. В.
АГРОЕКОЛОГІЧНО ОБҐРУНТОВАНЕ АЗОТНО-МІКРОЕЛЕМЕНТНЕ ЖИВЛЕННЯ КУКУРУДЗИ
В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 145

Овчарук В. І., Сенченко Є. О.
ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОЗИМОГО ЧАСНИКУ 151

Овчарук О. В., Ороховський А. В., Овчарук К. О., Секрієру С., Скриник О. А.
ВПЛИВ СТРОКІВ ТА НОРМ ВНЕСЕННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ-АНТИСТРЕСАНТІВ
НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО 156

Паламарчук В. Д., Нахтман Є. В.
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ
КОРЕНЕПЛОДІВ МОРКВИ 164

Паращук В. В., Рудь А. В.
ЗБЕРЕЖЕННЯ РОСЛИН ТА ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ СУХОЇ РЕЧОВИНИ
В ПОСІВАХ НАГІДОК ЛІКАРСЬКИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ 170

Смільський В. В., Павлів О. В., Стрихар М. І.
ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АГРОҐРУНТІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЇХ АГРОФІЗИЧНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ 175

Сорокун А. В.
ПОКАЗНИКИ ЗАБОЮ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ВАЛІНУ 181

Столяр С. Г., Трембіцька О. І., Кропивницький Р. Б., Руденко Ю. Ф.
АДАПТИВНІ МЕХАНІЗМИ *SORGHUM BICOLOR* L.
В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ПОЛІССЯ УКРАЇНИ 187

Ткач О. В., Аморциту О. В.
ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОВОЇ СХОЖОСТІ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ЦИКОРІЮ
КОРЕНЕПЛІДНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ, СТРОКІВ СІВБИ
І ГЛИБИНИ ЗАГОРТАННЯ НАСІННЯ 195

Трач І. В., Вітровчак Л. А.
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ХІМІЧНИХ І БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ
У БОРОТЬБІ ЗІ ШКІДНИКАМИ ТА ХВОРОБАМИ НАГІДОК ЛІКАРСЬКИХ 202

Хоміна В. Я., Олійник Ю. А.
УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ
ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ
В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО 207

ЕКОНОМІЧНА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

Смолярчук М. В., Таратула Р. Б.
АВТОМАТИЗОВАНА ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ ПРО ЗЕМЛІ ВОДНОГО ФОНДУ
В ДЕРЖАВНОМУ ЗЕМЕЛЬНОМУ КАДАСТРІ 212

Стендер С. В.
ВІДНОВЛЕННЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ:
ОЦІНКА ВТРАТ, ПОТРЕБИ РЕКОНСТРУКЦІЇ І ПРІОРИТЕТИ ПОЛІТИКИ BUILD BACK BETTER 217

Томашук І. В.
КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО СЕКТОРУ
В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ 224

Чорнобай Л. М., Чернецький І. Є., Надюк І. Р.
ПОТЕНЦІАЛ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ 235

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Голов'ятинська В. В.
ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ІННОВАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛІВ ДЕТОНАЦІЙНОГО
НАПИЛЕННЯ 241

Грушецький С. М., Дубчак Н. А., Ліннік А. Ю., Диня В. І.
СУЧАСНІ АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ТВАРИННИЦТВІ 247

Лебідь О. В.
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ: КЛЮЧОВІ МЕТОДОЛОГІЇ
ТА ПІДХОДИ 256

Макаренко Д. О., Дриваль С. В.
ВИБІР РОЗПИЛЮВАЧІВ ТЕЕЈЕТ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОЛЬОВИХ ОБПРИСКУВАЧІВ 266

Федірко П. П., Дуганець В. І., Оленюк О. А., Бончик В. С.
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ 271

Швалюк Є. П.
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ 276

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Бандура В. В., Супрович Т. М.
ПАРАТИПОВІ ЧИННИКИ МАСТИТУ КОРІВ В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА 282

Богач М. В., Клименко О. С., Михайлютенко С. М.
ТЕРАПЕВТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМБІНОВАНОГО ПРЕПАРАТУ ПРИ СПОНТАННОМУ ЕЙМЕРІОЗІ НУТРІЙ 289

Данчук В. В., Мельничук Т. М., Сенін С. А., Пташник Г. О., Ландаренко Л. С.
ОСОБЛИВОСТІ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ РІЗНИХ ВИДІВ ОЛІЙ 295

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

Kropyvka Yu. H., Bomko V. S., Tytariova O. M., Skoromna O. I.
THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF MIXED LIGAND COMPLEXES OF ZINC, MANGANESE, AND COBALT ON THE MILK PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS DURING LACTATION PERIODS 11

Bevz N. L., Lykhach V. Ya.
BEHAVIORAL PATTERNS OF REPLACEMENT PIGS WHEN FED PHYTOGENIC FEED ADDITIVES 24

Bezvikonnyy P. V.
FORMATION OF BIOLOGICAL PARAMETERS OF FODDER BEET DEPENDING ON FOLIAR FERTILIZATION AND PLANT DISEASE PROTECTION UNDER THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE 35

Beznosyuk A. M., Razanova O. P.
EVALUATION OF THE EFFECT OF PROTEIN POWDER FROM INSECT LARVAE ON SLAUGHTER PERFORMANCE AND CARCASS MORPHOLOGICAL TRAITS IN PIGS 42

Bordun O. M., Khalak V. I., Ilchenko M. O., Fesenko O. G., Shaferivskyi B. S.
SOME BIOLOGICAL FEATURES AND ECONOMIC EFFICIENCY OF USING SOWS OF DIFFERENT EXPLOITATION VALUE 49

Buchkovska V. I., Ievstafiieva Yu. M.
OPTIMIZATION OF FEEDING OF LARGE WHITE BREED SOWS 57

Voiniak O. A., Kravchenko V. S.
INFLUENCE OF SWEET SORGHUM STAND DENSITY ON BIOMETRIC INDICATORS UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE 63

Gerasko T. V., Makarchuk B. M.
THE INFLUENCE OF SOWING LOCAL APPLICATION OF ORGANIC AMELIORANTS ON THE PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY 73

Hrytsiuk N. V., Tymoshchuk T. M., Bakalova A. V., Rybitska G. V.
ASSESSMENT OF RESISTANCE OF SOYBEAN VARIETIES TO MYCOSES USING ORGANIC CULTIVATION TECHNOLOGIES 81

Didur I. M., Tkachuk O. P., Pantsyreva G. V.
INFLUENCE OF FIELD PROTECTION STRIPS ON THE DYNAMICS OF CORN GRAIN YIELD 88

Ivashchuk V. P., Nebaba K. S.
PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS UNDER DIFFERENT MINERAL NUTRITION SYSTEMS AND GROWTH STIMULANTS 95

Kachynska I. V., Hryhoriev V. M.
EFFECTIVENESS OF FUNGICIDES AND MICROFERTILIZERS AGAINST DISEASES DURING THE SUNFLOWER VEGETATION PERIOD 101

Koberniuk O. T., Tarasiuk V. A., Rovinska O. O.
THE EFFECT OF HERBICIDES ON SEGETAL VEGETATION IN THE CORN AGROPHYTOCENOSIS 109

Kovalenko O. A., Lykhach A. V.
OPTIMIZATION OF PIGLET REARING TECHNOLOGY FOR EARLY WEANING THROUGH THE APPLICATION OF LIQUID MILK REPLACERS AND PRE-STARTERS 116

Kurtev K. K., Rudenko V. A.
SUNFLOWER HYBRIDS PRODUCTIVITY DEPENDING ON SOIL TILLAGE SYSTEMS 124

Laslo O. O., Panchenko K. S., Marinich L. G.
IMPACT OF TEMPERATURE ANOMALIES ON THE IRRIGATION NEED OF AGRICULTURAL CROPS 131

Lenkov L. G.
EFFECT OF A COMPLEX FEED ADDITIVE WITH SORBENT AND HEPATOPROTECTIVE ACTION ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE BLOOD OF REPLACEMENT PIGS 139

Myalkovsky R. O., Khmelianchyshyn Yu. V., Plahtiy D. P., Lapchynskyi V. V.
AGROECOLOGICALLY SUBSTANTIATED NITROGEN AND MICRONUTRIENT NUTRITION OF MAIZE UNDER THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE 145

Ovcharuk V. I., Senchenko Ye. O.
THE INFLUENCE OF AGROTECHNICAL METHODS
ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER GARLIC 151

Ovcharuk O. V., Orokhovskyi A. V., Ovcharuk K. O., Secrieru S., Skrynyk O. A.
INFLUENCE OF TIMES AND RATE OF APPLICATION OF BIOSTIMULATORS-ANTI-STRESSANTS
ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SOYBEAN IN THE CONDITIONS
OF THE WESTERN FOREST-STEPPE 156

Palamarchuk V. D., Nakhtman E. V.
ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF CARROT ROOT CROP PRODUCTION 164

Paraschuk V. V., Rud A. V.
PLANT SURVIVAL AND DYNAMICS OF DRY MATTER ACCUMULATION
IN CALENDULA OFFICINALIS CROPS DEPENDING ON THE APPLICATION
OF GROWTH REGULATORS 170

Smilskyi V. V., Pavliv O. V., Stryhar M. I.
FRACTAL ANALYSIS OF AGRICULTURAL SOILS FOR ASSESSMENT
OF THEIR AGROPHYSICAL DEGRADATION 175

Sorokun A. V.
INDICATORS OF SLAUGHTER OF BROILER CHICKENS
USING DIFFERENT LEVELS OF VALINE 181

Stoliar S. H., Trembitska O. I., Kropyvnytskyi R. B., Rudenko Yu. F.
ADAPTIVE MECHANISMS OF *SORGHUM BICOLOR* L. UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS
IN THE POLISSYA REGION OF UKRAINE 187

Tkach O. V., Amortzitu O. V.
FEATURES OF FIELD GERMINATION AND DEVELOPMENT
OF ROOT CHICORY PLANTS DEPENDING ON SOIL CULTIVATION,
SOWING TIMES AND SEED COVERING DEPTH 195

Trach I. V., Vitrovchak L. A.
EFFICIENCY OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS
IN THE CONTROL OF PESTS AND DISEASES OF POT MARIGOLD
(*CALENDULA OFFICINALIS* L.) 202

Khomina V. Ya., Oliinyk Yu. A.
YIELD AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SOYBEAN CULTIVATION
UNDER DIFFERENT SOWING METHODS AND SEED RATES
IN THE WESTERN FOREST-STEPPE CONDITIONS 207

ECONOMIC PERFORMANCE OF THE AGRICULTURAL INDUSTRY

Smoliarchuk M. V., Taratula R. B.
AUTOMATED INTEGRATION OF WATER FUND LAND DATA
IN THE STATE LAND CADASTRE OF UKRAINE 212

Stender S. V.
RESTORATION OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF WAR
AND EUROPEAN INTEGRATION: ASSESSMENT OF LOSSES, RECONSTRUCTION NEEDS
AND PRIORITIES OF THE “BUILD BACK BETTER” POLICY 217

Tomashuk I. V.
CONCEPTUAL MODEL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
OF THE NATIONAL AGRICULTURAL SECTOR IN THE CONDITIONS
OF POST-WAR RECONSTRUCTION 224

Chornobai L. M., Chernetskyi I. E., Nadiuk I. R.
THE DEVELOPMENT POTENTIAL OF AGRICULTURAL ENTERPRISES IN UKRAINE
IN CONDITIONS OF MILITARY AGGRESSION 235

TECHNICAL SCIENCES

Holoviatynska V. V.
FUNDAMENTAL MANUFACTURING AND INNOVATIVE POTENTIALS
OF DETONATION SPRAYING 241

Hrushetskyi S. M., Dubchak N. A., Linnik A. Yu., Dynia V. I.
MODERN AUTOMATED TECHNOLOGIES IN ANIMAL HUSBANDRY 247

Lebid O. V.
AUTOMATION OF SOFTWARE TESTING: KEY METHODOLOGIES AND APPROACHES 256

Makarenko D. O., Dryval S. V.
SELECTION OF TEEJET NOZZLES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FIELD SPRAYERS 266

Fedirko P. P., Duhanets V. I., Olenyuk O. A., Bonchik V. S.
TECHNOLOGICAL FEATURES OF ELECTROSPARK HARDENING
OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS 271

Shvaliuk Y. P.
METHODS AND MEANS OF MEASURING IONIZING RADIATION 276

VETERINARY SCIENCES

Bandura V. V., Suprovych T. M.
PARATYPICAL FACTORS OF MASTITIS IN COWS ON FARMING OPERATIONS 282

Bogach M. V., Klymenko O. S., Mykhailiutenko S. M.
THERAPEUTIC EFFICACY OF A COMBINED PREPARATION
IN SPONTANEOUS EIMERIOSIS OF NUTRIA 289

Danchuk V. V., Melnychuk T. M., Senin S. A., Ptashnyk H. O., Landarenko L. S.
FEATURES OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF DIFFERENT TYPES OF OILS 295

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

UDC 636.2.034:636.087
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-1

Kropyvka Yu. H.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Acting Head of the Department of Genetics and Animal Breeding,
Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology
named after S. Z. Gzhytsky
Lviv, Ukraine
E-mail: *yurikropyvka@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4654-0147*

Bomko V. S.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Feed, Feed Additives and Animal Nutrition,
Bila Tserkva National Agrarian University
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: *mailto:vitalijbomko@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-5558-6924*

Tytariova O. M.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Feed, Feed Additives and Animal Nutrition,
Bila Tserkva National Agrarian University
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: *olenakosyanenko@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4820-809X*

Skoromna O. I.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *oksanask7777@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1332-5579*

THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF MIXED LIGAND COMPLEXES OF ZINC, MANGANESE, AND COBALT ON THE MILK PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS DURING LACTATION PERIODS

Abstract

Using trace element salts in animal feed can lead to the rapid contamination of the environment with these metals due to their low biological availability to animals. Organic compounds of trace elements are much better absorbed by animals, who perform better at reduced levels of these feed additives. This article presents comprehensive study results on the effect of mixed-ligand complexes

© Kropyvka Yu. H., Bomko V. S., Tytariova O. M., Skoromna O. I., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

of trace elements (Zn, Mn, and Co) combined with organic selenium (Suplex Se) on the milk productivity of high-yielding cows of various breeds during different lactation periods. The work is relevant due to the increasing deficiency of trace elements in the soil–feed–ration system in intensive dairy farming conditions, and the low bioavailability of traditional inorganic trace element salts. This study aimed to demonstrate the feasibility of replacing sulfate forms of zinc, manganese, and cobalt with mixed ligand complexes and to establish the optimal concentrations of these complexes in cow diets during the lactation period. The experiment was conducted on 50 cows from three breeds (German Holstein, Ukrainian Black-and-White Dairy, and Ukrainian Red-and-White Dairy) using the analogue group method, forming one control group and four experimental groups. Productivity, milk quality, and feed consumption were studied over the first, second, and third 100-day periods of lactation. We have established that using organic forms of micronutrients reliably increases the average daily milk yield ($P < 0.001$), enhances gross milk production with a 4 % fat content, and reduces metabolic energy expenditure per unit of production. The highest milk productivity rates during the first 100 days were achieved with a diet containing 60.8 mg of zinc (Zn), 60.8 mg of manganese (Mn), and 0.78 mg of cobalt (Co) per kg of dry matter (DM) in the form of mixed ligand complexes. During the second 100 days, an optimal effect was achieved with lower concentrations of trace elements (35 mg Zn and Mn, and 0.4 mg Co per kg of DM). Using chelated forms of trace elements also led to a moderate increase in milk's fat and protein content, as well as a 4–6 % reduction in feed consumption. The results confirmed that the source of these trace elements in the diet is their mixed-ligand complexes. Dairy cows require less than the recommended amount of zinc, cobalt, and manganese.

Key words: *high-yield cows, milk productivity, mixed-ligand complexes, organic trace elements, milk quality, milk fat and protein.*

Introduction. Feed and feed additives provide high-yielding cows with essential nutrients, such as proteins, fats, carbohydrates, and minerals, as well as biologically active substances, including trace elements and vitamins. Theoretical and practical data from studies of animal metabolism and energy exchange confirm this. These studies are based on advances in biochemistry, physiology, microbiology, and the chemical composition and properties of feed. They also consider the effects of various nutrients and biologically active substances on feed efficiency, product synthesis, reproductive function, and animal health [9].

High-yielding cows have an intense exchange of energy and nutrients within their bodies. Therefore, their vital functions, metabolic processes, resistance, productivity, and reproductive capacity depend not only on the necessary intake of proteins, fats, and carbohydrates from feed but also on biologically active substances [11].

According to recommendations by a group of scientists led by G.O. Bogdanov [35], the concentrations of zinc and manganese should be 70 mg/kg of dry matter (DM), cobalt should be 0.9 mg/kg DM, copper should be 11 mg/kg DM, iodine should be 1 mg/kg DM, and selenium should be 0.3 mg/kg DM for high-yielding cows with an average daily milk yield of 35 kg or more.

In recent years, industrial dairy farming in Ukraine has increasingly revealed a lack of micronutrients in the soil-feed-ration chain, as well as a higher demand for these nutrients due to increased milk yields from high-producing cows. Under these conditions, the issue of micronutrient nutrition for high-yielding cows arises, as their bodies require specific amounts and ratios of essential micronutrients [15].

Trace elements have been established as biologically active substances that affect the metabolism of proteins, fats, and carbohydrates in animals because they are essential components or activators of many enzymes and hormones. Additionally, trace elements strengthen the immune system and influence reproductive functions and animal productivity [4]. A lack of zinc primarily reduces protein synthesis in animals, leading to stunted growth and reduced fertility in both females and males [14; 27]. A lack of manganese in the diets of dairy cows leads to impaired fatty acid synthesis, paralysis, sterility, abortions, and skeletal deformities in both cows and their newborn calves [29]. Cobalt deficiency, like vitamin B_{12} deficiency, leads to anemia, sexual dysfunction, and reduced resistance to infections in animals [26]. Combining selenium with vitamin E in the diets of lactating and dry cows optimizes rumen fermentation, increases feed nutrient digestibility, improves blood redox reactions and reproductive function, and enhances the viability and growth of young stock [13; 21]. Copper deficiency leads to decreased cellulase activity, impaired function of hematopoietic organs and endocrine glands, and hindered oxidative-reductive processes and protective reactions in the body. It also impairs the growth and reproduction of animals [14]. Iodine deficiency causes growth and developmental delays in young animals, decreases protein, carbohydrate, and fat metabolism, and reduces oxygen absorption by tissues, as well as the oxygen utilization coefficient. It also decreases the activity of many enzymes and the vital activity of microorganisms in the forestomachs of ruminants, as well as the animal's resistance [8]. In dairy cows, a deficiency of copper, zinc, manganese, cobalt, iodine, and selenium in their diet reduces the digestibility of nutrients, particularly roughage and succulent feed. Due to decreased enzymatic activity in the forestomach, the availability of feed energy and its efficiency for livestock production and reproductive function decrease [8]. Similar findings have been obtained for poultry [28; 30; 23; 25], pigs [5; 24; 16], bulls [10], and rabbits [2] regarding the increase in milk productivity of cows when fed lower doses of organic compounds of zinc, manganese, and cobalt. Additionally, using their highly bioavailable organic forms to reduce the overall level of micronutrients in diets is of significant environmental importance, as it helps reduce anthropogenic environmental impact [3].

Until recently, sulfate and chloride compounds were the traditional sources of mineral salts in livestock feed. However, these compounds' metals are easily transformed into hydroxide systems with low bioavailability in the gastrointestinal tract. They also exhibit antagonistic effects on each other and generally hurt the animal's body. Therefore, even an adequate amount of inorganic zinc, manganese, cobalt, and selenium salts in the diet can lead to deficiencies

because the body is adapted to absorbing organic, chelated minerals found in plants. The low digestibility of inorganic minerals increases the risk of environmental pollution because the body does not absorb them but rather excretes them. Additionally, the crystallized water contained in sulfate molecules can destroy metal and vitamins in premixes.

The constant need to replenish trace elements in animals' bodies, which must enter living organisms in biologically active forms, has prompted scientists to seek new sources of these elements. The most promising sources are metal compounds with biologically active substances, such as amino acids, peptides, proteins, nucleic acids, carbohydrates, and carboxylic acids. Trace elements found in organic compounds have a positive effect on the intensity of microflora development, increasing the efficiency of digestion and fermentation of feed in the digestive tract and making feed more accessible to bacteria [7; 18].

Zinc, manganese, and cobalt are essential for the proper functioning of enzymes, structural proteins, and cellular proteins. Compared to their inorganic counterparts, organic complexes of Zn, Mn, and Co exhibit higher bioavailability, which improves the physiological condition and productivity of cows, particularly during the transition period and early lactation [19; 12; 31]. According to Osorio et al. [20], lactation stress due to an insufficient supply of micronutrients can exacerbate metabolic disorders. However, Andrieu [1] found that balancing the diet with organic micronutrients minimizes the effects of metabolic destabilization.

The Research Institute (RI) of Ecology and Biotechnology at Bila Tserkva National Agrarian University (BNAU) produces metal chelate complexes, which are compounds formed by combining metals with amino acids, such as lysine and methionine. Scientists from the Department of Feed Production, Feed Additives, and Animal Feeding developed a method to enrich feed grain with micronutrients. This method transforms inorganic micronutrients into organic compounds known as mixed ligand complexes. However, before using these chelates in combination with Suplex Se to feed high-yielding domestic and foreign cows, it is necessary to thoroughly study their effects on animal metabolism, productivity, and reproductive functions, taking into account the breed and stage of lactation.

The purpose of the work. The research aimed to address the mineral nutrition problem of high-yielding cows by replacing the sulfates of zinc, manganese, and cobalt in the recommended premixes with their organic compounds in protease compositions. These compositions were subsequently named mixed-ligand complexes of zinc, manganese, cobalt, and selenium (Se).

Presentation of the main research material. Experimental studies were conducted at the Terezyne Limited Liability Company's dairy complex in the Bila Tserkva district of the Kyiv region. These studies also took place at the Department of Feed Technology, Feed Additives, and Animal Feeding, as well as in the Feed and Livestock Product Analysis laboratory, the Biochemical and Histochemical Research Methods laboratory, and the Animal Disease Diagnostics laboratory of the Research Institute of Agricultural Animal Nutrition and the Research Institute of Internal Animal Diseases of the BNAU.

Studies of the actual content of trace elements in feed have shown that high-yielding cow diets often lack essential elements such as copper, zinc, manganese, cobalt, iodine, and selenium.

To find the best doses of zinc, manganese, and cobalt mixed ligand complexes during lactation, experiments were conducted using various concentrations of these complexes per kilogram of dry matter (DM) in the feed mixture.

The scientific and economic experiment employed the analog group method, which involved forming experimental groups of highly productive cows based on their physiological and productive characteristics [34; 33]. The 300-day study was divided into two periods: a 20-day preparatory period and an observation period lasting up to 300 days of lactation.

Fifty cows were selected for the scientific and economic experiment, including twenty Holstein cows of German selection, fifteen Ukrainian black-and-white dairy cows, and fifteen Ukrainian red-and-white dairy cows. Five groups of analogous cows were formed from the total livestock population, each comprising 10 animals. One control group and four experimental groups (groups 2, 3, 4, and 5) were selected from these groups (Table 1). However, during the experiment, one cow injured its limb, resulting in the removal of this animal and its analogues from the experiment. Consequently, during the second and third 100-day periods of lactation, there were nine animals in each group.

In experimental studies, the effects of mixed ligand complexes of zinc, manganese, and cobalt, as well as Suplex Se, were examined in relation to copper sulfate and potassium iodide. The study focused on how these factors impact digestion processes, metabolism, milk productivity, milk quality, and feed costs per unit of milk produced.

According to Table 1, the experimental cows were fed the same feed mixtures, which included compound feed concentrates (CFCs) with a premix containing zinc, copper, and cobalt sulfates to supplement their diets, as well as Suplex Se to supplement their selenium intake to 0.3 mg/kg of DM. The cows in the control group did not receive micronutrient supplements containing zinc, manganese, or cobalt in their premix during the first 100 days of lactation. However, sodium selenite, copper sulfate, and potassium iodide were added to the premix of the control group. Therefore, the cows' feed mixture was deficient in zinc, manganese, and cobalt. The feed mixture for the cows in the second experimental group was supplemented with these nutrients using inorganic compounds. All control and experimental groups of subsequent experiments, as well as the other experimental groups of the first scientific and economic experiment, were fed a mixed ligand complex of zinc, manganese, cobalt, and sodium selenite instead of zinc, manganese, cobalt, and selenite sulfates.

In the first scientific and economic experiment, cows in the third experimental group were provided with the recommended amount of zinc, manganese, and cobalt in the form of mixed ligand complexes. Cows in the other experimental groups were given different doses of these nutrients per kilogram of dry matter in their diet. The diets of the

Table 1. Plan of a scientific and economic experiment

Group	Number of heads	The studied factor
The first 100 days of lactation		
Preparatory period of the experiment (20 days)		
1 control	10	Feed mixture (FM) + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 32.4; Manganese – 27.8; Cobalt – 0.27; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
2 experimental	10	Feed mixture (FM) + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 32.4; Manganese – 27.8; Cobalt – 0.27; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
3 experimental	10	Feed mixture (FM) + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 32.4; Manganese – 27.8; Cobalt – 0.27; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
4 experimental	10	Feed mixture (FM) + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 32.4; Manganese – 27.8; Cobalt – 0.27; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
5 experimental	10	Feed mixture (FM) + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 32.4; Manganese – 27.8; Cobalt – 0.27; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
Observation period of experiment (80 days)		
1 control	10	Feed mixture (FM) + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 32.4; Manganese – 27.8; Cobalt – 0.27; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
2 experimental	10	FM + sulfates of Zinc, Manganese, Cobalt and Copper + Suplex Se + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 76; Manganese – 76; Cobalt – 0.97; Copper – 12; Selenium – 0.3; Iodine – 1.1
3 experimental	10	FM + mixed ligands complex (MLC) of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 76; Manganese – 76; Cobalt – 0.97; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
4 experimental	10	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 60.8; Manganese – 60.8; Cobalt – 0.78; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
5 experimental	10	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 49; Manganese – 49; Cobalt – 0.63; Selenium – 0.3; Copper – 12; Iodine – 1.1
The second 100 days of lactation		
1 control	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 65; Manganese – 65; Cobalt – 0.8; Selenium – 0.3; Copper – 10; Iodine – 0.9
2 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 50; Manganese – 50; Cobalt – 0.7; Selenium – 0.3; Copper – 10; Iodine – 0.9
3 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 45; Manganese – 45; Cobalt – 0.6; Selenium – 0.3; Copper – 10; Iodine – 0.9
4 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 40; Manganese – 40; Cobalt – 0.5; Selenium – 0.3; Copper – 10; Iodine – 0.9
5 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 35; Manganese – 35; Cobalt – 0.4; Selenium – 0.3; Copper – 10; Iodine – 0.9
The last 100 days of lactation		
1 control	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 50; Manganese – 50; Cobalt – 0.7; Selenium – 0.3; Copper – 9; Iodine – 0.8
2 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 45; Manganese – 45; Cobalt – 0.6; Selenium – 0.3; Copper – 9; Iodine – 0.8
3 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 40; Manganese – 40; Cobalt – 0.5; Selenium – 0.3; Copper – 9; Iodine – 0.8
4 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 35; Manganese – 35; Cobalt – 0.4; Selenium – 0.3; Copper – 9; Iodine – 0.8
5 experimental	9	FM + MLC of Zinc, Manganese, Cobalt + Suplex Se + Copper sulfate + Potassium iodide. 1 kg of DM contains, mg: Zinc – 32; Manganese – 32; Cobalt – 0.3; Selenium – 0.3; Copper – 9; Iodine – 0.8

cows in all experiments consisted of farm-available feed based on its actual nutritional value. The rations were adjusted several times throughout the experiments to account for the cows' milk productivity. Bulk feed was recorded daily for each group separately, or based on data from decadal control feedings. Concentrated and mineral feeds were also recorded daily.

The experimental studies were conducted in accordance with the General Ethical Principles of Animal Experiments (Ukraine, 2001), which aligns with the law On the Protection of Animals from Brutal Treatment (No. 3447-IV, June 21, 2006, amended July 15, 2021) (https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#n8) and the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes (ETS No. 123, Strasbourg, 1986) (https://rm.coe.int/168007a67b).

A statistical analysis of the results was performed using Statistica software to calculate the arithmetic mean (x) and standard deviation (± SD). A one-way ANOVA was used to determine statistically significant differences between the mean values for the respective groups of cows. When comparing the data, we calculated statistically significant differences between the mean values for the respective groups. Results were considered statistically significant at $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$.

Feeding cows diets with different levels of zinc, manganese, and cobalt in mixed ligand complexes resulted in changes in productivity. During the first 80 days of the experimental period and the final 100 days of lactation, animals in the fourth experimental group demonstrated the highest productivity. However, during the second 100 days of lactation, animals in the fifth experimental group achieved the highest productivity (Fig. 1).

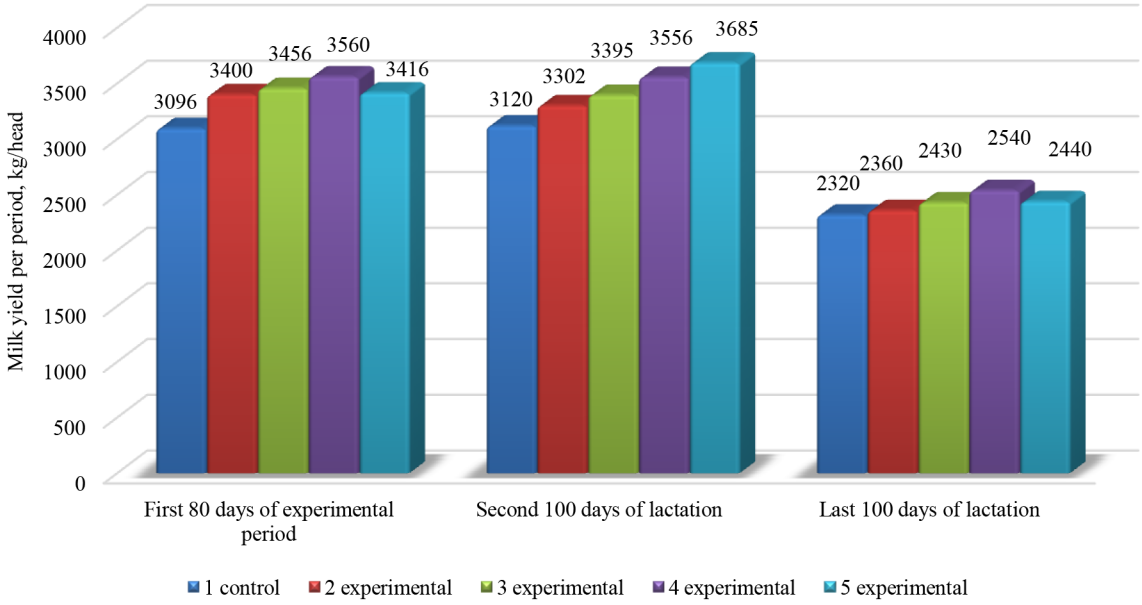


Fig. 1. Productivity of experimental cows fed a diet containing mixed-ligand complexes of zinc, manganese, cobalt, and Suplex Se, kg/head/lactation period

Milk productivity of experimental cows during the first 100 days of lactation. Balancing the feed mixture of high-yielding cows with trace elements (zinc, manganese, and cobalt) in the form of mixed ligand complexes and Suplex Se ensured a direct correlation between milk yield and these indicators (Table 2).

According to Table 2, there was no significant difference in the average daily milk yield or fat content among the experimental cows during the preparatory period of the experiment. However, during the experimental period, a significant difference was observed in the average daily yield of natural and 4 % milk.

The cows in the third, fourth, and fifth experimental groups were most susceptible to lactation during the experimental period. These cows' diets included mixed ligand complexes of zinc, manganese, and cobalt in combination with Suplex Se, copper sulfate, and potassium iodide. Consequently, their average daily milk yield exceeded that of the control group by 3.8, 4.5, 5.8, and 4.0 kg (9.82 %, 11.63 %, 14.99 %, and 10.34 %, respectively). This difference was significant. Meanwhile, the average daily milk yield in the second experimental group, in which micronutrient deficiencies were addressed using zinc, manganese, and cobalt sulfate, was 3.8 kg, or 9.82 %, higher than the average daily milk yield in the first control group. The milk from the experimental cows also had an increased fat content of 0.01–0.09 %.

The current study found that using mixed ligand complexes of trace elements resulted in higher milk yields during the first 100 days and the middle period of lactation. The current study found that using mixed-ligand complexes of trace elements resulted in higher milk yields during the first 100 days and the middle period of lactation. The highest indicators of early lactation were observed in cows whose diets contained organic forms of zinc (Zn), manganese (Mn), and cobalt (Co) in combination with Suplex selenium (Se), copper sulfate, and potassium iodide (KI). Their average daily milk yield was 9.82–14.99 % higher than the control, which aligns with the findings of Nocek et al. [19] and Hackbart et al. [12]. Furthermore, the fat and protein content of the experimental cows' milk increased, indicating the positive effects of organic micronutrients on lipid and protein metabolism.

Table 2. Productivity of experimental cows during the first 100 days of lactation fed a diet containing mixed-ligand complexes of zinc, manganese, cobalt, and Se supplement ($x \pm SD$, $n = 10$)

Indicator	Animal group				
	experimental				
	1 control	2 experimental	3 experimental	4 experimental	5 experimental
Average daily milk yield during the preparatory period, kg:					
Natural fat content	31.8 ± 0.48	32.0 ± 0.51	31.5 ± 0.52	31.4 ± 0.47	31.6 ± 0.46
Fat content in milk, %	3.68 ± 0.019	3.64 ± 0.014	3.65 ± 0.018	3.64 ± 0.015	3.63 ± 0.014*
Average daily milk yield for 80 days of the observation period of the experiment, kg:					
Natural fat content	38.7 ± 0.48	42.5 ± 0.44***	43.2 ± 0.40***	44.5 ± 0.39***	42.7 ± 0.41***
4 % fat content	35.8 ± 0.31	39.4 ± 0.36 ***	40.3 ± 0.39***	42.2 ± 0.35***	40.0 ± 0.42***
Fat content in milk, %	3.70 ± 0.028	3.71 ± 0.032	3.73 ± 0.026	3.79 ± 0.023*	3.75 ± 0.030
Protein content in milk, %	3.05 ± 0.025	3.06 ± 0.023	3.07 ± 0.028	3.09 ± 0.028	3.06 ± 0.024
Gross milk yield per cow for 80 days of lactation, kg (observation period)					
Natural fat content	3096 ± 14.88	3400 ± 15.62***	3456 ± 14.99***	3560 ± 13.68***	3416 ± 16.63***
4 % fat content	2864 ± 13.88	3152 ± 14.52***	3224 ± 12.99***	3376 ± 18.03***	3200 ± 15.40***

Note: different letters within each row indicate significant differences between groups according to the Tukey's HSD test results

The average daily milk yield advantage was also significant compared to the control group, amounting to 3.6 kg ($P < 0.001$), or 10.06 %, in the second experimental group; 4.5 kg ($P < 0.001$), or 12.56 %, in the third experimental group; 6.4 kg ($P < 0.001$), or 17.88 %, in the fourth experimental group; and 4.2 kg ($P < 0.001$), or 11.73 %, in the fifth experimental group.

The analysis of data obtained during the experiment revealed that the cows in the control group produced 2,864 kg of milk with 4 % fat content over the course of 80 days. Meanwhile, the cows in the second, third, fourth, and fifth experimental groups produced 288 kg, 360 kg, 512 kg, and 336 kg more milk, respectively, which is 10.1 %, 12.5 %, 17.9 %, and 11.7 % more milk.

The milk of cows in the experimental groups showed a slight increase in protein content compared to the control group (3.06–3.09 % versus 3.05 %).

The cows in the fourth experimental group produced the most milk. They received a feed mixture containing mixed ligand complexes of zinc, manganese, cobalt, and Suplex Se, as well as copper sulfate and potassium iodide. One kilogram of this mixture contains 60.8 mg of zinc, 60.8 mg of manganese, 0.78 mg of cobalt, 0.3 mg of selenium, 12 mg of copper, and 1.1 mg of iodine.

The main indicator of milk production efficiency is feed consumption per kilogram of milk produced. Studies show that for cows producing milk with varying levels of zinc, manganese, and cobalt in their diets, feed consumption decreases as milk productivity increases. During the study period, the lowest feed consumption per kilogram of natural fat milk was observed in the fourth experimental group of cows. These cows were fed a diet containing 60.8 mg of zinc, 0.78 mg of manganese, 0.3 mg of selenium, 12 mg of copper, and 1.1 mg of iodine per kilogram of DM.

According to the data in Figure 2, a relationship exists between the energy value of the diet and the level of micronutrient supply in 1 kg of dry feed mixture. Although the control group had the highest metabolic energy (ME) value, its diet contained the lowest levels of zinc, manganese, and cobalt.

Despite the lower energy value of the feed, the concentration of trace elements was significantly higher in the experimental groups, resulting in improved metabolic processes in the cows. The most pronounced positive effect was observed in the fourth experimental group, which received optimal levels of trace elements at the lowest ME value. This group had the highest milk yield during the first 100 days of lactation.

Analysis of the data in Figure 3 shows a correlation between micronutrient levels in the diet and digestible protein utilization efficiency during the first 100 days of lactation. The control group, which had the lowest micronutrient content, had the highest digestible protein consumption per 1 kg of milk.

In experimental groups where zinc, manganese, and cobalt were supplied as mixed ligand complexes, protein consumption decreased consistently. The fourth experimental group had the lowest consumption, which is the best indicator among all options. This group had optimal levels of trace elements (60.8 mg Zn and Mn; 0.78 mg Co per kg of DM), ensuring the most efficient protein utilization during peak lactation.

In the second and third experimental groups, where zinc (Zn) and manganese (Mn) levels were higher, protein consumption increased. In the fifth group, where the micronutrient supply was lower, protein consumption increased to 95.9 g, which was higher than in the other groups but lower than the control values.

Milk yield of experimental cows during the second 100 days of lactation. Despite the diets in the given feed mixture having the same energy, protein, carbohydrate, and fat content, the milk productivity of cows in the experimental and control groups differed due to their different consumption of the feed (Table 3).

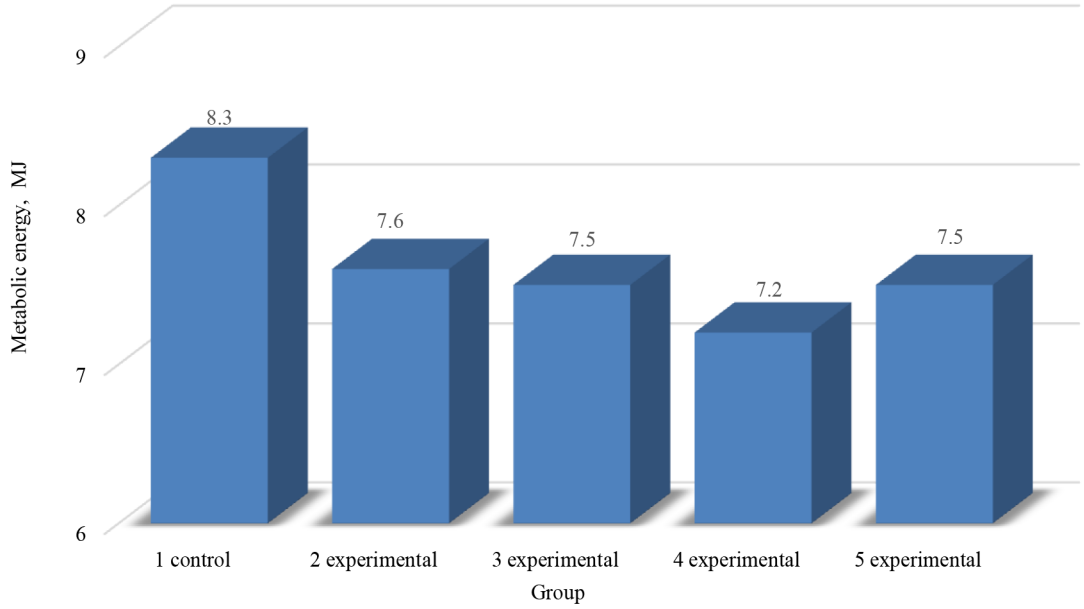


Fig. 2. Metabolic energy consumption per 1 kg of milk of natural fat content during the first 100 days of lactation when feeding cows mixed ligand complexes of zinc, manganese, and cobalt with Suplex Se, MJ

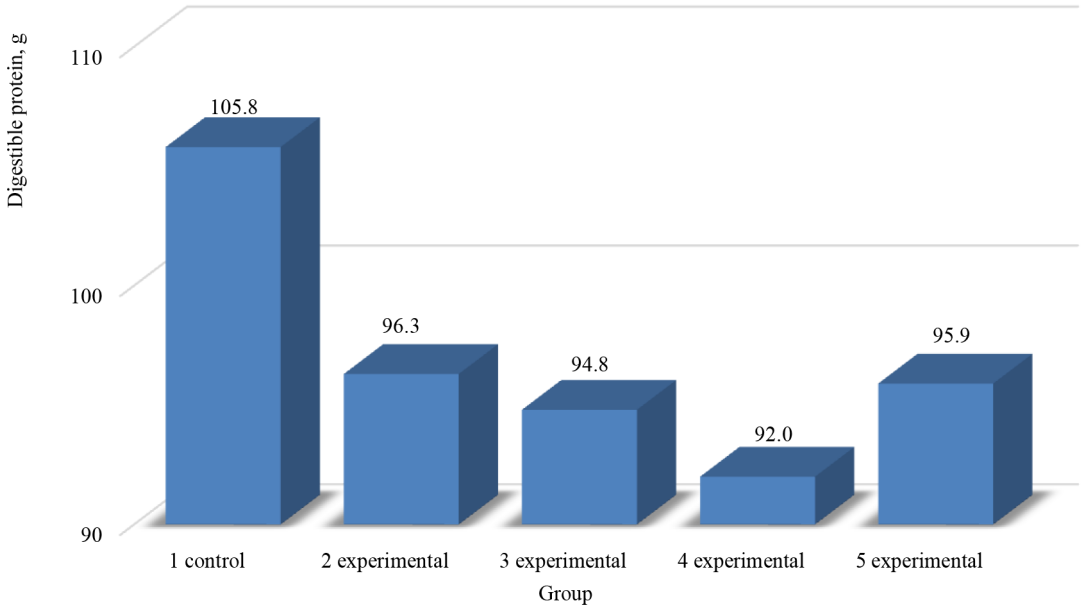


Fig. 3. Digestible protein consumption per 1 kg of natural fat milk during the first 100 days of lactation when feeding cows a diet containing mixed ligand complexes of zinc, manganese, cobalt, and Suplex Se, g

During the second 100 days of lactation, if each cow in the control group produced 3.120 kg of raw milk, then the cows in the second and fourth experimental groups produced 182–565 kg more. The average daily milk yield difference ranged from 1.82 to 5.65 kg. The milk of the experimental cows also showed an increase in fat content of 0.01 % to 0.02 %. Converting the average daily yield of natural milk to milk with 4 % fat content reveals the following differences between the control and experimental groups: 2nd group, 1.85 kg (6.38 %, $P < 0.01$); 3rd group, 2.72 kg (9.37 %, $P < 0.001$); 4th group, 4.32 kg (14.89 %, $P < 0.001$); and 5th group, 5.53 kg (19.06 %, $P < 0.001$).

Compared to the control group, the milk from the experimental groups had a slightly higher protein content (3.32 %–3.34 % versus 3.31 % in the control group).

Since the nutritional value of the cows' diets in all experimental groups was nearly identical, but milk yields varied, differences in feed consumption per kilogram of milk also occurred. Meanwhile, cows in the experimental groups consumed 0.13 % to 4.26 % less metabolic energy for milk production than the control group.

A significant reduction in feed costs per kilogram of milk, particularly for cows in the fourth group, indicates greater nutrient conversion when organic forms of zinc (Zn), manganese (Mn), and cobalt (Co) are used. Similar results were reported by Yamamoto et al. [31], March et al. [17], and Rabiee et al. [22], who observed increased feed consumption and milk yield with organic micronutrient supplementation.

Table 3. Cow productivity during the second 100 days of lactation when fed a diet containing mixed ligand complexes of zinc, manganese, cobalt, and Suplex Se ($x \pm SD$, $n = 9$)

Indicator	Animal group				
	1 control	2 experimental	3 experimental	4 experimental	5 experimental
Milk yield per cow, kg	3120	3302	3395	3556	3685
% to control	100	105.83	108.81	113.97	118.11
Average daily yield of natural milk, kg	31.20	33.02	33.95	35.56	36.85
Fat content in milk, %	3.72 ± 0.029	3.74 ± 0.038	3.74 ± 0.031	3.75 ± 0.025	3.75 ± 0.037
Average daily milk yield 4 % fat, kg	29.02 ± 0.348	30.87 ± 0.487	31.74 ± 0.301**	33.34 ± 0.359***	34.55 ± 0.358
% to control	100.00	106.38	109.37	114.89	119.06
Protein content in milk, %	3.31 ± 0.028	3.32 ± 0.049	3.33 ± 0.026	3.33 ± 0.047	3.34 ± 0.039
Feed consumption per cow, MJ ME	24,200	25,560	26,240	26,920	27,340
Feed consumption per 1 kg of milk with 4 % fat content, MJ OE	7.75	7.74	7.73	7.57	7.42

Note: see Table 1

Cows in the fifth experimental group produced the most milk. Their feed mixture contained 35 mg of zinc, 35 mg of manganese, 0.4 mg of cobalt, 0.3 mg of selenium, and 0.9 mg of iodine per 1 kg of DM.

Milk yield of experimental cows during the last 100 days of lactation. The consumed feed provided average daily milk yields of 24–26 kg/day in terms of metabolic energy, 25–27 kg/day in terms of dry matter, 27–28 kg/day in terms of crude protein, 28–30 kg/day in terms of digestible protein, and sugar – 22–23 kg/day.

Table 4 shows the average milk yield of the cows under study over the last 100 days of lactation. According to Table 4, during the initial period of incorporating different levels of zinc, manganese, and cobalt into the experimental cows' diets, milk productivity was not significantly affected. While the control group produced an average of 2.320 kg of raw milk during the third 100 days of lactation, the experimental groups produced between 40 and 220 kg more.

Table 4. Cow productivity during the last 100 days of lactation when fed a diet containing mixed ligand complexes of zinc, manganese, cobalt, and Suplex Se ($M \pm m$, $n = 9$)

Indicator	Animal group				
	1 control	2 experimental	3 experimental	4 experimental	5 experimental
Milk yield per cow, kg	2320	2360	2430	2540	2440
Average daily yield of natural milk, kg	23.2	23.6	24.3	25.4	24.4
Fat content in milk, %	3.82 ± 0.029	3.84 ± 0.038	3.89 ± 0.031	3.91 ± 0.025*	3.95 ± 0.037**
Gross milk yield of 4 % fat per cow, kg	2216.0	2266.0	2363.0	2483.0	2409.0
Average daily milk yield of 4 % fat content, kg	22.16 ± 0.132	22.66 ± 0.157*	23.63 ± 0.122**	24.83 ± 0.138***	24.09 ± 0.129***
% to control	100	102.26	106.63	112.05	108.71
Protein content in milk, %	3.33 ± 0.042	3.33 ± 0.051	3.35 ± 0.036	3.34 ± 0.043	3.34 ± 0.059
Feed consumption per 1 cow, MJ OE	19870	20260	20560	20950	20260
Feed consumption per 1 kg of 4 % fat milk, MJ OE	8.97	8.94	8.70	8.44	8.41
% to control	100	99.7	97.0	94.1	93.7

Note: see Table 1

The difference in average daily milk yield between the control and experimental groups was only 0.4–2.2 kg of milk. It should be noted that the less mixed ligand complexes of zinc, manganese, and cobalt were added to the feed mixture, the higher the milk yield obtained from the experimental cows. An increase in fat content was observed in the milk of the experimental cows at the end of lactation. However, this increase, ranging from 0.02 % to 0.13 %, was greater in the experimental groups. The increase in milk fat and higher milk yields with natural fat content significantly increased the difference in gross yields of milk with 4 % fat content. The difference in this indicator between the second experimental group and the control group was 50.0 kg (2.26 %). In the third experimental group, the weight was 147.0 kg (6.63 %) ($P < 0.01$). In the fourth experimental group, the weight was 267.0 kg (12.04 %) ($P < 0.001$). In the fifth experimental group and the control group, the weight was 193.0 kg (8.71 %) ($P < 0.001$). The protein content in the milk of the test cows increased at the end of lactation, averaging 3.33 % to 3.34 %.

Since the cows in the experimental groups consumed slightly more feed, their bodies received more metabolic energy, which was offset by increased milk yield. Therefore, the difference in feed consumption per kilogram of milk was lower for the cows in the experimental groups. Cows in the experimental groups consumed 0.3–6.3 % less metabolic energy to produce milk than cows in the control group.

Conclusions. According to a comprehensive assessment, the optimal doses of zinc, manganese, and cobalt for highly productive cows during the first 100 days of lactation are 60.8 mg, 60.8 mg, and 0.78 mg per 1 kg of DM feed mixture, respectively. Mixed ligand complexes provided these doses and were 20 % lower than the recommended levels. Consuming complete feed mixtures with specified concentrations of trace elements in mixed-ligand complexes increases milk yield by 15 % and increases the proportion of fat and protein in milk.

During the second 100 days of lactation, cows that consumed a feed mixture containing 35 mg of zinc, 35 mg of manganese, and 0.4 mg of cobalt per 1 kg of DM showed higher productivity indicators, with milk productivity increasing by 19 % compared to the control group.

During the final 100 days of lactation, cows that consumed a feed mixture containing 1 kg of zinc (35 mg), manganese (35 mg), and cobalt (0.4 mg) produced the best results. These cows outperformed the control group by 2.2 kg in terms of milk yield.

The best productivity results during the last 100 days of lactation were achieved by cows whose feed mixture contained 35 mg of zinc, 35 mg of manganese, and 0.4 mg of cobalt per 1 kg of DM. These cows outperformed the control group by 2.2 kg in terms of milk yield.

Bibliography

1. Andrieu S. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *Veterinary Journal*. 2008. Vol. 176. P. 77–83. DOI: 10.1016/j.tvjl.2007.12.022

2. Beshkenadze I., Chagelishvili A., Begheluri G., Zhorzholiani N., Gogaladze M., Urotadze S., Klarjeishvili N. New generation premixes for rabbit nutrition. *Annals of Agrarian Science*. 2016. Vol. 14(4). P. 288–291. DOI: 10.1016/j.aasci.2016.06.001

3. Beshkenadze I., Klarjeishvili N., Gogaladze M., Chikaidze M., Gogua L. The role of chelates in ecological stability of the environment. The 7th International Conference "*Ecological and Environmental Chemistry*", March 3–4, 2022, Chisinau, Republic of Moldova, 2022. № 1. P. 37.

4. Bhalakiya N., Haque N., Patel P., Joshi P. Role of Trace Minerals in Animal Production and Reproduction. *International Journal of Livestock Research*. 2019. Vol. 9(9). P. 1–12. DOI: 10.5455/ijlr.20190222105609

5. Chabaev M. G., Nekrasov R. V., Klementiev M. I., Tsis E. Yu., Anikin A. S. Influence of organic and non-organic microelements on productivity and metabolic processes in growing young pigs. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (5). P. 303–310. DOI: 10.15421/2020_248

6. Chester-Jones H., Vermeire D., Brommelsiek W., Brokken K., Marx G., Linn J. G. Effect of trace mineral source on reproduction and milk production in Holstein cows. *The Professional Animal Scientist*. 2013. Vol. 29. P. 289–297. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30235-7

7. Daniel J. B., Kvidera S. K., Martín-Tereso J. Total-tract digestibility and milk productivity of dairy cows as affected by trace mineral sources. *Journal of Dairy Science*. 2020. Vol. 103. Is. 10. P. 9081–9089. DOI: 10.3168/jds.2020-18754

8. Dodovski P., Pejcinovska N., Angelovska M., Jankulovska-Petkovska M., Hristovska T., Zdraveski I., Karabolovski N., Dameski P., Ristevski M. Iodine in dairy cattle: A review. *HORIZONS*. 2021. Vol. 9(2). P. 119–133. DOI: 10.20544/HORIZONS.B.09.2. P13

9. Erickson P. S., Kalscheur K. F. Chapter 9 – Nutrition and feeding of dairy cattle. *Animal Agriculture*. 2020. Vol. 9. P. 57–80. DOI: 10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4

10. Farionik T. V., Yaremchuk O. S., Razanova O. P., Ohorodnichuk G. M., Holubenko T. L., Glavatchuk V. A. Effects of mineral supplementation on qualitative beef parameters. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14(1). P. 64–69. DOI: 10.15421/022310

11. Gross J. J. Limiting factors for milk production in dairy cows: perspectives from physiology and nutrition. *Journal of Animal Science*. 2022. Vol. 100(3). № skac044. DOI: https://doi.org/10.1093/jas/skac044

12. Hackbart K. S., Ferreira R. M., Dietsche A. A., Socha M. T., Shaver R. D., Wiltbank M. C., Fricke P. M. Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows. *Animal Science Journal*. 2010. Vol. 88(12). P. 3856–3870. DOI: https://doi.org/10.2527/jas.2010-3055

13. Hendawy A. O., Sugimura S., Sato K., Mansour M. M., Abd El-Aziz A. H., Samir H., Islam M. A., Bostami A. B. M. R., Mandour A. S., Elfadadny A., Ragab R. F., Abdelmageed H. A., Ali A. M. Effects of Selenium Supplementation on Rumen Microbiota, Rumen Fermentation, and Apparent Nutrient Digestibility of Ruminant Animals: A Review. *Fermentation*. 2022. Vol. 8(1). № 4. DOI: 10.3390/fermentation8010004

14. Hill G. M., Shannon M. C. Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*. 2019. Vol. 188(1). P. 148–159. DOI: 10.1007/s12011-018-1578-5

15. Horchanok A., Kuzmenko O., Lytvyshchenko L., Lieshchova M., Prysiazhniuk N., Bevz O., Slobodeniuk O. Efficiency of premixes with Bioplex® microelements in the diets of Holstein cattle. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(2). P. 289–293. DOI: 10.15421/2020_99

16. Kuzmenko O., Bomko V., Horchanok A., Cherniavskyi O., Malina V., Lytvyshchenko L., Umanets R., Zlamaniuk L., Umanets D., Porotikova I. Influence of chelates on pigs' productivity and quality. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (2). P. 268–273. DOI: 10.15421/2021_110

17. March S., Brinkmann J., Winkler C. Effect of training on the inter-observer reliability of lameness scoring in dairy cattle. *Animal Welfare*. 2007. Vol. 16. P. 131–133. DOI: https://doi.org/10.1017/S096272860003116X

18. Mion B., Ogilvie L., Van Winters B., Spricigo J. F. W., Anan S., Duplessis M., McBride B. W., LeBlanc S.J., Steele M. A., Ribeiro E. d. S. Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in the pre- and postpartum diets on mineral status, antioxidant biomarkers, and health of dairy cows. *Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 101. № skad041. DOI: https://doi.org/10.1093/jas/skad041

19. Nocek J. E., Socha M. T., Tomlinson D. J. The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006. Vol. 89(7). P. 2679–2693. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72344-X

20. Osorio J. S., Batistel F., Garrett E. F., Elhanafy M. M., Tariq M. R., Socha M. T., Loor J. J. Corium molecular biomarkers reveal a beneficial effect on hoof transcriptomics in peripartal dairy cows supplemented with zinc, manganese, and copper from amino acid complexes and cobalt from cobalt glucoheptonate. *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99(12). P. 9974–9982. DOI: 10.3168/jds.2015-10698

21. Pecoraro B. M., Leal D. F., Frias-De-Diego A., Browning M., Odle J., Crisci E. The health benefits of selenium in food animals: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2022. Vol. 13. № 58. DOI: 10.1186/s40104-022-00706-2

22. Rabiee A. R., Lean I. J., Stevenson M. A., Socha M. T. Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93(9). № 4239–4251. DOI: 10.3168/jds.2010-3058

23. Razanova O., Ohorodnichuk H., Farionik T., Skoromna O., Glavatchuk V. Effect of additives with chelated forms of trace minerals on growth performance of broiler chickens, feed nutrient digestibility, and carcass characteristics. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(10). P. 68–77. DOI: 10.48077/scihor10.2023.68

24. Razanova O., Skoromna O., Chudak R., Poberezhets Yu., Ohorodnichuk H. Growth rate, indicators of slaughter and quality of pork with the additional introduction of a chelated copper complex into the diet of pigs. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(11). P. 9–18. DOI: 10.48077/scihor11.2023.09

25. Razanova O. P., Ohorodnichuk G. M., Holubenko T. L., Skoromna O. I., Novgorodska N. V., Solomon A. M., Ovsienko S. M. Meat productivity and quality of meat and liver of broiler chickens after consuming diet with mineral supplements containing chelates of cuprum, iron, zinc, and manganese. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024. Vol. 15(1). P. 159–165. DOI: https://doi.org/10.15421/022423

26. Silva W. J., Guizelini C. C., Franco G. L., Veiga R. C. P., Arruda W. G., Nascimento V. A., Melo E. S. P., Lemos R. A. A. Cobalt deficiency in cattle and its impact on production. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2020. Vol. 40(11). P. 837–841. DOI: 10.1590/1678-5150-PVB-6770

27. Sloup V., Jankovská I., Nechybová S., Peřinková P., Langrova I. Zinc in the Animal Organism: A Review. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 2017. Vol. 48(1). P. 13–21. DOI: 10.1515/sab-2017-0003

28. Stanacev V., Milosevic N., Stanacev V., Puvaca N., Milic D., Pavlovski Z. Chelating forms of microelements in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 2014. Vol. 70(1). P. 105–112. DOI: 10.1017/S0043933914000099

29. Studer J. M., Schweer W. P., Gabler N. K., Ross J. W. Functions of manganese in reproduction. *Animal Reproduction Science*. 2022. Vol. 238. № 106924. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2022.106924

30. Swiątkiewicz S., Arczewska-Wlosek A., Jozefiak D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: Review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*. 2014. Vol. 70(3). P. 475–486. DOI: 10.1017/S0043933914000531

31. Yamamoto S., Ito K., Suzuki K., Matsushima Yu., Watanabe I., Watanabe Yu., Abiko K., Kamada T., Sato K. Kinematic gait analysis and lactation performance in dairy cows fed a diet supplemented with zinc, manganese, copper and cobalt. *Animal Science Journal*. 2013. Vol. 85(3). P. 330–335. DOI: https://doi.org/10.1111/asj.12141

32. Yatoo M. I., Saxena A., Deepa P. M., Habeab B. P., Devi S., Jatav R. S., Dimri U. Role of Trace elements in animals: a review. *Veterinary World*. 2013. Vol. 6(12). P. 963–967. DOI: 10.14202/vetworld.2013.963-967

33. Кононенко В. К., Ібатуллін І. І., Патров В. С. Практикум з основ наукових досліджень у тваринництві. Київ, 2003. 116 с.

34. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин / під редакцією А. О. Бабича. Вінниця. 1998. 78 с.

35. Теорія і практика нормованої годівлі великої рогатої худоби : монографія / за ред. В. М. Кандиби, І. І. Ібатуллліна, В. І. Костенка. Житомир : Рута, 2012. 860 с.

Кропивка Ю. Г.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
в.о. завідувача кафедри генетики та розведення тварин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького
Львів, Україна
E-mail: *yurikropyvka@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4654-0147*

Бомко В. С.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри кормів, кормових добавок та годівлі тварин,
Білоцерківський національний аграрний університет
Біла Церква, Україна
E-mail: *mailto:vitalijbomko@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-5558-6924*

Титарьова О. М.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри кормів, кормових добавок та годівлі тварин,
Білоцерківський національний аграрний університет
Біла Церква, Україна
E-mail: *olenakosyanenko@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4820-809X*

Скоромна О. І.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *oksanask7777@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1332-5579*

ВПЛИВ РІЗНИХ ДОЗ ЗМІШАНОЛІГАНДНИХ КОМПЛЕКСІВ ЦИНКУ, МАНГАНУ І КОБАЛЬТУ НА МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ДІЙНИХ КОРІВ ЗА ПЕРІОДАМИ ЛАКТАЦІЇ

Анотація

Використання солей мікроелементів у годівлі тварин призводить до стрімкого забруднення навколишнього середовища цими металами через їхню низьку біологічну доступність для тваринного організму. Органічні сполуки мікроелементів значно краще засвоюються в організмі тварин, які проявляють кращу продуктивність за зменшених рівнів цих кормових добавок. У статті представлено результати комплексних досліджень впливу змішанолігандних комплексів мікроелементів (Zn, Mn, Co) у поєднанні з органічною формою селену (Суплекс Se) на молочну продуктивність високопродуктивних корів різних порід за різних періодів лактації. Актуальність роботи зумовлена зростанням дефіциту мікроелементів у системі ґрунт–корм–раціон в умовах інтенсивного молочного скотарства, а також низькою біодоступністю традиційних неорганічних солей мікроелементів. Мета дослідження – обґрунтувати доцільність заміни сульфатних форм цинку, мангану й кобальту на змішанолігандні комплекси та визначити їх оптимальні концентрації у раціонах корів упродовж лактаційного періоду. Експеримент проведено на 50 коровах трьох порід (голштинської породи німецької селекції, української чорно-рябої молочної породи та української червоно-рябої молочної породи) методом груп-аналогів із формуванням однієї контрольної та чотирьох дослідних груп. Вивчали продуктивність, якість молока та витрати кормів у перші, другі та треті 100 днів лактації. Встановлено, що використання органічних форм мікроелементів забезпечує достовірне підвищення середньодобових надоїв, збільшення валового виробництва молока 4 % жирності та зниження витрат обмінної енергії на одиницю продукції. Найвищі показники молочної продуктивності у перші 100 днів отримано у корів, раціони яких містили 60,8 мг Zn, 60,8 мг Mn та 0,78 мг Co/кг СР у вигляді змішанолігандних комплексів. Упродовж других 100 днів оптимальний ефект забезпечували нижчі концентрації мікроелементів (35 мг Zn і Mn та 0,4 мг Co/кг СР). Застосування хелатних форм мікроелементів сприяло також помірному зростанню вмісту жиру й білка в молоці та зниженню витрат кормів на 4–6 %. Отримані результати підтвердили, що дійні корови потребують меншу від рекомендованої кількість цинку, кобальту та мангану за умови, що джерелом цих мікроелементів у раціоні є змішанолігандні їх комплекси.

Ключові слова: *високопродуктивні корови, молочна продуктивність, змішанолігандні комплекси, органічні мікроелементи, якість молока, жир і білок молока.*

References

1. Andrieu, S. (2008). Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *Veterinary Journal*, 176, 77–83. DOI: 10.1016/j.tvjl.2007.12.022 [in English].

2. Beshkenadze, I., Chagelishvili, A., Begheluri, G., Zhorzholiani, N., Gogaladze, M., Urotadze, S., & Klarjeishvili, N. (2016). New generation premixes for rabbit nutrition. *Annals of Agrarian Science*, 14, 4, 288–291. DOI: 10.1016/j.aasci.2016.06.001 [in English].

3. Beshkenadze, I., Klarjeishvili, N., Gogaladze, M., Chikaidze, M., & Gogua, L. (2022). The role of chelates in ecological stability of the environment. The 7th International Conference "*Ecological and Environmental Chemistry*", March 3–4, 2022, Chisinau, Republic of Moldova, 1, 37 [in English].

4. Bhalakiya, N., Haque, N., Patel, P., & Joshi, P. (2019). Role of Trace Minerals in Animal Production and Reproduction. *International Journal of Livestock Research*, 9(9), 1–12. DOI: 10.5455/ijlr.20190222105609 [in English].

5. Chabaev, M. G., Nekrasov, R. V., Klementiev, M. I., Tsis, E. Yu., & Anikin A. S. (2020). Influence of organic and non-organic microelements on productivity and metabolic processes in growing young pigs. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (5), 303–310. DOI: 10.15421/2020_248 [in English].

6. Chester-Jones, H., Vermeire, D., Brommelsiek, W., Brokken, K., Marx, G., & Linn J.G. (2013). Effect of trace mineral source on reproduction and milk production in Holstein cows. *The Professional Animal Scientist*, 29, 289–297. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30235-7 [in English].

7. Daniel, J. B., Kvidera, S. K., & Martín-Tereso, J. (2020). Total-tract digestibility and milk productivity of dairy cows as affected by trace mineral sources. *Journal of Dairy Science*, 103, 10: 9081–9089. DOI: 10.3168/jds.2020-18754 [in English].

8. Dodovski, P., Pejcinovska, N., Angelovska, M., Jankulovska-Petkovska, M., Hristovska, T., Zdraveski, I., Karabolovski, N., Dameski, P., & Ristevski, M. (2021). Iodine in dairy cattle: A review. *HORIZONS*, 9(2), 119–133. DOI: 10.20544/HORIZONS.B.09.2. P13 [in English].

9. Erickson, P. S., & Kalscheur, K. F. (2020). Chapter 9 – Nutrition and feeding of dairy cattle. *Animal Agriculture*, 9, 57–80. DOI: 10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4 [in English].

10. Farionik, T. V., Yaremchuk, O. S., Razanova, O. P., Ohorodnichuk, G. M., Holubenko, T. L., & Glavatchuk, V. A. (2023). Effects of mineral supplementation on qualitative beef parameters. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14, 1, 64–69. DOI: 10.15421/022310 [in English].

11. Gross, J. J. (2022). Limiting factors for milk production in dairy cows: perspectives from physiology and nutrition. *Journal of Animal Science*, 100, 3, skac044. DOI: 10.1093/jas/skac044 [in English].

12. Hackbart, K. S., Ferreira, R. M., Dietsche, A. A., Socha, M. T., Shaver, R. D., Wiltbank, M. C., & Fricke, P. M. (2010). Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows. *Animal Science Journal*, 88(12), 3856–3870. DOI: 10.2527/jas.2010-3055 [in English].

13. Hendawy, A. O., Sugimura, S., Sato, K., Mansour, M. M., Abd El-Aziz, A.H., Samir, H., Islam, M. A., Bostami, A. B. M. R., Mandour, A. S., Elfadadny, A., Ragab, R. F., Abdelmageed, H. A., & Ali, A. M. (2022). Effects of Selenium Supplementation on Rumen Microbiota, Rumen Fermentation, and Apparent Nutrient Digestibility of Ruminant Animals: A Review. *Fermentation*, 8(1), 4. DOI: 10.3390/fermentation8010004 [in English].

14. Hill, G. M., & Shannon, M. C. (2019). Copper and Zinc Nutritional Issues for Agricultural Animal Production. *Biological Trace Element Research*, 188(1), 148–159. DOI: 10.1007/s12011-018-1578-5 [in English].

15. Horchanok, A., Kuzmenko, O., Lytvyshchenko, L., Lieshchova, M., Prysiazhniuk, N., Bevz, O., & Slobodeniuk, O. (2020). Efficiency of premixes with Bioplex® microelements in the diets of Holstein cattle. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 289–293. DOI: 10.15421/2020_99 [in English].

16. Kuzmenko, O., Bomko, V., Horchanok, A., Cherniavskyi, O., Malina, V., Lytvyshchenko, L., Umanets, R., Zlamaniuk, L., Umanets, D., & Porotikova, I. (2021). Influence of chelates on pigs productivity and quality. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 268–273. DOI: 10.15421/2021_110 [in English].

17. March, S., Brinkmann, J., & Winkler, C. (2007). Effect of training on the inter-observer reliability of lameness scoring in dairy cattle. *Animal Welfare*, 16, 131–133. DOI: 10.1017/S096272860003116X [in English].

18. Mion, B., Ogilvie, L., Van Winters, B., Spricigo, J. F. W., Anan, S., Duplessis, M., McBride, B. W., LeBlanc, S. J., Steele, M. A., & Ribeiro, E. d. S. (2023). Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in the pre- and postpartum diets on mineral status, antioxidant biomarkers, and health of dairy cows. *Journal of Animal Science*, 101, skad041. DOI: 10.1093/jas/skad041 [in English].

19. Nocek, J. E., Socha, M. T., & Tomlinson, D. J. (2006). The effect of trace mineral fortification level and source on performance of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2679–2693. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72344-X [in English].

20. Osorio, J. S., Batistel, F., Garrett, E. F., Elhanafy, M. M., Tariq, M. R., Socha, M. T., & Loor, J. J. (2016). Corium molecular biomarkers reveal a beneficial effect on hoof transcriptomics in peripartal dairy cows supplemented with zinc, manganese, and copper from amino acid complexes and cobalt from cobalt glucoheptonate. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9974–9982. DOI: 10.3168/jds.2015-10698 [in English].

21. Pecoraro, B. M., Leal, D. F., Frias-De-Diego, A., Browning, M., Odle, J., & Crisci, E. (2022). The health benefits of selenium in food animals: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13, 58. DOI: 10.1186/s40104-022-00706-2 [in English].

22. Rabiee, A. R., Lean, I. J., Stevenson, M. A., & Socha, M. T. (2010). Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 93, 9, 4239–4251. DOI: 10.3168/jds.2010-3058 [in English].

23. Razanova, O., Ohorodnichuk, H., Farionik, T., Skoromna, O., & Glavatchuk, V. (2023). Effect of additives with chelated forms of trace minerals on growth performance of broiler chickens, feed nutrient digestibility, and carcass characteristics. *Scientific Horizons*, 26, 10, 68–77. DOI: 10.48077/scihor10.2023.68 [in English].

24. Razanova, O., Skoromna, O., Chudak, R., Poberezhets, Yu., & Ohorodnichuk, H. (2023). Growth rate, indicators of slaughter and quality of pork with the additional introduction of a chelated copper complex into the diet of pigs. *Scientific Horizons*, 26, 11, 9–18. DOI: 10.48077/scihor11.2023.09 [in English].

25. Razanova, O. P., Ohorodnichuk, G. M., Holubenko, T. L., Skoromna, O. I., Novgorodska, N. V., Solomon, A. M., & Ovsienko, S. M. (2024). Meat productivity and quality of meat and liver of broiler chickens after consuming diet with mineral supplements containing chelates of cuprum, iron, zinc, and manganese. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 15, 1, 159–165. DOI: 10.15421/022423 [in English].

26. Silva, W. J., Guizelini, C. C., Franco, G. L., Veiga, R. C. P., Arruda, W. G., Nascimento, V. A., Melo, E. S. P., & Lemos, R. A. A. (2020). Cobalt deficiency in cattle and its impact on production. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 40(11), 837–841. DOI: 10.1590/1678-5150-PVB-6770 [in English].

27. Sloup, V., Jankovská, I., Nechybová, S., Peřinková, P., & Langrova, I. (2017). Zinc in the Animal Organism: A Review. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 48(1), 13–21. DOI: 10.1515/sab-2017-0003 [in English].

28. Stanacev, V., Milosevic, N., Stanacev, V., Puvaca, N., Milic, D., & Pavlovski, Z. (2014). Chelating forms of microelements in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 70(1), 105–112. DOI: 10.1017/S0043933914000099 [in English].

29. Studer, J. M., Schweer, W. P., Gabler, N. K., & Ross, J. W. (2022). Functions of manganese in reproduction. *Animal Reproduction Science*, 238, 106924. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2022.106924 [in English].

30. Swiątkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A., & Jozefiak, D. (2014). The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: Review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*, 70(3), 475–486. DOI: 10.1017/S0043933914000531 [in English].

31. Yamamoto, S., Ito, K., Suzuki, K., Matsushima, Yu., Watanabe, I., Watanabe, Yu., Abiko, K., Kamada, T., & Sato, K. (2013). Kinematic gait analysis and lactation performance in dairy cows fed a diet supplemented with zinc, manganese, copper and cobalt. *Animal Science Journal*, 85, 3, 330–335. DOI: 10.1111/asj.12141 [in English].

32. Yatoo, M. I., Saxena, A., Deepa, P. M., Habeab, B. P., Devi, S., Jatav, R. S., & Dimri, U. (2013). Role of Trace elements in animals: a review. *Veterinary World*, 6(12), 963–967. DOI: 10.14202/vetworld.2013.963-967 [in English].

33. Kononenko, V. K., Ibatullin, I. I., & Patrov, V. S. (2003). Praktykum z osnov naukovykh doslidzhen u tvarynnytstvi [Workshop on the basics of scientific research in animal husbandry]. Kyiv : Ahrarna nauka. 116 p. [in Ukrainian].

34. Babych, A. O. (1998). Metodyka provedennia doslidiv z kormovyrobnytstva i hodivli tvaryn [Methodology of conducting experiments on fodder production and animal feeding]. Vinnytsa. 78 p. [in Ukrainian].

35. Kandyba, V., Ibatullin, I., Kostenko, V., Melnyk, Yu., & Slavov, V. (2012). Teoriia i praktyka normovanoi hodivli velykoi rohatoi khudoby [Theory and practice of standardized feeding of cattle]: monograph. Zhytomyr: Ruta. 860 p. [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 12.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 636.4:636.085.55:591.5
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-2

Бевз Н. Л.
здобувачка вищої освіти ступеня доктора філософії,
кафедра технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *n.bevz@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-0037-9156*

Лихач В. Я.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *vylykhach80@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-9150-6730*

ПОВЕДІНКОВІ ПАТЕРНИ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ ФІТОГЕННОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ

Анотація

Наведено результати комплексної оцінки впливу фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на показники статевої поведінки, спермопродуктивності ремонтних кнурів та поведінкові реакції ремонтних свинок в умовах інтенсивного вирощування в ПОП «Вікторія» Миколаївської області. Дослідження проведено у 2024–2025 рр. у межах науково-господарського експерименту із використанням ремонтних кнурів великої білої породи та породи ландрас, а також ремонтних свинок поєднання (ВБ × Л). Фітогенну кормову добавку вводили до складу комбікормів у дозі 0,10 % від маси корму. Оцінку статевої поведінки ремонтних кнурів здійснювали за тривалістю основних етапів копулятивного акту, а спермопродуктивність – за об'ємом еякуляту, концентрацією, прямолінійно-поступальною рухливістю та виживаністьм сперміїв. Поведінкові реакції ремонтних свинок аналізували у фазах проеструсу, еструсу та діеструсу з урахуванням тривалості відпочинку, рухової активності, агресивних взаємодій і кількості виплигувань. Статистичну обробку даних виконували методами двофакторного дисперсійного, кореляційного аналізів та аналізу головних компонент.

Встановлено, що згодовування фітобіотику «Імуночасник» не мало вірогідного впливу на абсолютні часові показники статевої поведінки ремонтних кнурів, які варіювали в межах фізіологічної норми ($p > 0,05$), проте впливало на співвідношення між окремими поведінковими параметрами. Породна належність достовірно впливала на об'єм еякуляту та концентрацію сперміїв, а умови годівлі – на виживаність сперміїв, особливо у кнурів породи ландрас ($p = 0,008$). Кореляційний аналіз засвідчив відносну автономність показників статевої поведінки та спермопродуктивності. У ремонтних свинок використання фітогенної добавки зумовлювало достовірне зниження агресивних взаємодій у проеструсі та еструсі, зменшення рухової активності у діеструсі та збільшення тривалості відпочинку ($p \leq 0,05–0,001$), а також більш рівномірний перебіг еструсу зі зниженням передчасних проявів статевого збудження. Доведено, що фітогенна кормова добавка «Імуночасник» сприяє стабілізації поведінкових патернів ремонтного молодняку свиней і може розглядатися як ефективний елемент безантибіотикових технологій підготовки тварин до репродуктивного використання.

Ключові слова: *годівля, ремонтний молодняк, репродуктивні ознаки, свині, спермопродуктивність, статева поведінка, технологія, фітогенна кормова добавка.*

Вступ. Ефективність відтворення у племінному та промисловому свинарстві значною мірою визначається репродуктивною якістю ремонтного молодняку, зокрема статевою поведінкою та спермопродуктивністю кнурів і перебігом статевого циклу у свинок. Формування цих показників залежить від породної належності тварин, умов утримання та рівня годівлі, які впливають на функціональний стан репродуктивної системи, поведінкові реакції та адаптацію до інтенсивних технологій [11].

У сучасних умовах актуальним є пошук кормових рішень, здатних стабілізувати поведінкові патерни тварин, зменшувати прояви стресу та агресії й водночас не порушувати фізіологічних механізмів відтворення. Особливу наукову цінність має проведення досліджень у реальних умовах господарства, де на результати впливають фактори мікроклімату, технології утримання, генетичні особливості тварин та практичні аспекти годівлі [2; 11; 25]. Це забезпечує практичну спрямованість і підвищує значущість отриманих результатів для виробництва.

Недавні систематичні огляди науковців [6; 11; 19–22] підтверджують, що фітогенні добавки загалом мають позитивний вплив на показники продуктивності тварин, покращують травлення, стабілізують структуру кишкової мікробіоти та зменшують запальні реакції. У роботах [16; 18; 23; 24] підкреслюється роль цих сполук як

© *Бевз Н. Л., Лихач В. Я., 2026*
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

перспективної альтернативи антибіотичним стимуляторам росту: вони підвищують ефективність перетворення корму, сприяють набору живої ваги та покращують здоров'я шлунково-кишкового тракту. Більше того, ці добавки все частіше визнаються ключовими елементами стратегій виробництва без антибіотиків в ЄС та Азії, де препарати на основі часнику та трав включені до рекомендацій щодо сталого тваринництва [2; 6; 8; 14; 15].

Фітогенні кормові добавки розглядаються як один із напрямів оптимізації годівлі ремонтного молодняку у межах безантибіотикових технологій, оскільки вони можуть впливати на обмінні процеси та регуляцію поведінкових і репродуктивних реакцій [2]. Водночас дані щодо їх дії на показники статевої поведінки, спермопродуктивності кнурів та перебіг еструсу у ремонтних свинок залишаються обмеженими та потребують експериментального підтвердження з урахуванням породних особливостей.

Мета роботи – дослідити вплив фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на показники статевої поведінки та спермопродуктивності ремонтних кнурів різних порід, а також на поведінкові реакції та перебіг статевого циклу у ремонтних свинок.

Матеріал і методи. Дослідження в рамках науково-господарського досліду, що проходив протягом 2024–2025 рр. у Приватно-орендному підприємстві (ПОП) «Вікторія» Миколаївської області, полягали у визначенні патернів статевої поведінки ремонтних свинок та кнурів за використання в їх раціонах фітогенної кормової добавки «Імуночасник».

Візуалізували статеву поведінку ремонтних кнурів різних порід (велика біла, ландрас) залежно від згодовування кормової добавки «Імуночасник» у дозі 0,10 % від маси корму під час привчання до отримання сперми мануальним способом на фантом (табл. 1).

Таблиця 1. Схема досліду з оцінки спермопродуктивності та статевої поведінки ремонтних кнурів за використання фітогенної кормової добавки «Імуночасник», (*n* = 10)

Група	Порода	Умови годівлі
Вік 11–12 тижнів – зрівняльний період (ЗП)		
Вік 12–17 тижнів		
контрольна	велика біла	ОР «Гроуер»
	ландрас	
дослідна	велика біла	ОР «Гроуер» + 0,10 % за масою корму «Імуночасник»
	ландрас	
Вік 17–26 тижнів		
контрольна	велика біла	ОР «Ремонтний молодняк»
	ландрас	
дослідна	велика біла	ОР «Ремонтний молодняк» + 0,10 % за масою корму «Імуночасник»

Статеву активність кнурців оцінювали за тривалістю індукції та реалізації послідовних копулятивних рефлексів, зокрема пошуку об'єкта, наближення до нього з проявами статевого збудження, стадії «залицяння», ерекції та висунення статевого члена, заплигування на об'єкт, виконання копулятивних рухів, що передують еякуляторному рефлексу, власне статевого акту та еякуляції, у процесі отримання сперми [25]. Відбір сперми здійснювали за відсутності впливу еструсу свиноматок.

У ході досліджень визначали такі показники статевої активності кнурів: тривалість періоду від заведення кнура в манеж до прояву ерекції; інтервал від настання ерекції до початку еякуляції; тривалість еякуляції. Часові параметри прояву та реалізації статевих рефлексів фіксували за допомогою секундоміра з точністю до 1 с відповідно до загальноприйнятих методик [4; 5; 25].

Кількісні та якісні параметри сперми оцінювали на основі «Інструкції зі штучного осіменіння свиней» і методичних рекомендацій генетичної компанії «*PIC*» (Великобританія) [4; 13].

Порівняльне дослідження статевої поведінки ремонтних свинок за використання фітобіотику проводили за загальноприйнятими методиками [5; 7] у стадіях, що характеризувалися найвищою інтенсивністю проявів проеструсу, еструсу і діеструсу. Ремонтні свинки поєднання (ВБ × Л) були розділені на дві групи: I (контрольна) група, які в процесі вирощування отримували основний раціон (ОР) «Гроуер» та «Ремонтний молодняк» і II (дослідна група), яким під час вирощування згодовували вказані рецепти комбікормів з додаванням 0,10 % від маси корму фітогенної кормової добавки «Імуночасник».

Здійснювали облік частоти виплигувань на свиноматок у різні фази еструсу, а також аналізували поведінкові реакції після осіменіння. Тривалість статевого циклу встановлювали за інтервалом між початком послідовних тічок. Кількість виплигувань визначали шляхом безперервного спостереження. Отримані дані виражали у відсотках як середню кількість актів виплигування, що припадала на одну свинку за відповідний період еструсу, приймаючи загальну кількість тварин у групі за 100 %. Для цього в групових станках для утримання ремонтних свинок фіксували шляхом відеоспостереження загальноприйняті елементи поведінки за допомогою етологічної «абетки» [5; 25].

Склад кормової добавки «Імуночасник» (у перерахунку на 100 г продукту) включає 95 г висушеного часнику (*Allium sativum L.*) та 5 г кмину (*Carum carvi L.*). Продукт виготовлений на замовлення компанії «*Eagle Trading LLC*» (Україна); виробник – ТОВ «Аргано Органіс», Юніт 2, *Industrial Estate*, Захараннур (Індія) [2; 6].

Параметри мікроклімату у приміщенні для утримання піддослідних тварин забезпечувалися функціонуванням системи негативної вентиляції, до складу якої входив осьовий витяжний вентилятор, змонтований у стельовій частині будівлі, та припливні повітряні клапани, розташовані у стінах корпусу. Координація роботи елементів вентиляційної системи здійснювалася мікропроцесорним обладнанням, що забезпечувало автоматичне підтримання заданих параметрів мікроклімату. Видалення гною з приміщення проводили із застосуванням вакуумно-самопливної системи періодичної дії, яка передбачала наявність гнойових ванн, розміщених під усією площею станків, та мережі трубопроводів для транспортування гнойових стоків до гнойозбірників, розташованих за межами тваринницького приміщення. Годівля, напування, умови утримання, догляд і ветеринарно-профілактичні заходи в ході експерименту здійснювалися з дотриманням вимог чинного європейського та національного законодавства [3; 9; 10; 13; 17; 25].

Отримані в ході досліджень результати опрацьовували статистичними методами із застосуванням сучасних засобів комп'ютерної техніки та пакета прикладних програм *STATISTICA v. 7.0* (*StatSoft Inc*., США) відповідно до загальноприйнятих методик [1; 12].

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінка спермопродуктивності ремонтних кнурів є ключовим складником відтворної ефективності свинарства, оскільки показники сперми визначають репродуктивний потенціал плідників і результативність штучного осіменіння. Їх формування залежить від породної належності та умов годівлі, а також від спільного впливу цих факторів на реалізацію генетичного потенціалу. З метою кількісної оцінки внеску кожного чинника та їх взаємодії застосовано двофакторний дисперсійний аналіз, результати якого наведено в таблиці 2.

У відношенні об'єму еякуляту встановлено вірогідний вплив (p = 0,030) породної належності ремонтних кнурів. Найвищі оцінки такої ознаки було відзначено серед кнурців породи ландрас як контрольної групи (184,7 мл), так і групи, яка отримувала фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (188,8 мл).

Таблиця 2. Показники мінливості ($M \pm SE$) і результати двофакторного дисперсійного аналізу (F; P) впливу умов годівлі (A), породи (B) та їх сумісної дії ($A \times B$) на спермопродуктивність ремонтних кнурів

Ознака	Група				Фактор		
	ВБ(К) (n = 10)	Л(К) (n = 10)	ВБ(Д) (n = 10)	Л(Д) (n = 10)	Умови годівлі (A)	Порода (B)	$A \times B$
Об'єм еякуляту, мл	167,3 ± 6,89a	184,7 ± 8,14b	166,9 ± 8,60a	188,8 ± 10,78b	0,05 (ns)	5,10 (0,030)	0,07 (ns)
Концентрація сперміїв, млн/мл	226,8 ± 13,91ab	201,9 ± 10,22a	242,5 ± 16,31b	210,8 ± 15,22ab	0,76 (ns)	4,03 (0,052)	0,06 (ns)
Прямолінійно-поступальна рухливість, %	76,7 ± 2,62a	75,3 ± 3,79a	75,8 ± 3,57a	75,0 ± 4,18a	0,03 (ns)	0,09 (ns)	0,01 (ns)
Виживаність сперміїв, год.	40,0 ± 3,69a	41,4 ± 3,53a	48,3 ± 2,64ab	51,5 ± 3,25b	7,77 (0,008)	0,49 (ns)	0,07 (ns)

Примітки: n – кількість записів; $M \pm SE$ – оцінка середнього арифметичного значення та її статистичної помилки; F – оцінка критерію Фішера-Снедекора; P – його рівень значущості; ns – $p > 0,05$. Вірогідні відмінності між середніми окремих груп ($p < 0,05$) на підставі *LSD*-тесту множинних порівнянь Фішера позначено різними літерами. ВБ – велика біла порода, Л – порода ландрас, К – контроль, Д – дослід.

Що стосується концентрації сперміїв, то для такої ознаки також має місце тенденція до впливу породної належності ремонтних кнурів (p = 0,052), але найвищі оцінки в цьому випадку було відзначено серед кнурців великої білої породи, які отримували з раціоном фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (242,5 млн/мл). А найнижчі оцінки такої ознаки було відзначено серед кнурців породи ландрас як контрольної групи (201,9 млн/мл), так і групи, яка отримувала фітогенну кормову добавку «Імуночасник» (210,8 млн/мл).

Під час аналізу мінливості прямолінійно-поступальної рухливості сперміїв вірогідного впливу ані умов годівлі, ані породної належності кнурців та їх сумісного впливу не встановлено. Така ознака варіювала у дуже вузьких межах (75,0–76,7 %).

А ось для виживаності сперміїв було встановлено вірогідний вплив додавання до раціону кнурців фітогенної кормової добавки «Імуночасник» (p = 0,008). І якщо для кнурців великої білої породи у разі додавання фітогенної кормової добавки «Імуночасник» різниця між контрольною та дослідною групами була на межі вірогідності, то для кнурців породи ландрас тварини дослідної групи вірогідно ($p < 0,05$) переважали особин контрольної групи (майже на 10,1 год.).

Поведінка ремонтних кнурів формується під впливом комплексу екзогенних і ендогенних чинників та відображає особливості перебігу адаптаційних і регуляторних процесів в організмі тварин. Зміни у структурі кормових раціонів, зокрема включення фітогенних компонентів, можуть опосередковано впливати на рівень активності, реактивність і соціальну взаємодію кнурів, що має практичне значення для організації їх утримання та подальшого використання у відтворенні [25].

У таблиці 3 наведено показники мінливості та результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу умов годівлі, породи та їх сумісної дії на тривалість основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів.

Хоча не було встановлено вірогідного впливу головних факторів та їх сумісного впливу на час від загону кнура в манеж до прояву рефлексу еректії (у всіх випадках: $p > 0,05$), тим не менш було встановлено, що кнурці великої білої породи, які отримували з раціоном фітогенну кормову добавку «Імуночасник», вірогідно ($p < 0,05$) поступалися кнурцям породи ландрас контрольної групи за такою ознакою (373,7 та 429,5 хв., відповідно).

Що стосується мінливості часу від досягнення еректії до початку еякуляції, то вона не відчувала вірогідного впливу жодного з вивчених у досліді факторів і серед кнурців різних субгруп варіювала від 64,8 до 66,5 хв.

Аналогічну закономірність було відзначено і у відношенні мінливості тривалості еякуляції. Така ознака також ніяк не залежала ані від умов годівлі, ані від породної належності кнурців і варіювала в дуже вузьких межах – від 184,4 до 201,2 хв.

Таблиця 3. Показники мінливості ($M \pm SE$) і результати двофакторного дисперсійного аналізу (F; P) впливу умов годівлі (A), породи (B) та їх сумісної дії ($A \times B$) на тривалість основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів

Ознака	Група				Фактор		
	ВБ(К) ($n = 10$)	Л(К) ($n = 10$)	ВБ(Д) ($n = 10$)	Л(Д) ($n = 10$)	Умови годівлі (А)	Порода (В)	А × В
Час від загону кнура в манеж до прояву рефлексу еректії, хв	400,2 ± 13,70ab	429,5 ± 12,32b	373,7 ± 18,04a	404,9 ± 25,64ab	1,98 (ns)	2,77 (ns)	0,01 (ns)
Час від досягнення еректії до початку еякуляції, хв	64,8 ± 3,25a	66,5 ± 2,23a	64,9 ± 3,09a	65,4 ± 2,77a	0,03 (ns)	0,15 (ns)	0,05 (ns)
Тривалість еякуляції, хв	184,4 ± 7,34a	201,2 ± 14,23a	185,5 ± 16,64a	200,6 ± 16,09a	0,01 (ns)	1,27 (ns)	0,01 (ns)

Примітки: n – кількість записів; $M \pm SE$ – оцінка середнього арифметичного значення та її статистичної помилки; F – оцінка критерію Фішера-Снедекора; p – його рівень значущості; ns – $p > 0,05$. Вірогідні відмінності між середніми окремих груп ($p < 0,05$) на підставі *LSD*-тесту множинних порівнянь Фішера позначено різними літерами. ВБ – велика біла порода, Л – порода ландрас, К – контроль, Д – дослід.

Загалом, можна зробити висновок, що тривалість основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів майже не залежала ані від умов годівлі, ані від породи та їх сумісної дії.

У таблиці 4 наведено оцінки коефіцієнтів кореляції між ознаками тривалості основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності.

Отже, було встановлено, що для ремонтних кнурців мала місце суттєва від'ємна кореляція (–0,56) між часом від досягнення еректії до початку еякуляції і тривалістю еякуляції, а також певна тенденція для додатної кореляції (0,30) між часом від загону кнура в манеж до прояву рефлексу еректії і тривалістю еякуляції.

При цьому зв'язку між ознаками тривалості основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності не відзначено.

З іншого боку, між різними ознаками, що характеризують рівень спермопродуктивності ремонтних кнурів мала місце позитивна кореляція. Так, концентрація сперміїв мала додатну кореляцію із їх прямолінійно-поступальною рухливістю (0,33), а об'єм еякуляту із виживаністю сперміїв (0,29; $0,05 < p < 0,10$).

У таблиці 5 наведено оцінки факторних навантажень для перших Двох Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно-коваріаційної матриці основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності.

Перша Головна Компонента (PC1) описувала 26,1 % загальної мінливості кореляційно-коваріаційної матриці основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності та мала від'ємний зв'язок із тривалістю еякуляції (–0,819) та додатний із часом від досягнення еректії до початку еякуляції (0,741).

Загалом, таку Головну Компоненту можна інтерпретувати як «*Статеву поведінку ремонтних кнурів*». Вона поділяє всіх тварини на дві групи. В першу входять ремонтні кнури із довгим часом від досягнення еректії до початку еякуляції та швидкою еякуляцією, а в другу – із коротким часом від досягнення еректії до початку еякуляції та тривалою еякуляцією.

Друга Головна Компонента (PC2) описувала 22,1 % загальної мінливості кореляційно-коваріаційної матриці основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності та мала від'ємний зв'язок

Таблиця 4. Оцінки коефіцієнта кореляції між ознаками тривалості основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності

Ознака	Час від загону кнура в манеж до прояву рефлексу ерекції	Час від досягнення ерекції до початку еякуляції	Тривалість еякуляції	Об'єм еякуляту	Концентрація сперміїв	Прямолінійно-поступальна рухливість	Виживаємість сперміїв
Час від загону кнура в манеж до прояву рефлексу ерекції	×	–0,02	*0,30*	0,03	–0,06	0,20	–0,06
Час від досягнення ерекції до початку еякуляції		×	***–0,56***	0,04	0,12	0,02	0,21
Тривалість еякуляції			×	0,03	–0,17	0,08	–0,15
Об'єм еякуляту				×	–0,20	–0,18	*0,29*
Концентрація сперміїв					×	***0,33***	0,19
Прямолінійно-поступальна рухливість						×	–0,20
Виживаність сперміїв							×

Примітки: Напівжирним курсивом виділено оцінки коефіцієнта кореляції, для якого $p < 0,05$. Курсивом виділено оцінки коефіцієнту кореляції, для якого $0,05 < p < 0,10$.

Таблиця 5. Оцінки факторних навантажень для перших Двох Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно-коваріаційної матриці основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності

Ознака	Головна Компонента	
	PC1	PC2
Час від загону кнура в манеж до прояву рефлексу ерекції	–0,415	0,116
Час від досягнення ерекції до початку еякуляції	***0,741***	0,157
Тривалість еякуляції	***–0,819***	–0,154
Об'єм еякуляту	0,143	***–0,640***
Концентрація сперміїв	0,311	***0,654***
Прямолінійно-поступальна рухливість	–0,198	***0,747***
Виживаність сперміїв	0,532	–0,298
Частка загальної мінливості, %	26,1	22,1

Примітка: Напівжирним курсивом виділено оцінки факторних навантажень, що вносять суттєвий внесок у інтерпретацію відповідної Головної Компоненти.

із об'ємом еякуляту (–0,640) та додатний із концентрацією сперміїв (0,654) та їх прямолінійно-поступальною рухливістю (0,747). Загалом, таку Головну Компоненту можна інтерпретувати як «*Характеристики еякуляту*». Вона поділяє всіх тварини на дві групи. В першу входять ремонтні кнури із високою концентрацією сперміїв, що

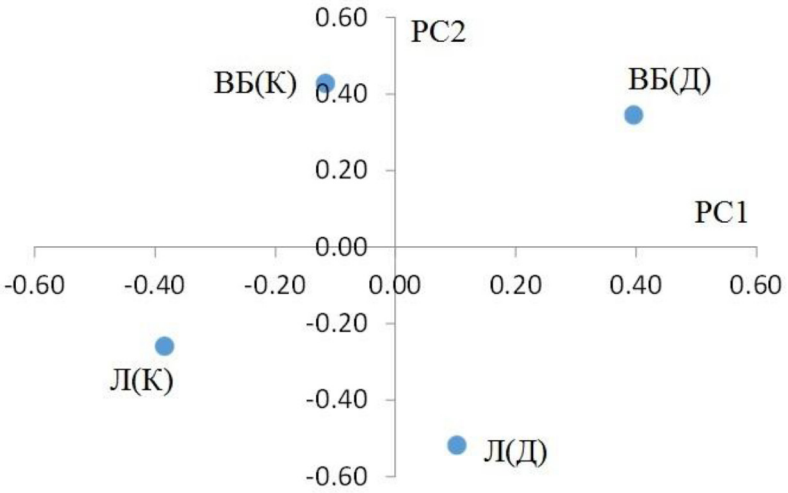


Рис. 1. Ординація центроїдів окремих субгруп ремонтних кнурів у просторі Першої та Другої Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно-коваріаційної матриці основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності

мають високий рівень прямолінійно-поступальної рухливості за малого об'єму еякуляту, а в другу – тварини із низькою концентрацією спермій, що мають низький рівень прямолінійно-поступальної рухливості за високого об'єму еякуляту.

На рисунку 1 наведено ординацію центроїдів окремих субгруп ремонтних кнурів у просторі Першої та Другої Головних Компонент, розрахованих на підставі кореляційно-коваріаційної матриці основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів та їх спермопродуктивності.

Як бачимо, в просторі Першої Головної Компоненти (PC1), що відображує статеву поведінку кнурців, чітко відокремлюються тварини контрольної групи (мають від'ємні оцінки за такою Компонентою) та дослідної групи (мають додатні оцінки за такою Компонентою).

Якщо для тварин контрольної групи зв'язок між тривалістю еякуляції та часом від досягнення ерекції до початку еякуляції мав чітко виражений (майже лінійний) від'ємний зв'язок, то для ремонтних кнурів дослідної групи цей зв'язок практично зникає (рис. 2).

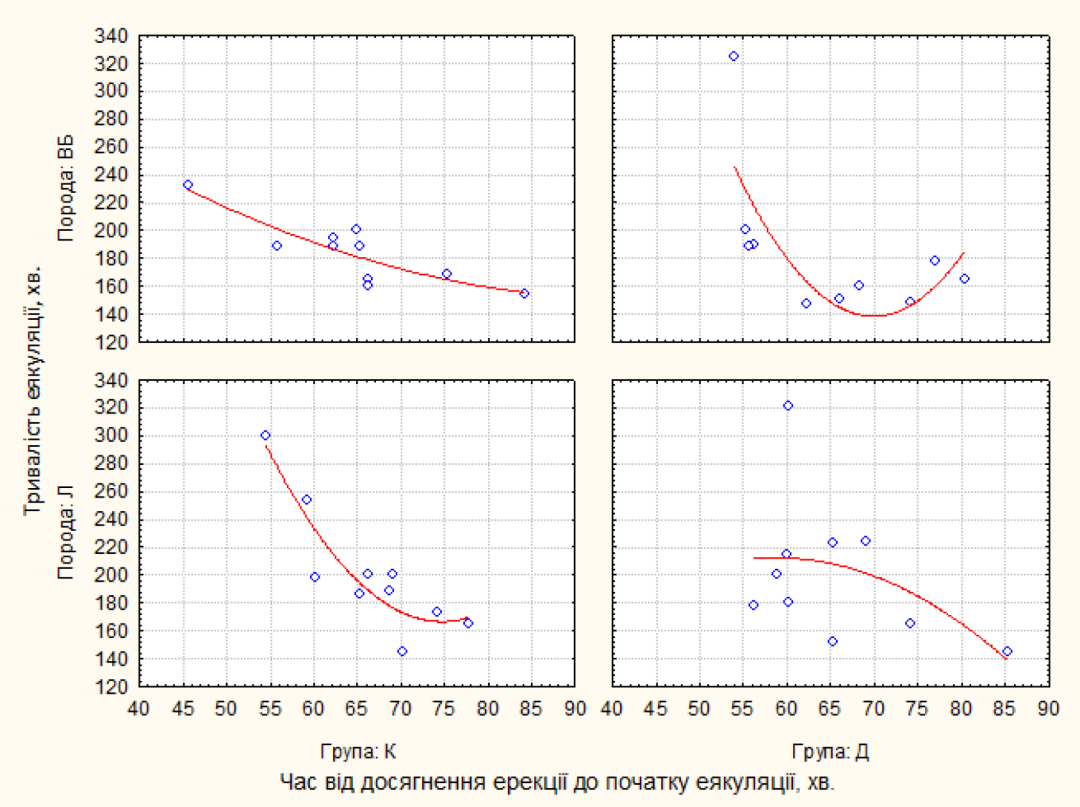


Рис. 2. Графіки залежності між тривалістю еякуляції та часом від досягнення ерекції до початку еякуляції ремонтних кнурів залежно від умов годівлі та породи

З іншого боку, в просторі Другої Головної Компоненти (PC2), що відображує характеристики еякуляту, чітко відокремлюються тварини відповідно їх породної належності – кнури породи ландрас та ВБ породи.

Отже, додавання до раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник» впливало не стільки на абсолютні значення тривалості основних показників статевої поведінки ремонтних кнурів, скільки на їх співвідношення. І насамперед це стосується співвідношення між тривалістю еякуляції та часом від досягнення ерекції до початку еякуляції.

Поведінкові реакції ремонтного молодняку свиней є важливим індикатором їх фізіологічного стану, рівня адаптації до умов утримання та впливу кормових чинників. Особливої уваги потребує аналіз змін поведінкових патернів у різні стадії статевого циклу, оскільки вони тісно пов'язані з нейрогуморальною регуляцією, стресостійкістю та подальшою відтворною здатністю тварин [25].

У зв'язку з цим актуальним є вивчення впливу фітогенних кормових добавок на структуру поведінки ремонтних свинок, зокрема на тривалість відпочинку, рухову активність, прояви агресії та споживання корму й води. Дані, наведені в таблиці 6, характеризують особливості поведінкових реакцій ремонтних свинок контрольної та дослідної груп у різні стадії статевого циклу за використання фітогенної кормової добавки «Імуночасник». Показники оцінювали за тривалістю часу, витраченого на відпочинок, рухову активність, агресивні взаємодії (бійки), прийом корму та води.

У стадії проеструсу ремонтні свинки дослідної групи мали більшу тривалість відпочинку порівняно з контрольними тваринами (1010,9 проти 966,6 хв), за одночасного зменшення часу, витраченого на бійки (28,35 проти

50,80 хв) при $p \leq 0,01$ та прийом корму (31,50 проти 42,70 хв), $p \leq 0,05$. Відзначено, що рухова активність у цій фазі суттєво не відрізнялася між групами.

Зазначаємо, що у період еструсу у свинок обох груп спостерігалося зниження часу відпочинку та зростання рухової активності, проте у дослідній групі тривалість агресивних взаємодій була меншою порівняно з контролем (40,40 проти 59,85 хв), $p \leq 0,001$. Встановлено, що час, витрачений на рух, у цей період був практично однаковим у тварин обох груп (545,05–546,00 хв), що свідчить про домінуючий вплив фізіологічного стану еструсу на рівень локомоторної активності.

У стадії діеструсу відмінності між групами були найбільш вираженими. У свинок дослідної групи тривалість відпочинку істотно перевищувала відповідний показник контрольних тварин (1301,4 проти 1141,25 хв), $p \leq 0,05$, тоді як час рухової активності та бійок був значно меншим (відповідно 73,50 проти 215,75 хв ($p \leq 0,001$) і 10,50 проти 23,75 хв ($p \leq 0,05$)). Можна зазначити, що це свідчить про зниження збудливості та стабілізацію поведінкових реакцій під впливом кормової добавки.

Таблиця 6. Показники поведінки ремонтних свинок у різні стадії статевого циклу за використання кормової добавки «Імуночасник», ($n = 40$), $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Група	Стадії статевого циклу	Час, що був витрачений на показники поведінки, хв				
		Відпочинок	рух	бійки	прийом корму	прийом води
I контрольна	проеструс	966,60 ± 25,620	356,95 ± 14,055	50,80 ± 5,505	42,70 ± 7,942	22,95 ± 3,935
	еструс	783,25 ± 30,135	546,00 ± 24,385	59,85 ± 2,310	34,10 ± 3,990	16,80 ± 2,045
	діеструс	1141,25 ± 38,300	215,75 ± 12,635	23,75 ± 2,730	43,00 ± 6,925	16,25 ± 1,890
II дослідна	проеструс	1010,90 ± 28,035	353,50 ± 15,855	28,35 ± 3,930**	31,50 ± 3,255*	15,75 ± 4,830
	еструс	803,20 ± 25,515	545,05 ± 13,860	40,40 ± 1,995***	37,75 ± 3,465	13,60 ± 1,804
	діеструс	1301,40 ± 48,741*	73,50 ± 4,095***	10,50 ± 1,104**	35,70 ± 2,835*	18,90 ± 2,095

Примітки: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

Загалом, порівняльний аналіз показників статевої поведінки ремонтних свинок показав, що згодовування фітогенної кормової добавки «Імуночасник» сприяло зменшенню проявів агресивної та надмірної рухової активності та збільшенню тривалості відпочинку, особливо в діеструс, що може розглядатися як ознака покращення адаптаційного стану тварин та оптимізації їх поведінкових патернів у процесі вирощування.

Одним із характерних показників прояву статевої охоти у свиней є кількість виплигувань, що відображає рівень статевого збудження та поведінкової активності тварин у різні дні фази еструсу [25]. Динаміка цього показника має велике значення для оцінки перебігу статевого циклу, своєчасного виявлення охоти та впливу кормових чинників на регуляцію поведінкових реакцій. У зв'язку з цим доцільним є аналіз розподілу кількості виплигувань у ремонтних свинок за добу до охоти та впродовж еструсу за використання фітогенної кормової добавки «Імуночасник» (табл. 7).

Таблиця 7. Кількість виплигувань у різні дні фази еструсу за використання кормової добавки «Імуночасник», %

Група	Кількість виплигувань на свинок, %			
	За добу до охоти	перший день еструсу	другий день еструсу	третій день еструсу
I контрольна	9,5	32,8	78,4	35,2
II дослідна	2,8	18,2	56,9	29,8

Згідно з даними таблиці, у ремонтних свинок контрольної групи максимальна кількість виплигувань спостерігалася на 2-й день еструсу (78,4 %), що свідчить про різко виражений пік статевого збудження. При цьому вже на 1-й день еструсу частка виплигувань була досить високою (32,8 %), а на 3-й день еструсу залишалася значною (35,2 %), що вказує на тривале збереження підвищеної поведінкової активності. За добу до охоти у тварин контрольної групи відзначено 9,5 % виплигувань, що характеризує ранній початок проявів статевої поведінки.

У ремонтних свинок дослідної групи, які отримували кормову добавку «Імуночасник», кількість виплигувань була меншою у всі періоди спостереження. За добу до охоти цей показник становив лише 2,8 %, що свідчить про відсутність передчасного збудження. У 1-й день еструсу частка виплигувань зросла до 18,2 %, досягаючи максимуму на 2-й день еструсу (56,9 %), однак була істотно нижчою порівняно з контрольною групою. На 3-й день еструсу кількість виплигувань зменшувалася до 29,8 %, що вказує на більш швидке згасання статевої активності.

Отримані результати повністю узгоджуються з раніше встановленими особливостями поведінкових патернів ремонтних свинок. Зокрема, зниження кількості виплигувань у дослідній групі співпадає з достовірно меншою тривалістю рухової активності та агресивних взаємодій (бійок), а також з більшою тривалістю відпочинку, особливо у фазі діеструсу. Це підтверджує, що згодовування фітогенної кормової добавки «Імуночасник» сприяє зменшенню надмірної статево-поведінкової збудливості, вирівнюванню перебігу еструсу та

стабілізації поведінкових реакцій ремонтних свинок, що має позитивне значення для їх подальшого використання та відтворення.

Висновки. 1. Серед показників спермопродуктивності ремонтних кнурців встановлено вірогідний вплив породної належності на об'єм еякуляту та концентрацію сперміїв: кнурці породи ландрас характеризувалися більшим об'ємом еякуляту, але нижчою концентрацією сперміїв порівняно з великою білою породою. Умови годівлі, зокрема введення до раціону фітогенної кормової добавки «Імуночасник», мали вірогідний вплив на виживаність сперміїв, причому у кнурців породи ландрас цей ефект проявлявся більш виражено.

2. Згодовування фітогенної кормової добавки «Імуночасник» не мало вірогідного впливу на абсолютні показники статевої поведінки ремонтних кнурів, оскільки умови годівлі, порода та їх взаємодія не впливали на час до прояву ерекції (373,7–429,5 хв), час від досягнення ерекції до початку еякуляції (64,8–66,5 хв) і тривалість еякуляції (184,4–201,2 хв; у всіх випадках $p > 0,05$). Водночас кнури великої білої породи дослідної групи мали достовірно менший час до прояву ерекції порівняно з кнурами породи ландрас контрольної групи (373,7 проти 429,5 хв; $p < 0,05$).

3. Кореляційний аналіз виявив суттєвий від'ємний зв'язок між часом від досягнення ерекції до початку еякуляції та тривалістю еякуляції ($r = –0,56$; $p < 0,05$), а також тенденцію до позитивної кореляції між часом до прояву ерекції та тривалістю еякуляції ($r = 0,30$; $0,05 < p < 0,10$). Прямих кореляційних зв'язків між показниками статевої поведінки та спермопродуктивності не встановлено, що свідчить про їх відносну автономність. Між окремими показниками спермопродуктивності встановлено позитивні взаємозв'язки, зокрема між концентрацією сперміїв і їх прямолінійно-поступальною рухливістю ($r = 0,33$; $p < 0,05$), а також між об'ємом еякуляту і виживаністю сперміїв ($r = 0,29$; $0,05 < p < 0,10$).

4. Аналіз головних компонент показав, що перша компонента (PC1) пояснює 26,1 % загальної мінливості та характеризує особливості статевої поведінки, чітко розмежовуючи контрольну й дослідну групи, тоді як друга компонента (PC2), що пояснює 22,1 % мінливості, відображає характеристики еякуляту і диференціює тварин за породною належністю. Це свідчить про вплив «Імуночаснику» переважно на співвідношення між окремими поведінковими показниками, а не на їх абсолютні значення.

5. У ремонтних свинок застосування кормової добавки «Імуночасник» забезпечувало достовірне зниження часу агресивних взаємодій у проеструсі та еструсі (28,35–40,40 хв проти 50,80–59,85 хв; $p \leq 0,01$–$0,001$), зменшення рухової активності у діеструсі (73,50 проти 215,75 хв; $p \leq 0,001$) та збільшення тривалості відпочинку (1301,4 проти 1141,25 хв; $p \leq 0,05$), а також більш рівномірний перебіг еструсу зі зниженням пікової кількості виплигувань на 2-й день (56,9 % проти 78,4 %) і зменшенням передчасних проявів статевого збудження (2,8 % проти 9,5 %).

6. Згодовування фітогенної кормової добавки «Імуночасник» сприяє стабілізації поведінкових патернів ремонтного молодняку свиней, зменшенню надмірної статевої та агресивної активності та може розглядатися як позитивний адаптаційний чинник у системі інтенсивного вирощування і підготовки тварин до репродуктивного використання.

Перспективним напрямом є дослідження пролонгованого впливу фітогенної кормової добавки «Імуночасник» на реалізацію репродуктивного потенціалу ремонтного молодняку свиней у різних циклах відтворення, зокрема на показники запліднюваності, багатоплідності та збереженості приплоду, а також на механізми нейрогуморальної регуляції, антистресову відповідь, дозозалежний ефект і економічну ефективність застосування.

Список використаних джерел

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.

2. Бевз Н. Л., Лихач В. Я. Підвищення продуктивних ознак свиноматок за використання кормової добавки «Імуночасник». *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Вип. 1(46). С. 11–18. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.1

3. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. Київ : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf (дата звернення 24.12.2024).

4. Інструкція із штучного осіменіння свиней. Київ : Аграрна наука, 2003. 56 с.

5. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.

6. Лихач В. Я., Лихач А. В., Бевз Н. Л. Досвід ефективного застосування природного стимулятора росту «Імуночасник». *Сучасне птахівництво*. 2022. № 7–8. С. 5–9. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/poultry2022.07-08.005

7. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І. І. Ібатуліна і О. М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.

8. Михайленко Т. Ю., Сичов М. Ю. Ефективність використання часнику (Allium sativum) в годівлі молодняку перепелів м'ясного напрямку продуктивності. *Сучасне птахівництво*. 2021. № 11–12. С. 6–11. DOI: https://dx.doi.org/10.31548/poultry2021.11-12.006

9. Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України № 224 від 08.02.2021 «Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання». Зареєстр. від 18.02.2021 Міністерством юстиції України, № 206/35828.

10. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г. В. Проваторов, В. І. Ладика, Л. В. Бондарчук та ін. Суми : ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.

11. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень : монографія / В. Я. Лихач, Р. В. Фаустов, П. О. Шебанін, А. В. Лихач, Л. Г. Леньков. Миколаїв : Іліон. 2022. 275 с., 75 табл., 32 рис. URL: http://dglib.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/9332

12. Сучасні генетико-селекційні методи аналізу відтворювальних якостей свиней та овець : монографія / О. С. Крамаренко, С. І. Луговий, С. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ. 2022. 150 с.

13. PIC – генетична компанія. Вебсайт. URL: https://pic-ukraine.com.ua (дата звернення 15.12.2024).

14. Alavinezhad A., Boskabady M. H. Antiinflammatory, antioxidant, and immunological effects of Carum copticum L. and some of its constituents. *Phytotherapy Research*. 2014. Vol. 28(12). P. 1739–1748.

15. Bampidis V., Azimonti G., Bastos M. D. L., Christensen H., Durjava M., Dusemund B. Safety and efficacy of a feed additive consisting of an essential oil obtained from the fruit of Carum carvi L. (caraway oil) for all animal species (FEFANA asbl). *EFSA Journal*. 2024. Vol. 22(7). P. 8906. DOI: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8906

16. Chen J., Wang F., Yin Y., Ma X. The nutritional applications of garlic (Allium sativum) as natural feed additives in animals. *Peer J*. 2021. Vol. 9. e11934.

17. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL (дата звернення: 04.11.2024).

18. Freitas R., Fonseca J. B., Soares R., Rostango H. S., Soares P. R. Utilization of garlic (*Allium sativum L.*) as growth promoter of broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2001. Vol. 30. P. 761–765.

19. Grela E. R., Klebaniuk R. Chemical composition of garlic preparation and its utilization in piglet diets. *Medycyna Weterynaryjna*. 2007. Vol. 63(7). P. 792–795.

20. Madesh M., Yan J., Jinan G., Hu P., Kim I. H., Liu H. Y., Ennab W., Jha R., Cai D. Phytogenics in swine nutrition and their effects on growth performance, nutrient utilization, gut health, and meat quality: a review. *Stress Biol*. 2025. Vol. 5(1). P. 11. DOI: https://doi.org/10.1007/s44154-024-00209-2

21. Papatsiros V. G., Tzika E. D., Papaioannou D. S., Kyriakis S. C., Tassis P. D., Kyriakis C. S. Effect of origanum vulgaris and allium sativum extracts for the control of proliferative enteropathy in weaning pigs. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. Warsaw. 2009. Vol. 12(3). P. 407–414.

22. Satora M., Magdziarz M., Rząsa A., Rypuła K., Płoneczka-Janeczko K. Insight into the intestinal microbiome of farrowing sows following the administration of garlic (Allium sativum) extract and probiotic bacteria cultures under farming conditions. *BMC veterinary research*. 2020. Vol. 16. P. 1–18.

23. Sun H. Y., Kim I. H. Effect of yeast culture (Saccharomyces cerevisiae) and garlic (Allium sativum) product mixture on growth performance, nutrient digestibility, faecal microflora, faecal noxious-gas emission and meat quality in finishing pigs. *Animal Production Science*. 2020. Vol. 60(16). P. 1911–1917.

24. Wan J., Zhang J., Chen D., Yu B., Mao X., Zheng P., Yu J., Luo J., He J. Alginate oligosaccharide-induced intestinal morphology, barrier function and epithelium apoptosis modifications have beneficial effects on the growth performance of weaned pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol*. 2018. Vol. 9. P. 937–948. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0273-x

25. Welfare of pigs : monograph / V. Y. Lykhach, A. V. Lykhach, L. G. Lenkov, L. V. Chepil, E. V. Barkar. Mykolaiv : Ilyon, 2025. 435 p., 60 tables, 84 figures.

Bevz N. L.
PhD student,
Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *n.bevz@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-0037-9156*

Lykhach V. Ya.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *vylykhach80@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-9150-6730*

BEHAVIORAL PATTERNS OF REPLACEMENT PIGS WHEN FED PHYTOGENIC FEED ADDITIVES

Abstract

The results of a comprehensive assessment of the effect of the phytogenic feed additive "Immunochasnyk" on sexual behavior, sperm productivity of replacement boars, and behavioral responses of replacement sows under intensive breeding conditions at the Victoria Agricultural Production Cooperative in the Mykolaiv region are presented. The study was conducted in 2024–2025 as part of a scientific and economic experiment using replacement boars of the Large White and Landrace breeds, as well as replacement

sows of the Large White × Landrace crossbreed. A phytogenic feed additive was added to the compound feed at a dose of 0.10 % of the feed weight. The sexual behavior of replacement boars was assessed by the duration of the main stages of copulation, and sperm productivity was assessed by ejaculate volume, concentration, straight-line motility, and sperm viability. The behavioral reactions of replacement gilts were analyzed in the phases of proestrus, estrus, and diestrus, taking into account the duration of rest, motor activity, aggressive interactions, and the number of jumps. Statistical data processing was performed using two-factor variance, correlation, and principal component analyses.

It was found that feeding the phytobiotic "Imunochasnyk" had no significant effect on the absolute time indicators of sexual behavior of replacement boars, which varied within the physiological norm ($p > 0.05$), but it did affect the relationship between individual behavioral parameters. Breed significantly affected ejaculate volume and sperm concentration, while feeding conditions affected sperm viability, especially in Landrace boars ($p = 0.008$). Correlation analysis showed the relative autonomy of sexual behavior and sperm production indicators. In replacement sows, the use of a phytogenic supplement resulted in a significant reduction in aggressive interactions during proestrus and estrus, a decrease in motor activity during diestrus, and an increase in the duration of rest ($p \leq 0.05–0.001$), as well as a more uniform course of estrus with a decrease in premature manifestations of sexual arousal. It has been proven that the phytogenic feed additive "Imunochasnyk" contributes to the stabilization of behavioral patterns of replacement young pigs and can be considered an effective element of antibiotic-free technologies for preparing animals for reproductive use.

Key words: *feeding, replacement pigs, reproductive traits, pigs, sperm productivity, sexual behavior, technology, phytogenic feed additive.*

References

1. Kramarenko, S. S., Lugovoy, S. I., Lykhach, A. V. & Kramarenko, O. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn [Analysis of biometric data in animal breeding and selection]*. Mykolayiv : MNAU, 211 [in Ukrainian].
2. Bevz, N. L., & Lykhach, V. Ya. (2025). Pidvyshchennia produktyvnykh oznak svynomatok za vykorystannia kormovoi dobavky «Imunochasnyk» [Improvement of productive traits of sows using the feed additive "Imunochasnyk"]. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 1(46), 11–18. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.1 [in Ukrainian].
3. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svynarski pidpryiemstva (kompleksy, fermy, mali fermy), VNTP-APK – 02.05 [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK – 02.05]*. Kyiv : Minahropolityky Ukrainy, (2005), 98. Retrieved from: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].
4. *Instruktsiia iz shtuchnoho osimeninnia svynei* [Instructions for artificial insemination of pigs]. (2003). Agrarna Nauka. 56 [in Ukrainian].
5. Ladyka, V. I., Khmelnychiy, L. M., Povod, M. G. (2023). *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]*. Odesa : Oldi+, 244 [in Ukrainian].
6. Lykhach, V. Ya., Lykhach, A. V. & Bevz, N. L. (2022). Dosvid efektyvnoho zastosuvannia pyrodnoho stymuliatora rostu "Imunochasnyk" [The effectiveness of the pyrolytic stabilizer of the "Imunochasnyk" rostrum]. *Suchasne ptakhivnytstvo*, 7–8, 5–9. http://dx.doi.org/10.31548/poultry2022.07-08.005 [in Ukrainian].
7. Ibatulin, I. I., Zhukorskyi, O. M. (2017). *Methodology and organization of scientific research in animal husbandry*. Kyiv, 328 [in Ukrainian].
8. Mikhaylenko, T. Y., Sychev, M. Yu. (2021). Efektyvnist vykorystannia chasnyku (Allium sativum) v hodivli molodniaku perepeliv miasnoho napriamku produktyvnosti [Efficiency of garlic (Allium sativum) use in feeding young quail of meat productivity]. *Suchasne ptakhivnytstvo*, 11–12, 6–11. https://dx.doi.org/10.31548/poultry2021.11-12.006 [in Ukrainian].
9. Nakaz Ministerstva rozvytku ekonomiky, torhivli ta silskoho hospodarstva Ukrainy № 224 vid 08.02.2021 r. "Pro zatverdzhennia vymoh do blahopoluchchia silskohospodarskykh tvaryn pid chas yikh utrymannia" [On approval of requirements for the welfare of farm animals during their keeping]. Zareiestr. vid 18.02.2021 Ministerstvom yustytsii Ukrainy № 206/35828 [in Ukrainian].
10. Provatorov, H. V., Ladyka, V. I., Bondarchuk, L. V., Provatorova, V. O. & Opara, V. O. (2007). *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn [Feeding rates, rations and feed nutrition for different types of farm animals]*. Sumy : TOV VDT «Universytetska knyha», 488 [in Ukrainian].
11. Lykhach, V. Ya., Faustov, R. V., Shebanin, P. O., Lykhach, A. V. & Lenkov, L. H. (2022). *Pidvyshchennia produktyvnosti svynei za vykorystannia suchasnoho henofondu ta innovatsiinykh tekhnolohichnykh rishen [Increasing pig productivity using modern gene pool and innovative technological solutions: monohrafiia]*. Mykolaiv : Ilion, 275 [in Ukrainian].
12. Kramarenko, O. S., Luhovyi, S. I., & Kramarenko, S. S. (2022). *Suchasni henetyko-selektsiini metody analizu vidtvoriuvalnykh yakostei svynei ta ovets [Modern genetic and breeding methods for analyzing reproductive traits of pigs and sheep]*. Mykolaiv National Agrarian University, 150 [in Ukrainian].
13. PIC – a genetic company. Website. Retrieved from: https://pic-ukraine.com.ua [in English].
14. Alavinezhad, A., Boskabady, M. H. (2014). Antiinflammatory, antioxidant, and immunological effects of Carum copticum L. and some of its constituents. *Phytotherapy Research*, 28(12), 1739–1748 [in English].
15. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M. D. L., Christensen, H., Durjava, M., & Dusemund, B. (2024). Safety and efficacy of a feed additive consisting of an essential oil obtained from the fruit of Carum carvi L. (caraway oil) for all animal species (FEFANA asbl). *EFSA Journal*, 22(7), 8906. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8906 [in English].
16. Chen, J., Wang, F., Yin, Y., Ma, X. (2021). The nutritional applications of garlic (Allium sativum) as natural feed additives in animals. *Peer J*., 9. e11934 [in English].
17. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). Retrieved from: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL [in English].
18. Freitas, R., Fonseca, J. B., Soares, R., Rostango, H. S. & Soares, P. R. (2001). Utilization of garlic (*Allium sativum L.*) as growth promoter of broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 761–765 [in English].

19. Grela, E. R., Klebaniuk, R. (2007). Chemical composition of garlic preparation and its utilization in piglet diets. *Medycyna Weterynaryjna*, 63(7), 792–795 [in English].

20. Madesh, M., Yan, J., Jinan, G., Hu, P., Kim, I.H., Liu, H. Y., Ennab, W., Jha, R., Cai, D. (2025). Phytogenics in swine nutrition and their effects on growth performance, nutrient utilization, gut health, and meat quality: a review. *Stress Biol*., 5(1): 11. https://doi.org/10.1007/s44154-024-00209-2 [in English].

21. Papatsiros, V. G., Tzika, E. D., Papaioannou, D. S., Kyriakis, S. C., Tassis, P. D. & Kyriakis, C. S. (2009). Effect of origanum vulgaris and allium sativum extracts for the control of proliferative enteropathy in weaning pigs. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 12(3), 407–414 [in English].

22. Satora, M., Magdziarz, M., Rząsa, A., Rypuła, K. & Płoneczka-Janeczko, K. (2020). Insight into the intestinal microbiome of farrowing sows following the administration of garlic (Allium sativum) extract and probiotic bacteria cultures under farming conditions. *BMC veterinary research*, 16, 1–18 [in English].

23. Sun, H. Y., Kim, I. H. (2020). Effect of yeast culture (Saccharomyces cerevisiae) and garlic (Allium sativum) product mixture on growth performance, nutrient digestibility, faecal microflora, faecal noxious-gas emission and meat quality in finishing pigs. *Animal Production Science*, 60(16), 1911–1917 [in English].

24. Wan, J., Zhang, J., Chen, D., Yu, B., Mao, X., Zheng, P., Yu, J., Luo, J. and He, J. (2018). Alginate oligosaccharide-induced intestinal morphology, barrier function and epithelium apoptosis modifications have beneficial effects on the growth performance of weaned pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol*., 9: 937–948. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0273-x [in English].

25. Lykhach, V. Y., Lykhach, A. V., Lenkov, L. G., Chepil, L. V., & Barkar, E. V. (2025). *Welfare of pigs*. Ilyon. 435 p. [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 05.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 631.527:631.811:631.8
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-3

Безвіконний П. В.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *bezvikonnuy777@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4922-1763*

ФОРМУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУРЯКУ КОРМОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ХВОРОБ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті представлені результати багаторічних польових досліджень (2020–2024 рр.), спрямованих на вивчення впливу різних мікродобрив та фунгіцидів на розвиток листкового апарату та фотосинтетичні показники буряку кормового в умовах Західного Лісостепу України. За результатами проведення досліджень встановлено суттєві відмінності в площі листкової поверхні між сортами. При цьому середнє значення площі листкової поверхні у сорту Стармон становило 56,31 тис. м²/га, тоді як у сорту Ольжич – 48,18 тис. м²/га. Позакореневе підживлення мікродобривами сприяло достовірному збільшенню площі листя. Приріст площі листкової поверхні на варіанті із внесенням мікродобрива АДОБ макро + мікро порівняно з контролем становив 8,19 тис. м²/га у сорту Ольжич і 9,19 тис. м²/га у сорту Стармон, відповідно. Максимальні значення площі листкової поверхні були зафіксовані за поєднаного застосування мікродобрив і фунгіцидів. Так, у сорту Ольжич найбільшу площу листкової поверхні (54,58 тис. м²/га) відзначали на варіанті АДОБ макро + мікро у поєднанні з фунгіцидом Імпакт, тоді як у сорту Стармон аналогічна комбінація забезпечила 61,61 тис. м²/га.

Фотосинтетичний потенціал рослин відображав аналогічні закономірності. Впродовж років досліджень найбільшим рівнем аналізованого показника характеризувався період інтенсивного росту (10.08). Найвищі показники фотосинтетичного потенціалу у всіх варіантах досліду зафіксовані на варіанті АДОБ макро + мікро + Імпакт у сорту Ольжич (3,785 млн м² × діб/га), тоді як у сорту Стармон аналогічна комбінація забезпечила формування 4,531 млн м² × діб/га. Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), як ключовий показник ефективності використання листкової поверхні для синтезу сухої речовини, також залежала від сортових особливостей та агротехніки. Середнє значення ЧПФ у сорту Стармон становило 8,21 г/м² за добу, а сорту Ольжич – 5,50 г/м² за добу. Позакореневе підживлення АДОБ макро + мікро підвищувало ЧПФ до 9,22 г/м² у першого сорту та до 5,80 г/м² у другого, а застосування додатково фунгіциду Імпакт збільшувало цей показник до 9,61 г/м² та 6,17 г/м² відповідно.

Це підтверджує ефективність сумісного застосування мікродобрив та фунгіцидів, що сприяє максимальному збереженню активного листкового апарату та підвищенню фотосинтетичної продуктивності рослин, що, своєю чергою, забезпечує підвищення потенційної врожайності буряку кормового.

Ключові слова: *буряк кормовий, позакореневе підживлення, мікродобрива, фунгіциди, площа листків, фотосинтетичні показники.*

Вступ. Сучасний розвиток тваринництва, зокрема молочного та м'ясного скотарства, неможливий без формування стабільної, науково обґрунтованої кормової бази, здатної забезпечити високий рівень продуктивності тварин і якість отриманої продукції. У структурі раціонів великої рогатої худоби важливе місце належить соковитим кормам, частка яких у зимово-стійловий період повинна становити не менше третини загальної поживності. Особливої ваги вони набувають у післяродовий період та на початку лактації, коли потреба організму корів у легкоперетравних вуглеводах, мінеральних елементах і біологічно активних речовинах суттєво зростає. За таких умов ефективне виробництво соковитих кормів є визначальним чинником підвищення економічної результативності галузі тваринництва та продовольчої безпеки країни [4].

Серед кормових коренеплодів особливе місце посідає буряк кормовий, який характеризується високою врожайністю, значним виходом сухої речовини з одиниці площі та добрим поїданням тваринами. Його коренеплоди й гичка містять комплекс поживних речовин, зокрема легкодоступні вуглеводи, органічні кислоти, вітаміни та мінеральні сполуки, що сприяють підвищенню енергетичної цінності раціону й позитивно впливають на фізіологічний стан тварин. Крім кормового значення, буряк кормовий відіграє важливу агроекологічну роль, поліпшуючи фізичні властивості ґрунту, активізуючи біологічні процеси та сприяючи підвищенню його родючості [7].

Реалізація потенційної продуктивності буряку кормового значною мірою визначається інтенсивністю ростових процесів і функціональною активністю листкового апарату, який є основним органом фотосинтезу [8]. Саме в листках формується переважна частка органічної речовини, що згодом транспортується до коренеплодів і визначає рівень урожайності культури. Динаміка формування площі листкової поверхні, тривалість її активного функціонування та ефективність використання фотосинтетично активної радіації є ключовими показниками, які інтегрують вплив агротехнічних і екологічних факторів на продуктивність рослин [1].

© Безвіконний П. В., 2026

Разом із тим листковий апарат буряку кормового є вразливим до дії несприятливих чинників середовища, зокрема дефіциту елементів живлення, високих температур, нестачі вологи та ураження хворобами. Хвороби церкоспороз і борошниста роса, що викликані грибами Cercospora beticola Sacc. та Erysiphe betae (Vanha) Weltzien, здатні суттєво обмежувати асиміляційну діяльність листків, викликаючи їх передчасне старіння, зменшення фотосинтетичної активності та скорочення періоду накопичення пластичних речовин. У результаті це призводить до втрат урожаю та погіршення якісних показників кормової продукції [2].

У сучасних технологіях вирощування буряку кормового все більшого значення набуває оптимізація системи живлення рослин, зокрема шляхом застосування позакореневого підживлення. Використання мікродобрив дозволяє швидко компенсувати дефіцит мікроелементів, активізувати ферментативні процеси, посилити ріст і розвиток рослин, а також підвищити їхню стійкість до несприятливих чинників середовища. Особливої актуальності позакореневе підживлення набуває у критичні фази органогенезу, коли коренева система не завжди здатна забезпечити рослини необхідною кількістю елементів живлення [10].

Як відзначає Л. М. Карпук [5], позакореневе внесення макро- та мікроелементів сприяє підвищенню ефективності фотосинтезу й формуванню більш потужної асиміляційної поверхні, що є важливою передумовою одержання високих і стабільних урожаїв.

Поряд із оптимізацією живлення велике значення має ефективний захист рослин від хвороб. Своєчасне застосування фунгіцидів спрямоване на збереження листкового апарату у фізіологічно активному стані, подовження періоду його функціонування та мінімізацію негативного впливу патогенів на продукційні процеси. У поєднанні з позакореневим підживленням фунгіцидний захист може забезпечувати комплексний ефект, оскільки збалансоване живлення підвищує стійкість рослин до біотичних стресів і сприяє більш повній реалізації їхнього генетичного потенціалу [12].

В. М. Сінченко та В. Р. Аскаров підкреслюють, що особливий науковий інтерес викликає поєднане застосування позакореневого підживлення та фунгіцидного захисту, адже мікроелементи не лише покращують живлення рослин, а й опосередковано підвищують їхню стійкість до патогенів, особливо в умовах Західного Лісостепу України. Така інтеграція елементів технології дозволяє комплексно впливати на біологічні параметри рослин – кількість листків, площу листкової поверхні, продуктивність фотосинтезу, що в підсумку визначає рівень урожайності культури [11].

Незважаючи на суттєвий масив наукових досліджень з удосконалення технологій вирощування буряків, більшість із них стосується саме цукрового буряку, тоді як кормовий напрям залишається не досить вивченим.

Г. І. Демидась та Л. М. Бурко відзначають, що рівень урожайності кормового буряку безпосередньо залежить від масштабу сформованої листкової поверхні та інтенсивності її функціонування. Максимальні врожаї цієї культури можуть бути досягнуті лише за умови підтримання високої фотосинтетичної активності рослин впродовж усієї вегетації [3].

У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу позакореневого підживлення та захисту рослин від хвороб на вивчення показників фотосинтетичної активності посівів буряку кормового з метою наукового обґрунтування ефективних технологічних рішень, спрямованих на підвищення продуктивності культури та стабільності агровиробництва. Отримані результати можуть слугувати основою для вдосконалення адаптивних технологій вирощування культури, підвищення ефективності кормовиробництва та забезпечення стабільного розвитку галузі тваринництва в умовах сучасних викликів.

Мета дослідження. Метою досліджень було з'ясування закономірностей формування фотосинтетичних показників буряку кормового залежно від комплексного застосування мікродобрив і фунгіцидів у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу.

Дослідження проводились упродовж 2020–2024 років на дослідному полі Навчально-виробничого центру «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, мало гумусний, середньосуглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюріним) у шарі ґрунту 0–3 см становить 3,8–4,1 %. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом), становить 98–117 мг/кг, рухомого фосфору (за Чіріковим) – 81–94 мг/кг, обмінного калію (за Чіріковим) – 145–175 мг/кг ґрунту.

Розмір посівної ділянки становить 65 м^2, облікової – 54 м^2, повторність досліду – чотирикратна. Вирощували кормові буряки сортів Ольжич та Стармон.

Досліджувані форми мікродобрив: Авангард Р Буряк – склад: N – 50 г/л, K2O – 10 г/л, MgO – 60 г/л, B – 6 г/л, Fe – 2 г/л, Mn – 15 г/л, Cu – 5 г/л, Zn – 7 г/л, Mo – 0,10 г/л, Co – 0,10 г/л. Норма внесення – 2 л/га. Інтермаг-буряк – склад: N – 194 г/л, Na20 – 39,0 г/л, MgO – 26,0 г/л, SO3 24,0 г/л, B – 6,45 г/л, Fe – 2,6 г/л, Mn – 8,4 г/л, Cu – 2,6 г/л, Zn – 6,5 г/л, Mo – 0,065 г/л, Ti – 0,26 г/л. Норма внесення – 2 л/га. Сані Мікс – склад: N – 50 г/л,P_2O_5 – 40 г/л, K_2O – 10 г/л, MgO – 5 г/л, B – 5 г/л, Fe – 10 г/л, Mn – 10 г/л, Cu – 10 г/л, Zn – 10 г/л, Mo – 0,10 г/л, Co – 0,05 г/л. Норма внесення – 1,0 л/га. АДОБ макро+мікро – склад: N – 10 %, P_2O_5 – 5, K_2O – 15, MgO – 10, B – 1,0, Cu – 0,01, Fe – 0,02, Mn – 0,05, Mo – 0,01, Zn – 0,01, S – 5,0 %. Норма внесення – 2 кг/га.

У дослідженнях застосовували такі фунгіциди: Імпакт 25, К.С. – 0,25 л/га, Топсін-М 500, КС – 1,2 л/га.

Динаміку наростання маси коренеплоду і гички визначали відповідно до Методики дослідної справи в агрономії [9] та Методики проведення досліджень у буряківництві [6].

Виклад основного матеріалу дослідження. За результатами проведення досліджень (табл. 1), станом на 10 серпня, встановлено суттєві відмінності площі листкової поверхні між досліджуваними сортами. Зокрема, сорт Стармон формував істотно більшу площу листкової поверхні порівняно із сортом Ольжич в усіх варіантах досліду. При цьому середнє значення площі листкової поверхні у сорту Стармон становило 56,31 тис. м^2/га, тоді як у сорту Ольжич – 48,18 тис. м^2/га. Перевага сорту Стармон за цим показником свідчить про його вищий біологічний потенціал та кращу здатність до формування потужного асиміляційного апарату.

У розрізі варіантів вплив позакореневого підживлення мікродобривами (фактор В) був чітко вираженим і стабільним для обох сортів. Найменша площа листкової поверхні формувалась на контролі (без внесення мікродобрив) – 43,97 тис. м^2/га у сорту Ольжич та 51,09 тис. м^2/га у сорту Стармон. Застосування мікродобрив зумовлювало поступове і достовірне зростання асиміляційної поверхні, причому величина приросту залежала від складу препарату.

Таблиця 1. Площа листкової поверхні буряку кормового залежно від позакореневого підживлення та захисту рослин від хвороб (станом на 10.08; середнє за 2020–2024 рр.), тис. м^2/га

Сорт (фактор А)	Позакореневе підживлення мікродобривами (фактор В)	Фунгіцид (фактор С)			Середнє по фактору В	Середнє по фактору А
		Без внесення фунгіцидів (к)*	Топсин М	Імпакт		
Ольжич	Без внесення мікродобрив (к)*	43,23	43,86	44,81	43,97	48,18
	Авангард Р Буряк	47,01	47,22	48,06	47,43	
	Інтермаг-буряк	45,44	47,65	48,80	47,30	
	Сані Мікс	47,96	50,48	51,74	50,06	
	АДОБ макро+мікро	49,43	52,48	54,58	52,16	
Середнє по фактору С		46,61	48,34	49,60		
Стармон	Без внесення мікродобрив (к)*	50,38	51,37	51,53	51,09	56,31
	Авангард Р Буряк	53,42	55,62	57,10	55,38	
	Інтермаг-буряк	54,52	56,83	58,52	56,62	
	Сані Мікс	56,15	58,36	59,93	58,15	
	АДОБ макро+мікро	58,99	60,25	61,61	60,28	
Середнє по фактору С		54,69	56,49	57,74		

Найвищу ефективність серед досліджуваних препаратів спостерігали на варіанті із внесенням мікродобрива АДОБ макро+мікро, за якого площа листкової поверхні зростала до 52,16 тис. м^2/га у сорту Ольжич та 60,28 тис. м^2/га у сорту Стармон. Приріст площі листкової поверхні порівняно з контролем становив відповідно 8,19 і 9,19 тис. м^2/га, що свідчить про активізацію ростових процесів та підвищення ефективності фотосинтетичної діяльності за умов оптимізованого мінерального живлення. Внесення препаратів Сані Мікс та Інтермаг-буряк також забезпечувало суттєве збільшення площі листкової поверхні, хоча їхня дія була менш вираженою порівняно з АДОБ макро+мікро.

Важливу роль у формуванні асиміляційної поверхні відігравав фунгіцидний захист (фактор С). Так, у середньому по сорту Ольжич площа листкової поверхні зростала з 46,61 тис. м^2/га на варіантах без застосування фунгіцидів до 49,60 тис. м^2/га за використання фунгіциду Імпакт. Аналогічна тенденція простежувалася і у сорту Стармон, де відповідні показники становили 54,69; 56,49 та 57,74 тис. м^2/га. Порівняльна оцінка фунгіцидів засвідчила, що препарат Імпакт забезпечував найбільше зростання площі листкової поверхні порівняно із застосуванням Топсину М. Таким чином, встановлено позитивний вплив фунгіцидного захисту (фактор С) на формування фотосинтетичних показників рослин. Отримані дані підтверджують, що застосування фунгіцидів сприяє збереженню листкового апарату в активному фізіологічному стані, зменшуючи втрати асиміляційної поверхні внаслідок розвитку хвороб.

Аналіз взаємодії факторів В і С виявив чітко виражений синергічний ефект. Максимальні значення площі листкової поверхні були зафіксовані за поєднаного застосування мікродобрив і фунгіцидів. Так, у сорту Ольжич найбільшу площу листкової поверхні (54,58 тис. м^2/га) відзначали на варіанті АДОБ макро + мікро у поєднанні з фунгіцидом Імпакт, тоді як у сорту Стармон аналогічна комбінація забезпечила 61,61 тис. м^2/га.

Наші дослідження підтверджують, що площа листкової поверхні буряку кормового є показником, який формується під комплексним впливом сортових особливостей та елементів технології вирощування. Найвищі значення цього показника досягаються за умов інтегрованого застосування високоефективних мікродобрив і фунгіцидного захисту, причому сорт Стармон проявляє вищу реакцію на інтенсифікацію технології порівняно із сортом Ольжич. Формування потужної асиміляційної поверхні створює передумови для підвищення фотосинтетичного потенціалу посівів і подальшого зростання врожайності буряку кормового в умовах Західного Лісостепу України.

На основі отриманих нами результатів та розрахунків встановлено, що фотосинтетичний потенціал посівів буряку кормового сорту Стармон характеризувався стабільно вищими значеннями порівняно із сортом Ольжич

незалежно від варіантів позакореневого підживлення та застосування фунгіцидів. Середнє значення по фактору А у сорту Стармон становило 3,988 млн м^2 × діб/га, тоді як у сорту Ольжич – 3,141 млн м ^{2} × діб/га (табл. 2).

Таблиця 2. Фотосинтетичний потенціал буряку кормового залежно від позакореневого підживлення та захисту рослин від хвороб (станом на 10.08; середнє за 2020–2024 рр.), млн м^2 × діб/га

Сорт (фактор А)	Позакореневе підживлення мікродобривами (фактор В)	Фунгіцид (фактор С)			Середнє по фактору В	Середнє по фактору А
		Без внесення фунгіцидів (к)*	Топсин М	Імпакт		
Ольжич	Без внесення мікродобрив (к)*	2,582	2,649	2,750	2,660	3,141
	Авангард Р Буряк	2,983	3,005	3,094	3,027	
	Інтермаг-буряк	2,917	3,051	3,173	3,047	
	Сані Мікс	3,284	3,351	3,484	3,373	
	АДОБ макро+мікро	3,440	3,563	3,785	3,596	
Середнє по фактору С		3,041	3,124	3,257		
Стармон	Без внесення мікродобрив (к)*	3,340	3,445	3,462	3,416	3,988
	Авангард Р Буряк	3,763	3,896	4,053	3,904	
	Інтермаг-буряк	3,879	4,124	4,203	4,069	
	Сані Мікс	3,952	4,186	4,253	4,130	
	АДОБ макро+мікро	4,353	4,387	4,531	4,424	
Середнє по фактору С		3,857	4,008	4,100		

Позакореневе підживлення мікродобривами (фактор В) сприяло зростанню фотосинтетичного потенціалу обох досліджуваних сортів. Впродовж років досліджень найбільшим рівнем аналізованого показника характеризувався період інтенсивного росту (10.08). На фоні без внесення мікродобрив рівень цього показника перебував у межах 2,660 млн м^2 × діб/га у сорту Ольжич та 3,416 млн м^2 × діб/га у сорту Стармон. Застосування мікродобрив забезпечувало істотне підвищення фотосинтетичного потенціалу, причому максимальний ефект спостерігався за використання АДОБ макро+мікро та досягав 3,596 млн м^2 × діб/га у сорту Ольжич і 4,424 млн м^2 × діб/га у сорту Стармон. При цьому встановлено значне збільшення показників фотосинтетичного потенціалу на 0,936 та 1,008 млн м^2 × діб/га відповідно порівняно з контролем, що свідчить про активізацію асиміляційних процесів за умов оптимізованого мінерального живлення.

На варіантах досліду, де застосовували фунгіциди, фотосинтетичний потенціал у середньому по сорту Ольжич підвищувався на 0,083 млн м^2 × діб/га за використання фунгіциду Топсин М та на 0,216 млн м^2 × діб/га за застосування фунгіциду Імпакт порівняно з контролем. У сорту Стармон відповідні прирости становили 0,151 та 0,243 млн м^2 × діб/га, що свідчить про більш високий ефект фунгіцидного захисту для цього сорту.

Порівняльний аналіз фунгіцидів показав, що препарат Імпакт забезпечував найбільший приріст фотосинтетичного потенціалу порівняно як із Топсином М, так і з контролем.

У середньому за п’ять років досліджень найвищі показники фотосинтетичного потенціалу у всіх варіантах досліду зафіксовані у сорту Ольжич (3,785 млн м^2 × діб/га) у варіанті АДОБ макро+мікро + Імпакт, тоді як у сорту Стармон аналогічна комбінація забезпечила формування 4,531 млн м^2 × діб/га. Це підтверджує ефективність сумісного застосування мікродобрив та фунгіцидів, що сприяє максимальному збереженню активного листкового апарату та підвищенню фотосинтетичної продуктивності рослин, що, своєю чергою, забезпечує підвищення потенційної врожайності буряку кормового.

Ще одним ключовим показником, що відображає потенційні можливості рослин щодо формування врожайності, є чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ). Вона характеризує ефективність використання листкової поверхні для накопичення сухої речовини врожаю за одиницю часу. ЧПФ тісно пов’язана з площею листя, яка є основним чинником росту надземної маси рослини та визначає інтенсивність поглинання CO_2 і синтез органічної речовини під час фотосинтезу.

На основі проведених розрахунків встановлено (табл. 3), що досліджувані агротехнічні фактори мають істотний вплив на чисту продуктивність фотосинтезу буряку кормового.

Варто відзначити, що сорт Стармон суттєво переважав сорт Ольжич за рівнем чистої продуктивності фотосинтезу. Середнє значення по фактору А для сорту Стармон становило 8,21 г/м^2 за добу, тоді як у сорту Ольжич – 5,50 г/м^2 за добу.

На варіантах із позакореневим підживленням мікродобривами (фактор В) виявили стійку тенденцію до підвищення чистої продуктивності фотосинтезу залежно від використаних препаратів. Найвищі значення були зафіксовані у варіантах із використанням АДОБ макро+мікро. У цих умовах ЧПФ у сорту Ольжич зростала до 5,80 г/м^2 за добу, а у сорту Стармон – до 9,22 г/м^2 за добу, що відповідно на 0,80 та 2,17 г/м^2 за добу перевищувало контроль (Ольжич – 5,00 г/м^2 за добу, Стармон – 7,05 г/м^2 за добу).

Таблиця 3. Вплив мікродобрив і фунгіцидів на чисту продуктивність фотосинтезу буряку кормового (станом на 10.08; середнє за 2020–2024 рр.), г/м² за добу

Сорт (фактор А)	Позакореневе підживлення мікродобривами (фактор В)	Фунгіцид (фактор С)			Середнє по фактору В	Середнє по фактору А
		Без внесення фунгіцидів (к)*	Топсин М	Імпакт		
Ольжич	Без внесення мікродобрив (к)*	4,74	5,09	5,17	5,00	5,50
	Авангард Р Буряк	4,84	5,62	5,65	5,37	
	Інтермаг-буряк	5,09	5,78	6,11	5,66	
	Сані Мікс	5,10	5,85	6,10	5,68	
	АДОБ макро + мікро	5,23	6,01	6,17	5,80	
Середнє по фактору С		5,00	5,67	5,84		
Стармон	Без внесення мікродобрив (к)*	6,58	7,25	7,32	7,05	8,21
	Авангард Р Буряк	7,61	7,86	8,01	7,83	
	Інтермаг-буряк	8,21	8,26	8,33	8,27	
	Сані Мікс	8,46	8,68	8,95	8,70	
	АДОБ макро + мікро	8,79	9,27	9,61	9,22	
Середнє по фактору С		7,93	8,26	8,44		

Позитивну дію встановлено і за використання фунгіцидів (фактор С). При цьому прирости величини показника ЧПФ по сорту Ольжич становили від 5,00 г/м² за добу на варіантах без фунгіцидів до 5,84 г/м² за добу за застосування фунгіциду Імпакт. У сорту Стармон відповідні значення становили 7,93, 8,26 та 8,44 г/м² за добу. Порівняльна оцінка фунгіцидів засвідчила, що препарат Імпакт забезпечував вищу ефективність порівняно з Топсином М, що проявлялося у зростанні інтенсивності асиміляційних процесів і підвищенні чистої продуктивності фотосинтезу.

Найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу були отримані за сумісного застосування мікродобрив і фунгіцидів. Так, у сорту Ольжич максимальне значення (6,17 г/м² за добу) зафіксовано у варіанті АДОБ макро+мікро + Імпакт, тоді як у сорту Стармон аналогічна комбінація забезпечила – 9,61 г/м² за добу.

Висновки. За результатами польових і лабораторних досліджень встановлено, що Сорт Стармон формував у середньому площу листкової поверхні 56,31 тис. м²/га, що перевищувала показники сорту Ольжич (48,18 тис. м²/га). Це зумовило вищий фотосинтетичний потенціал у сорту Стармон – 4,424 млн м² × діб/га проти 3,596 млн м² × діб/га та чисту продуктивність фотосинтезу 9,22 г/м² за добу проти 5,80 г/м². Найбільший ефект спостерігався у разі використання позакореневого підживлення АДОБ макро+мікро у поєднанні з фунгіцидом Імпакт. При цьому площа листкової поверхні у сорту Стармон зростала до 61,61 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал – до 4,531 млн м² × діб/га, а чиста продуктивність фотосинтезу – до 9,61 г/м² за добу.

Список використаних джерел

1. Безвіконний П. В. Фотосинтетична діяльність рослин буряка кормового залежно від впливу мінеральних добрив. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. 46 (1). С. 19–25. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.2

2. Гармашов В. В., Стан Д. С. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин кормового буряка залежно від умов вирощування. *Аграрний вісник Причорномор'я. Сільськогосподарські науки*. 2014. Вип. 71. С. 19–25.

3. Демидась Г. І., Бурко Л. М. Вплив елементів технології вирощування на особливості формування урожаю буряків кормових. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2011. Вип. 7 (47). С. 17–20.

4. Ільчук М. М. Ефективне функціонування молокопродуктового підкомплексу України. Київ : Нічлава, 2004. 312 с.

5. Карпук Л. М. Фотосинтетична продуктивність цукрових буряків залежно від густоти насадження рослин. *Агробіологія* : збірник наукових праць. 2013. 10(100). С. 13–18.

6. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.

7. Мотрук І. Н. Буряки кормові: біологія, технологія. Київ : Урожай, 2001. 232 с.

8. Панасюк С. С., Слюсар С. М., Крамар О. С. Особливості сортової агротехніки буряка кормового в умовах Північного Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*, 2024. 4(14), 42–51. DOI: https://doi.10.54651/agri.2024.04.05

9. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. Дослідна справа в агрономії : навчальний посібник: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.

10. Санін Ю. В., Санін В. А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 6 (229). С. 45–47.

11. Сінченко В. М., Аскаров В. Р. Ефективність застосування мікродобрив та фунгіцидів проти хвороб листкового апарату на посівах цукрових буряків. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і буряків цукрових*, 2017, вип. 24, с. 121–126.

12. Bezvikonnyi P., Myalkovsky R., Muliarchuk O., Tarasiuk V. Effectiveness of the combined application of micro-fertilizers and fungicides on the beets crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(6). 28–37. DOI: 10.15421/2020_253.

Bezvikonnyy P. V.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor of the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *bezvikonnuy777@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4922-1763*

FORMATION OF BIOLOGICAL PARAMETERS OF FODDER BEET DEPENDING ON FOLIAR FERTILIZATION AND PLANT DISEASE PROTECTION UNDER THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Abstract

The article presents the results of long-term field studies (2020–2024) aimed at investigating the effects of various foliar fertilizers and fungicides on the development of the leaf apparatus and photosynthetic parameters of fodder beet (Beta vulgaris L.) under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The study revealed significant differences in leaf area between the investigated varieties. The average leaf area of the Starmon variety was 56.31 thousand m²/ha, while that of the Olzhych variety was 48.18 thousand m^2/ha. Foliar application of microfertilizers contributed to a significant increase in leaf area. The increase in leaf area with the application of the ADOB macro + micro fertilizer compared to the control amounted to 8.19 thousand m^2/ha for the Olzhych variety and 9.19 thousand m^2/ha for the Starmon variety.

The maximum leaf area values were recorded under the combined application of microfertilizers and fungicides. For the Olzhych variety, the largest leaf area (54.58 thousand m^2/ha) was observed with the ADOB macro + micro fertilizer in combination with the Impact fungicide, while for the Starmon variety, the same combination ensured a leaf area of 61.61 thousand m²/ha.

The photosynthetic potential of the plants exhibited similar patterns. During the study period, the highest levels of this parameter were recorded during the period of intensive growth (August 10). The maximum photosynthetic potential in all experimental variants was observed with the ADOB macro + micro + Impact combination: 3.785 million m^2 × days/ha for the Olzhych variety, while for Starmon, the same combination reached 4.531 million m^2 × days/ha.

Net photosynthetic productivity (NPP), as a key indicator of the efficiency of leaf area utilization for dry matter accumulation, also depended on varietal characteristics and agronomic treatments. The average NPP of the Starmon variety was 8.21 g/m^2 per day, while that of Olzhych was 5.50 g/m^2 per day. Foliar application of ADOB macro+micro increased NPP to 9.22 g/m^2 for Starmon and to 5.80 g/m^2 for Olzhych, and the additional application of the Impact fungicide further increased these values to 9.61 g/m^2 and 6.17 g/m^2, respectively.

These results confirm the effectiveness of the combined use of microfertilizers and fungicides, which promotes the maximal preservation of an active leaf apparatus and enhances the photosynthetic productivity of plants, thereby ensuring an increase in the potential yield of fodder beet.

Key words: *fodder beet, foliar fertilization, microfertilizers, fungicides, leaf area, photosynthetic parameters.*

References

1. Bezvikonnyi, P. V. (2025). Fotosyntetychna diialnist roslyn buriaka kormovoho zalezhno vid vplyvu mineralnykh dobryv [Photosynthetic activity of fodder beet plants depending on the influence of mineral fertilizers]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, iss. 46 (1), pp. 19–25. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.2 [in Ukrainian].

2. Harmashov, V.V., Stan, D.S. (2014). Osoblyvosti fotosyntetychnoi diialnosti roslyn kormovoho buriaka zalezhno vid umov vyroshchuvannia [Features of photosynthetic activity of fodder beet plants depending on cultivation conditions]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria. Silskohospodarski nauky – Agrarian Bulletin of the Black Sea Region: Agricultural Sciences*, iss. 71, pp. 19–25 [in Ukrainian].

3. Demydas, H. I., Demtsiura, Yu. V. (2011). Kormova produktyvnist bobovo-zlakovykh travosumishok zalezhno vid vydovoho skladu ta sposobu stvorennia travostoiu [Forage productivity of legume-cereal grass mixtures depending on the species composition and method of creating a grass stand]. *Kormovyrobnytstvo*: Zbirnyk naukovykh prats VNAU – *Forage production*: Collection of scientific works of the Ukrainian Academy of Agricultural Sciences, iss. 9(49), pp. 95–101 [in Ukrainian].

4. Ilchuk, M. M. (2004). Efektyvne funktsionuvannia molokoproduktovoho pidkompleksu Ukrainiy [Effective functioning of the dairy product subcomplex of Ukraine]. Kyiv : Nichlava [in Ukrainian].

5. Karpuk, L. M. (2013). Fotosyntetychna produktyvnist tsukrovykh buriakiv zalezhno vid hustoty nasadzhennia roslyn [Photosynthetic productivity of sugar beets depending on the density of plant planting]. *Ahrobiolohiia*: zb. nauk. prats, 10(100), 13–18 [in Ukrainian].

6. Roik, M. V., Hizbullin, N. H. (2014). Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of conducting research in sugar beet growing]. Kyiv : FOP Korzun D.Yu. [in Ukrainian].

7. Motruk, I. N. (2001). Buriaky kormovi: biolohiia, tekhnolohiia [Fodder beets: biology, technology]. Kyiv : Urozhai [in Ukrainian].

8. Panasiuk, S. S., Sliusar, S. M., & Kramar, O. S. (2024). Osoblyvosti sortovoi ahrotekhniky buriaka kormovoho v umovakh Pivnichnoho Lisostepu [Features of varietal agrotechnology of fodder beet under conditions of the Northern Forest-Steppe]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka – Crop Production and Plant Growing: Theory and Practice*, iss. 4(14), pp. 42−51. DOI: https://doi.10.54651/agri.2024.04.05 [in Ukrainian].

9. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M. (2016). Doslidna sprava v ahronomii: navchalniy posibnyk: u 2 kn. Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Research work in agronomy: a teaching manual: in 2 books. Book 1. Theoretical aspects of research work]. Kharkiv : Maidan [in Ukrainian].

10. Sanin, Yu. V., Sanin, V. A. (2012). Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia silskohospodarskykh kultur mikroelementamy [Features of foliar fertilization of crops with microelements]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness Today*, iss. 6 (229), pp. 45–47 [in Ukrainian].

11. Sinchenko, V. M., Askarov, V. R. (2017). Efektyvnist zastosuvannia mikrodobryv ta funhitsydiv proty khvorob lystkovoho aparatu na posivakh tsukrovykh buriakiv [Efficiency of micronutrients and fungicides against leaf diseases in sugar beet crops]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i buriakiv tsukrovykh – Collection of Scientific Works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*, iss. 24, pp. 121–126 [in Ukrainian].

12. Bezvikonnyi, P., Myalkovsky, R., Muliarchuk, O., Tarasiuk, V. Effectiveness of the combined application of micro-fertilizers and fungicides on the beets crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(6). 28–37. DOI: 10.15421/2020_253 [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 26.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 636.4.082.2:636.087.8
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-4

Безносюк А. М.
аспірант кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *anatolii_beznosiuk@cargill.com*
ORCID: *0009-0003-8010-5813*

Разанова О. П.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *olenaop0205@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5552-9356*

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРОТЕЇНОВОГО ПОРОШКУ З ЛИЧИНОК КОМАХ НА ЗАБІЙНІ ТА МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТУШ СВИНЕЙ

Анотація

У сучасному свинарстві велике значення має забезпечення тварин повноцінними джерелами білка для підвищення ефективності відгодівлі та якості м'ясної продукції. Перспективним рішенням є використання кормових добавок на основі личинок комах, які вирізняються високою поживною цінністю, наявністю біологічно активних речовин і збалансованим амінокислотним складом. Мета роботи – оцінити вплив протеїнового порошку з личинок комах ProtiNOVA, отриманого з личинок комах Hermetia illucens, на продуктивні та м'ясні характеристики свиней. Дослідження проведено на тваринах генотипу F2, отриманих від схрещування свинок камборо (велика біла × ландрас) із кнурцями PIC 337. У раціоні проводили заміну соєвого протеїнового концентрату введенням протеїнового порошку з личинок комах ProtiNOVA із розрахунку 20 кг/т комбікорму до 71-ї доби. Період відгодівлі свиней тривав до 173-ї доби. Результати експерименту дозволили оцінити ефективність використання білка комах як інноваційного компонента раціону свиней. Встановлено, що включення ProtiNOVA до раціону сприяло збільшенню маси туші та виходу м'язової тканини (на 2,4 %), одночасно знижуючи відносну частку жирової тканини на 1,2 п.п. та покращуючи показник площі «м'язового вічка» на 12,9 %. Значущих відмінностей у відсотковому вмісті кісткової тканини між групами не виявлено. Порівняльний аналіз маси внутрішніх органів свиней засвідчив незначні відмінності між групами і відсутність негативного впливу добавки на фізіологічний стан тварин. У тварин, які отримували білкову добавку з личинок комах, спостерігали дещо більшу масу печінки, серця, селезінки, шлунка та підшлункової залози, а нирки й легені мали нижчі показники порівняно з контролем. Отримані результати свідчать, що використання білкових добавок з комах сприяє підвищенню м'ясної продуктивності свиней і може розглядатися як перспективна альтернатива традиційним джерелам білка в комбікормах без погіршення морфофункціональних характеристик туші.

Ключові слова: *свині, добавки, забійні показники, морфологічний склад туші, внутрішні органи, ProtiNOVA.*

Вступ. Свинарство є однією з провідних галузей агропромислового комплексу та відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки України, оскільки формує значну частку пропозиції високоякісного тваринного білка. У сучасних умовах промислового виробництва м'яса функціонування свинарських підприємств характеризується тісною взаємозалежністю між технологічними параметрами, вимогами переробної промисловості та споживчими преференціями.

М'ясні продукти, що забезпечують незамінні амінокислоти та мікроелементи, залишаються центральними для вирішення проблеми харчування населення. Згідно зі статистикою ФАО, світове споживання м'яса на душу населення зросло на 28 % за останні два десятиліття. Світові тенденції підтверджують високу роль свинини у структурі м'ясного балансу. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), світове виробництво м'яса досягло 360 мільйонів тонн у 2024 році, причому на птицю припадало 38 % від загального виробництва, далі свинина (34 %) та яловичина (21 %), решта (7 %) – баранина, козятина та інші види м'яса. У межах вітчизняного ринку пропозиція свинини забійною масою зросла до 593 тис. тонн, що на 7,6 % більше порівняно з попереднім роком, переважно за рахунок промислового сектору (388 тис. тонн) [19; 1].

За останніми даними вітчизняна галузь свинарства поступово відновлюється після кризового спаду у 2022 році. Згідно з аналітичним оглядом, обсяги виробництва свинини скоротилися із 726 тисяч тонн у 2021 році до приблизно 644 тисяч тонн у 2022 році, що було зумовлене військовою агресією, руйнуванням сільськогосподарської інфраструктури, втратами поголів'я та порушенням логістичних зв'язків. Однак уже у 2024 році спостерігається стійка тенденція до відновлення і виробництво піднялося до 694 тисяч тонн, що приблизно на 8,0 %

© Безносюк А. М., Разанова О. П., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

вище за рівень 2022 року. У 2024 році середньорічне поголів'я свиней в Україні збільшилося на 1,1 % і становило 5 мільйонів голів. При цьому на підприємствах поголів'я зросло на 4,8 % і становило 3,14 мільйона голів (65,8 % від загальної кількості), тоді як у невеликих приватних господарствах спостерігалось зниження на 5,2 %. Відповідно, виробництво свинини за підсумками року становило 694 тис. тонн, що на 4 % перевищує показник 2023 року [1]. З огляду на такі тенденції галузь активно впроваджує інтенсивні технології вирощування та годівлі, а також використовує високопродуктивні генотипи тварин з метою підвищення продуктивності та рентабельності виробництва [3; 4; 15].

На показники забою свиней має вплив низка факторів, серед яких –порода, вага поросят під час народження, стать, рівень годівлі [10].

У свинарстві проводяться дослідження впливу різних кормових добавок на м'ясні якості свиней. Так, згодовування БВМД «Мінактивіт» сприяло підвищенню забійних показників, зокрема збільшенню маси м'язової, жирової та кісткової тканин [6]. Використання емульсованого жиру яловичини сприяло скороченню терміну досягнення живої маси 100 кг та зменшенню товщини шпику за одночасного збільшення площі «м'язового вічка», що забезпечувало зростання загальної кількості м'яса в туші та зменшення вмісту сала [2]. Крім того, застосування кормової добавки «Активо» у годівлі поросят покращувало засвоєння поживних речовин та підвищувало масу туші, позитивно впливало на фізико-хімічні показники найдовшого м'яза спини, підвищуючи його харчову цінність [5].

Особливої уваги в умовах сучасного свинарства набуває забезпечення тварин повноцінним білковим живленням. Білкові корми є одним із найважливіших і водночас найдорожчих компонентів у годівлі свиней. Традиційно основним білковим інгредієнтом залишається соєвий шрот, однак зростання його використання супроводжується низкою глобальних екологічних проблем. У зв'язку з цим активно досліджуються альтернативні джерела білка, зокрема білки комах [19].

Одним із перспективних напрямів є використання кормових добавок на основі личинок комах, які характеризуються високим вмістом перетравного протеїну, біологічно активних речовин та збалансованим амінокислотним профілем, що здатний позитивно впливати на відгодівельні та м'ясні показники свиней. За даними літератури, вміст сирого протеїну у висушених личинках чорної львинки становить у середньому 40–44 %, що наближається до оптимуму для свиней. Крім того, вони містять від 7 до 39 % жиру і є джерелом кальцію, фосфору, натрію та магнію, а також сполук із потенційно позитивним впливом на здоров'я тварин, зокрема хітину, лауринової кислоти та антимікробних пептидів [8].

Деякі автори [20] відзначали підвищення показників росту та виходу м'язової тканини у разі включення личинок Hermetia illucens до раціону свиней, що, ймовірно, пов'язано зі зміною ліпогенного потенціалу організму та кращою перетравністю білка. Наукові дослідження [7; 17] показали, що личинкове борошно може частково заміняти соєвий шрот (до 10–25 %) без негативного впливу на продуктивність та фізіологічний стан тварин, при цьому покращуючи якість туш. Включення добавок з комах у раціон свиней і птиці підвищує засвоюваність поживних речовин, зростання м'язової тканини та загальний фізіологічний стан [9; 16].

Окремі дослідження підтверджують, що оптимізація амінокислотного складу кормів безпосередньо впливає на якість туші. Так, вихід нежирного м'яса може бути підвищено завдяки збільшенню та раціональному балансуванню вмісту білка в раціоні, що супроводжується зменшенням товщини шпику [12]. Збільшення вмісту лізину в раціоні призводило до зростання виходу знежиреного м'яса та виходу туші [18]. Однак у рецептурі кормів необхідно враховувати потребу тварин в енергії та поживних речовинах, доступність амінокислот та перетравність білкових джерел [13]. Оптимізація амінокислотного складу кормів сприяє кращій перетравності білка та формуванню більш цінної м'язової тканини, без негативного впливу на органи травної системи [18; 12].

Включення личинок Hermetia illucens до раціону позитивно впливає на показники росту та якість м'яса, що може бути пов'язано зі зміною ліпогенного потенціалу організму [20]. Комахи, як джерело білка, розглядаються як одні з найбільш перспективних компонентів кормів, здатні замінити від 25 % до 100 % традиційних білкових інгредієнтів залежно від виду комах, типу тварин та технології їх годівлі [7]. Личинкове борошно вже випробуване під час годівлі риб [11], птиці [16] та свиней [9; 14] із позитивними результатами щодо засвоюваності поживних речовин, поліпшення ростових показників та загального фізіологічного стану. У наявних дослідженнях щодо поросят личинкові корми зазвичай використовувалися для часткової заміни соєвого шроту на рівні до 10 % протягом 10–40 днів відгодівлі [17].

Мета дослідження. Мета досліджень – оцінити вплив включення до раціону свиней на відгодівлі білкового порошку з личинок комах на показники забою та морфологічні характеристики туш.

Матеріал і методи досліджень. Для проведення досліджень використовували свиней F2, яких отримували від схрещування свинок камборо (велика біла × ландрас) з кнурцями PIC 337. Тварини обох груп утримувалися в однакових умовах, різниця полягала лише у наявності білкової добавки в раціоні дослідної групи. Досліджувану добавку протеїнового порошку з личинок комах ProtiNOVA згодовували у складі раціону з розрахунку 20 кг на тонну комбікорму до 70-денного віку. Свиней на підприємстві відгодовували до 173-ї доби. Під час проведення досліджень на свинях дотримувалися національних та міжнародних біотичних положень щодо експериментів на тваринах: Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» № 3447-IV від 21.06.2006 р. зі

змінами від 04.08.2017 р.; Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях (ETS № 123, Страсбург, 1986). Умови годівлі, напування, утримання, догляду і профілактики тварин у досліді проводилися відповідно до вітчизняного законодавства «Вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання» (Закон України «Про ветеринарну медицину», 2021). Протягом усього періоду відгодівлі свині мали вільний доступ до корму та води.

Для виконання мети досліджень використані такі методи: зоотехнічні (жива маса, порівняння різних раціонів), морфологічні (визначення показників забою), статистичні (визначення достовірної різниці між значеннями).

На кінець відгодівельного періоду було проведено забій 10 голів, по 5 голів з кожної групи, для визначення показників забою. Перед забоєм свиней їх протягом 12 годин не годували, а потім забивали через оглушення електричним струмом (250 В, 0,5 А, протягом 5–6 с.).

Показники забійних та м'ясних якостей вивчали на 173-ю добу відгодівлі. Під час забою визначали основні морфометричні показники туш: масу туші, товщину шпику та співвідношення основних тканинних компонентів. У піддослідних тварин визначали передзабійну масу, забійну масу, забійний вихід, товщину шпику на рівні 6–7 грудних хребців, холки і крижів, вихід м'яса з туші та внутрішніх органів за відповідними загальноприйнятими методиками.

Визначення товщини шпику проводили після забою лінійкою на їх правих півтушах у таких точках: за лопатками на рівні 6–7 грудних хребців, на попереку – над рівнем останнього ребра і на крижах – над рівнем останнього хребця.

Масу м'яса, сала та внутрішніх органів визначали шляхом зважування на електричних вагах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз результатів дослідження показав, що включення до раціону білкового порошку з личинок *Hermetia illucens* позитивно вплинуло на основні морфометричні показники туш свиней. Передзабійна маса тварин дослідної групи на 1,3 % переважала показники у контрольній. Аналогічна тенденція відзначалася і за забійною масою. Маса туші у тварин, які отримували добавку ProtiNOVA, була більшою на 2,8 % ($p < 0,01$). Водночас забійний вихід у дослідній групі вищий на 1,4 % ($p < 0,05$), ніж у контрольній (табл. 1).

Таблиця 1. Основні морфометричні показники туш свиней

Показник	Група	
	1 – контрольна	2 – дослідна
Передзабійна маса, кг	133,34 ± 0,547	135,06 ± 0,596
Забійна маса, кг	131,36 ± 0,537	133,06 ± 0,572
Маса туші, кг	101,3 ± 0,47	104,1 ± 0,437**
Забійний вихід, %	77,16 ± 0,15	78,25 ± 0,087*
Довжина півтуші, см	85,0 ± 0,32	85,6 ± 0,40
Товщина шпику на рівні 6–7 грудних хребців, мм	23,40 ± 0,245	23,8 ± 0,20
Товщина шпику в крижах, мм	28,6 ± 0,40	30,4 ± 0,51*
Товщина шпику в холці, мм	30,8 ± 0,49	32,4 ± 0,58*
Маса задньої третини напівтуші, кг	15,20 ± 0,424	16,60 ± 0,261*
Площа «м'язового вічка», $см^2$	45,0 ± 0,96	50,8 ± 0,86**

Довжина півтуші у дослідних свиней була більшою на 0,3 %. Щодо товщини шпику, то у дослідних тварин вона мала тенденцію до незначного збільшення: на рівні 6–7 грудних хребців – на 1,7 % більше, у ділянці крижів – на 6,3 % ($p < 0,05$), у холці – на 5,2 % ($p < 0,05$). Довжина туші у групах суттєво не відрізнялася.

У свиней дослідної групи прослідковується збільшення виходу найцінніших м'ясних частин туші, в яких маса задньої третини півтуші виявилася вищою на 9,2 %. Зростання маси задньої частини напівтуші співвідноситься з підвищеними показниками площі «м'язового вічка» та загальної м'язової тканини, що підтверджує формування більш розвиненої м'ясної структури у тварин дослідної групи. Найбільш суттєва різниця встановлена за площею «м'язового вічка», який зріс на 12,9 % ($p < 0,01$) у дослідній групі.

Порівняльна оцінка морфологічного складу туш свиней показала, що згодовування білкового порошку з личинок комах позитивно вплинуло на формування основних структурних компонентів (табл. 2).

Включення ProtiNOVA до складу раціону сприяє більш інтенсивному розвитку м'язової тканини за одночасного зниження рівня жирових відкладень. У дослідній групі встановлено збільшення абсолютної та відносної маси м'язової тканини порівняно з контрольною. Виявлено підвищення м'ясності туш за рахунок приросту м'язової тканини на 4,35 п.п. ($p < 0,01$) порівняно з контролем. Одночасно спостерігалося незначне зменшення маси та вмісту жирової тканини у дослідній групі (на 1,2 п.п.). Це свідчить про зниження жировідкладення та підвищення м'ясності туші у разі використання добавки ProtiNOVA. Вплив білкового порошку на формування кісткового компонента відсутній і вміст кісток у тушах свиней обох груп залишався практично на однаковому рівні (13,44 % у контролі та 13,31 % у досліді). Важливим інтегральним показником у визначенні якості м'ясної

Таблиця 2. Морфологічний склад туші свиней за згодовування протеїнового порошку ProtiNOVA

Показник	Група	
	1 – контрольна	2 – дослідна
М'язова тканина, кг	55,96 ± 0,801	59,92 ± 0,562**
Вихід м'язової тканини, %	55,2 ± 0,58	57,6 ± 0,51*
Сало, кг	25,76 ± 0,232	24,80 ± 0,265*
Вихід сала, %	26,10 ± 0,187	25,78 ± 0,265
Кістки, кг	13,62 ± 0,086	13,84 ± 0,108
Кістки, %	13,44 ± 0,113	13,31 ± 0,134
Відношення сала до м'яса	0,47 ± 0,007	0,45 ± 0,008

сировини є співвідношення м'ясної та жирової тканини. У дослідній групі цей показник нижчий стосовно контролю (у досліді 0,45 проти 0,47 у контролі), що характеризує покращення морфологічних властивостей туші та підвищення виробничої цінності м'ясної продукції.

Аналіз даних щодо маси внутрішніх органів свиней показав, що включення до раціону білкового порошку не викликало негативного впливу на розвиток внутрішніх органів, а за окремими показниками навіть спостерігалася тенденція до покращення (табл. 3).

Таблиця 3. Маса внутрішніх органів свиней за згодовування протеїнового порошку ProtiNOVA

Показник	Група	
	1 – контрольна	2 – дослідна
Печінка, кг	2,36 ± 0,021	2,43 ± 0,009*
Серце, г	418,8 ± 4,67	450,0 ± 3,86***
Легені, г	656,00 ± 7,85	642,0 ± 6,62
Селезінка, г	329,2 ± 5,38	341,0 ± 6,96
Нирки, г	584,2 ± 13,55	547,2 ± 10,71
Шлунок, г	613,0 ± 4,50	642,6 ± 5,98**
Підшлункова залоза, г	102,8 ± 1,59	110,2 ± 2,49*
Щитоподібна залоза, г	20,26 ± 0,116	20,46 ± 0,103

Маса печінки у дослідних тварин була більшою на 2,9 %, ніж у контрольній групі. Аналогічна тенденція простежується і за масою серця, перевага у дослідних тварин становила на 7,4 % більше ($p < 0,001$). Нирки, легені у дослідних свиней мали меншу масу на 6,8 % і 2,1 % відповідно, ніж у контрольній групі. Подібна невелика різниця спостерігалася і за масою селезінки і шлунка, які у дослідній групі були на 3,6 % і 4,8 % ($p < 0,01$) відповідно більшими порівняно з контрольною. Підшлункова залоза у дослідній групі на 7,2 % ($p < 0,05$) перевищує показник контрольної, щитоподібна залоза в обох групах мала майже однакову масу.

Таким чином, результати показують, що згодовування білкового порошку з личинок Hermetia illucens не призводить до патологічних змін чи порушення функцій внутрішніх органів свиней. Навпаки, спостерігається тенденція до нормалізації обмінних процесів, що проявляється у незначному збільшенні маси окремих органів (печінки, серця, підшлункової залози), які беруть участь у перетравленні та засвоєнні поживних речовин. Це свідчить про добру фізіологічну адаптацію тварин до використання білкової добавки комашиного походження.

Висновки. Згодовування білкової добавки з личинок комах ProtiNOVA сприяло незначному покращенню м'ясних якостей свиней, зокрема підвищенню маси туші та товщини шпику, за стабільних показників забійного виходу.

У тварин дослідної групи спостерігається збільшення виходу м'язової тканини на 4,35 п.п. та площі «м'язового вічка» – на 12,9 % порівняно з контрольною групою.

Використання добавки сприяє підвищенню м'ясності туш за одночасного зниження жировідкладень, без негативного впливу на кісткову тканину. Співвідношення м'яса до сала зменшилось у дослідній групі, що свідчить про покращення морфологічних та технологічних властивостей м'яса.

Масові показники внутрішніх органів свиней не порушуються, водночас виявлено незначне підвищення маси печінки, серця та підшлункової залози, що свідчить про нормалізацію обмінних процесів і добру фізіологічну адаптацію тварин до кормової добавки.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні тривалості згодовування добавки ProtiNOVA з метою покращення якості м'яса. Доцільним є також дослідження впливу добавки на якість м'яса під час зберігання.

Список використаних джерел

1. Виробництво свинини в Україні: перспективи галузі до 2033 року. URL: https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2025/pork-production-in-ukraine-prospects-for-the-industry-up-to-2033.

2. Коваленко В. Ф., Юхно В. М. Забійні якості свиней при використанні емульгованого жиру яловичини. *Свинарство*. 2012. Вип. 61. С. 98–102.

3. Михалко О. Г., Повод М. Г., Плечко О. С., Кохана О. Д. Відгодівельні та забійні якості свиней ірландського походження за різної інтенсивності росту на відгодівлі. *Вісник Сумського національного аграрного університету (Тваринництво)*. 2020. Вип. 4 (43). С. 50–57. DOI: https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8

4. Огороднічук Г. М., Разанова О. П., Скоромна О. І., Фаріонік Т. В. Відгодівельні та забійні показники свиней при застосуванні препарату «Кроноцид-Л». *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2023. Т. 25. № 99. С. 22–27. DOI: 10.32718/nvlvet-a9904

5. Прудиус Т. Я., Гуцол А. В., Гуцол Н. В. Забійні показники, морфологічний склад туш та якість м'язової тканини молодняку свиней при згодовуванні кормової добавки «Активо». *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних лікарських засобів та кормових добавок та Інституту біології тварин*. 2021. Вип. 22(2). С. 283–289. DOI: 10.36359/scivp.2021-22-2.33

6. Супрович Т. М., Коваль Т. В., Приліпко Т. М. Забійні показники та якість свинини за згодовування добавки «Мінактивіт». *Таврійський науковий вісник. Серія : Сільськогосподарські науки*. 2019. № 106. С. 211–215.

7. Bosch G., Zhang S, Oonincx D. G. A. B., Hendriks W. H. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*. 2014. Vol. 3. № e29. DOI: 10.1017/jns.2014.23

8. Chia S. Y., Tanga C. M., Osuga I. M., Alaru A. O., Mwangi D. M., Githinji M., Subramanian S., Fiaboe K. K. M., Ekesi S., Loon J. J. A., Dicke M. Effect of Dietary Replacement of Fishmeal by Insect Meal on Growth Performance, Blood Profiles and Economics of Growing Pigs in Kenya. *Animals.* 2019. Vol. 9(10). № 705. https://doi.org/10.3390/ani9100705

9. Driemeyer H. Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae as an Alternative Protein Source in Pig Creep Diets in Relation to Production, Blood and Manure Microbiology Parameters. Master's Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa, December, 2016. 114 p.

10. Elbert K., Matthews N., Wassmuth R., Tetens J. Effects of sire line, birth weight and sex on growth performance and carcass traits of crossbred pigs under standardized environmental conditions. *Archives Animal Breeding*. 2020. Vol. 63. P. 367–376. https://doi.org/10.5194/aab-63-367-2020

11. Li S., Ji H., Zhang B., Tian J., Zhou J., Yu H. Influence of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (Cyprinus carpio var. Jian). *Aquaculture*. 2016. Vol. 465(4). P. 43–52. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.08.020

12. Needham T., Hoffman L.C. Carcass traits and cutting yields of entire and immunocastrated pigs fed increasing protein levels with and without ractopamine hydrochloride supplementation. *Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 93(9). P. 4545–56. DOI: 10.2527/jas.2015-9183

13. Parrini S., Aquilani C., Pugliese C., Bozzi R., Sirtori F. Soybean Replacement by Alternative Protein Sources in Pig Nutrition and Its Effect on Meat Quality. *Animals (Basel).* 2023. Vol. 13(3). № 494. DOI: 10.3390/ani13030494

14. Razanova O. P., Beznosyuk A. M., Holubenko T. L., Skoromna O. I., Tkachenko, T. Y., Farionik T. V., Solomon A. M. Hematological blood profile of pigs fed with protein powder extracted from the black soldier fly (Hermetia illucens). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. Vol. 16(1). № e25026. DOI: 10.15421/0225026

15. Razanova O., Skoromna O., Chudak R., Poberezhets Yu., Ohorodnichuk H. Growth rate, indicators of slaughter and quality of pork with the additional introduction of a chelated copper complex into the diet of pigs. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 11. P. 9–18. DOI: 10.48077/scihor11.2023.09

16. Schiavone A., Cullere M., De Marco M., Meneguz M., Biasato I., Bergagna S., Dezzutto D., Gai F. Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*. 2017. Vol. 16. Is. 1. P. 93–100. https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968

17. Spranghers T., Michiels J., Vrancx J., Ovyn A., Eeckhout M., De Clercq P., De Smet S. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (Hermetia illucens L.) pre-pupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*. 2018. Vol. 235. P. 33–42. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012

18. Suárez-Belloch J., Guada J. A., Latorre M. A. Effects of sex and dietary lysine on performances and serum and meat traits in finisher pigs. *Animal*. 2015. Vol. 9(10). P. 1731–9. DOI: 10.1017/S1751731115001111

19. Vatsanidou A., Konstantinidi S., Bonos E., Skoufos I. Comparative Life Cycle Assessment of Animal Feed Formulations Containing Conventional and Insect-Based Protein Sources. *AgriEngineering*. 2025. Vol. 7(9). № 275. DOI: 10.3390/agriengineering7090275

20. Yu M., Li Z., Chen W., Rong T., Wang G., Li J., Ma X. Use of Hermetia illucens larvae as a dietary protein source: Effects on growth performance, carcass traits, and meat quality in finishing pigs. *Meat Science*. 2019. Vol. 158. № 107837. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.05.008

Beznosyuk A. M.
Postgraduate Student at the Department of Production and Processing Technology of Livestock Products,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *anatolii_beznosiuk@cargill.com*
ORCID: *0009-0003-8010-5813*

Razanova O. P.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Technology of Production and Processing of livestock products,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *olenaop0205@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5552-9356*

EVALUATION OF THE EFFECT OF PROTEIN POWDER FROM INSECT LARVAE ON SLAUGHTER PERFORMANCE AND CARCASS MORPHOLOGICAL TRAITS IN PIGS

Abstract

In modern pig farming, it is important to provide animals with complete sources of protein to increase the efficiency of fattening and the quality of meat products. A promising solution is the use of feed additives based on insect larvae, which are distinguished by high nutritional value, the presence of biologically active substances and a balanced amino acid composition. The aim of the work was to assess the effect of protein powder from insect larvae ProtiNOVA, obtained from the larvae of the insect Hermetia illucens, on the productive and meat characteristics of pigs. The study was conducted on animals of the F2 genotype, obtained from crossing Camboro pigs (Large White × Landrace) with PIC 337 boars. In the diet, soy protein concentrate was replaced by the introduction of protein powder from insect larvae ProtiNOVA at the rate of 20 kg/t of feed for up to 71 days. The fattening period of pigs lasted up to 173 days. The results of the experiment allowed us to assess the effectiveness of using insect protein as an innovative component of the pig diet. It was found that the inclusion of ProtiNOVA in the diet contributed to an increase in carcass weight and muscle tissue yield (by 2.4 %), while simultaneously reducing the relative proportion of fat tissue by 1.2 pp. and improving the "muscle cell" area by 12.9 %. No significant differences in the percentage of bone tissue were found between the groups. A comparative analysis of the weight of the internal organs of the pigs showed insignificant differences between the groups and no negative effect of the supplement on the physiological state of the animals. In animals that received a protein supplement from insect larvae, a slightly larger weight of the liver, heart, spleen, stomach and pancreas was observed, while the kidneys and lungs had lower values compared to the control. The results obtained indicate that the use of insect protein supplements contributes to the increase in meat productivity of pigs and can be considered as a promising alternative to traditional protein sources in compound feeds without worsening the morphofunctional characteristics of the carcass.

Key words: *pigs, supplements, slaughter parameters, morphological composition of the carcass, internal organs, ProtiNOVA.*

References

1. Vyrobnytstvo svynyny v Ukraini: perspektyvy haluzi do 2033 roku [Pork production in Ukraine: industry prospects until 2033]. Retrieved from: https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2025/pork-production-in-ukraine-prospects-for-the-industry-up-to-2033 [in Ukrainian].

2. Kovalenko, V. F., & Yukhno, V. M. (2012). Zabiini yakosti svynei pry vykorystanni emulhovanoho zhyru yalovychyny [Slaughtering qualities of pigs when using emulsified beef fat]. *Svynarstvo*, 61, 98–102 [in Ukrainian].

3. Mykhalko, O. H., Povod, M. H., Plechko, O. S., & Kokhana, O. D. (2020). Vidhodivelni ta zabiini yakosti svynei irlandskoho pokhodzhennia za riznoi intensyvnosti rostu na vidhodivli [Fattening and slaughter qualities of pigs of Irish origin at different growth intensities in the fattening area]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu (Tvarynnytstvo)*, 4 (43), 50–57. https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8 [in Ukrainian].

4. Ohorodnichuk, H. M., Razanova, O. P., Skoromna, O. I., & Farionik, T. V. (2023). Vidhodivelni ta zabiini pokaznyky svynei pry zastosuvanni preparatu "Kronotsyd-L". *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho. Seriia "Silskohospodarski nauky"*, 25, 99, 22–27. DOI: 10.32718/nvlvet-a9904 [in Ukrainian].

5. Prudyus, T. Ya., Hutsol, A. V., & Hutsol, N. V. (2021). Zabiini pokaznyky, morfolohichnyi sklad tush ta yakist miazovoi tkanyny molodniaku svynei pry zghodovuvanni kormovoi dobavky "Aktyvo" [Slaughter rates, morphological composition of carcasses and muscle tissue quality of young pigs when fed with the feed additive "Active"]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Derzhavnoho naukovo-doslidnoho kontrolnoho instytutu veterynarnykh likarskykh zasobiv ta kormovykh dobavok ta Instytutu biolohii tvaryn*, 22(2), 283–289. DOI: 10.36359/scivp.2021-22-2.33 [in Ukrainian].

6. Suprovych, T. M., Koval, T. V., & Prylipko, T. M. (2019). Zabiini pokaznyky ta yakist svynyny za zghodovuvannia dobavky "Minaktyvit" [Slaughter rates and quality of pork when fed the supplement "Minactivit"]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky*, 106, 211–215 [in Ukrainian].

7. Bosch, G., Zhang, S, Oonincx, D. G. A. B., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*, 3, e29. DOI: 10.1017/jns.2014.23

8. Chia, S. Y., Tanga, C. M., Osuga, I. M., Alaru, A. O., Mwangi, D. M., Githinji, M., Subramanian, S., Fiaboe, K. K. M., Ekesi, S., Loon, J. J. A., & Dicke, M. (2019). Effect of Dietary Replacement of Fishmeal by Insect Meal on Growth Performance, Blood Profiles and Economics of Growing Pigs in Kenya. *Animals*, 9(10), 705. https://doi.org/10.3390/ani9100705

9. Driemeyer, H. (2016). Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae as an Alternative Protein Source in Pig Creep Diets in Relation to Production, Blood and Manure Microbiology Parameters. Master's Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa, December, 114.

10. Elbert, K., Matthews, N., Wassmuth, R., & Tetens, J. (2020). Effects of sire line, birth weight and sex on growth performance and carcass traits of crossbred pigs under standardized environmental conditions. *Archives Animal Breeding*, 63, 367–376. https://doi.org/10.5194/aab-63-367-2020

11. Li, S., Ji, H., Zhang, B., Tian, J., Zhou, J., & Yu, H. (2016). Influence of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (Cyprinus carpio var. Jian). *Aquaculture*, 465(4), 43–52. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.08.020

12. Needham, T., & Hoffman, L. C. (2015). Carcass traits and cutting yields of entire and immunocastrated pigs fed increasing protein levels with and without ractopamine hydrochloride supplementation. *Journal of Animal Science*, 93(9), 4545–56. DOI: 10.2527/jas.2015-9183

13. Parrini, S., Aquilani, C., Pugliese, C., Bozzi, R., & Sirtori, F. (2023). Soybean Replacement by Alternative Protein Sources in Pig Nutrition and Its Effect on Meat Quality. *Animals (Basel)*, 13(3), 494. DOI: 10.3390/ani13030494

14. Razanova, O. P., Beznosyuk, A. M., Holubenko, T. L., Skoromna, O. I., Tkachenko, T. Y., Farionik, T. V., & Solomon, A. M. (2025). Hematological blood profile of pigs fed with protein powder extracted from the black soldier fly (Hermetia illucens). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(1), e25026. DOI: 10.15421/0225026

15. Razanova, O., Skoromna, O., Chudak, R., Poberezhets, Yu., & Ohorodnichuk, H. (2023). Growth rate, indicators of slaughter and quality of pork with the additional introduction of a chelated copper complex into the diet of pigs. *Scientific Horizons*, 26, 11, 9–18. DOI: 10.48077/scihor11.2023.09

16. Schiavone, A., Cullere, M., De Marco, M., Meneguz, M., Biasato, I., Bergagna, S., Dezzutto, D., & Gai, F. (2017). Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, 16, 1, 93–100. https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968

17. Spranghers, T., Michiels, J., Vrancx, J., Ovyn, A., Eeckhout, M., De Clercq, P., & De Smet, S. (2018). Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) pre-pupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 33–42. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012

18. Suárez-Belloch, J., Guada, J. A., & Latorre, M. A. (2015). Effects of sex and dietary lysine on performances and serum and meat traits in finisher pigs. *Animal*, 9(10), 1731–9. DOI: 10.1017/S1751731115001111

19. Vatsanidou, A., Konstantinidi, S., Bonos, E., & Skoufos, I. (2025). Comparative Life Cycle Assessment of Animal Feed Formulations Containing Conventional and Insect-Based Protein Sources. *AgriEngineering*, 7(9), 275. DOI: 10.3390/agriengineering7090275

20. Yu, M., Li, Z., Chen, W., Rong, T., Wang, G., Li, J., & Ma, X. (2019). Use of Hermetia illucens larvae as a dietary protein source: Effects on growth performance, carcass traits, and meat quality in finishing pigs. *Meat Science*, 158, 107837. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.05.008

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 14.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 636.4.082
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-5

Бордун О. М.
кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач лабораторії тваринництва і кормовиробництва,
Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН
с. Сад, Сумський р-н, Сумська обл., Україна
E-mail: *alexandrbordun777@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-6144-771X*

Халак В. І.
кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач лабораторії тваринництва,
Державна установа Інститут зернових культур НААН
Дніпро, Україна
E-mail: *v16kh91@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4384-6394*

Ільченко М. О.
кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник,
доцент кафедри біології продуктивності тварин імені академіка О. В. Квасницького,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *mariia1984poltava@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-0163-1384*

Фесенко О. Г.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри біології продуктивності тварин імені академіка О. В. Квасницького,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *oksana.fesenko@pdau.edu.ua*
ORCID: *0009-0006-5047-7781*

Шаферівський Б. С.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри біології продуктивності тварин імені академіка О. В. Квасницького,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *bogdan.shaferivskyi@pdau.edu.ua*
ORCID: *0000-0001-5742-5016*

ДЕЯКІ БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СВИНОМАТОК РІЗНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЦІННОСТІ

Анотація

У статті наведено результати досліджень тривалості життя, тривалості племінного використання та відтворювальних якостей свиноматок великої білої породи французької селекції різної експлуатаційної цінності; на основі одержаних даних визначено економічну ефективність використання свиноматок високого (І піддослідна група), середнього (ІІ піддослідна група) та низького (ІІІ піддослідна група) рівня експлуатаційної цінності. Роботу виконано згідно з ПНД НААН № 30 «Система організаційно-технологічних рішень з адаптації тварин до зміни клімату за виробництва продукції тваринництва. Кліматично-адаптивне та органічне тваринництво». Результати досліджень свідчать, що свиноматки великої білої породи французької селекції характеризуються високими показниками тривалості життя (39,1 ± 0,94 міс), тривалості племінного використання (29,1 ± 0,80 міс), багатоплідності (11,2 ± 0,09 гол) та маси гнізда на час відлучення у віці 30 діб (76,0 ± 0,46 кг). Достовірну різницю між тваринами І (високий рівень експлуатаційної цінності) і ІІІ (низький рівень експлуатаційної цінності) піддослідних груп установлено за тривалістю життя (18,7 міс; td = 9,54), тривалістю племінного використання (19,7 міс;

© Бордун О. М., Халак В. І., Ільченко М. О., Фесенко О. Г., Шаферівський Б. С., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

td = 13,77), кількістю одержаних опоросів (4,0; td = 25,00), кількістю одержаних живих поросят (51,7 гол; td = 29,37), багатоплідністю (1,2 гол; td = 5,21), масою гнізда на час відлучення у віці 30 діб (4,7 кг; td = 3,01), масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб (11,8 кг; td = 3,24), індексом М.Д. Березовського (4,18 бала; td = 8,15). Максимальний показник збереженості поросят до відлучення у віці 30 діб (92,4 ± 1,03 %) виявлено у свиноматок ІІІ піддослідної групи. Кількість достовірних коефіцієнтів парної кореляції між адаптивно-продуктивним індексом (Kh_1), тривалістю життя, тривалістю племінного використання та відтворювальними якостями свиноматок становить 100,0 %; такий біометричний показник коливається у межах від –0,363 (tr = 5,67) до +0,990 (tr = 518,76). Максимальну прибавку додаткової продукції одержано від свиноматок І піддослідної групи (високий рівень експлуатаційної цінності); вона становить +4,27 %, а її вартість дорівнює +212,51 грн/гол/опорос. Критерієм відбору свиноматок провідної групи за індексом Kh_1 є його значення на рівні 84,03–137,98 бала.

Ключові слова: *свиноматка, порода, тривалість життя, тривалість племінного використання, експлуатаційна цінність, відтворювальні якості, вартість додаткової продукції, кореляція.*

Вступ. Результати науково-дослідної роботи вітчизняних учених та досвід спеціалістів агроформувань свідчать, що важливими біологічними особливостями свиней є кількісні ознаки, які характеризують їх експлуатаційну цінність та продуктивні якості [1; 3; 5; 7–9; 10; 11; 13; 15; 18–20]. Так, результати досліджень О. І. Дудки свідчать, що свиноматки української степової рябої породи краще адаптуються до умов розведення та зовнішнього середовища [4]. Підтвердженням цьому є збільшення тривалості життя та племінного використання свиноматок основного стада і зменшення величини індексу адаптації. Тривалість життя свиноматок української степової білої породи становить 35,7 міс., тривалість племінного використання – 21,9 міс., індекс адаптації – 37,7 бала. Автори зазначають, що високий рівень пристосованості генотипів досліджуваних порід до умов вирощування підтверджують і результати оцінки їхньої експлуатаційної цінності. У розрахунку на одну свиноматку за всіма життєздатними поросятами вона становить 22,3–35,3 гол. і відповідає вимогам категорії «середній рівень» згідно зі шкалою оцінки експлуатаційної цінності свиноматок.

Таким чином, розробка ефективних методів оцінки експлуатаційної цінності свиней різних порід та походження, а також дослідження ефективності їх використання є важливим напрямом роботи для науковців і спеціалістів агроформувань. Зазначене визначає актуальність та вектор нашої роботи.

Мета роботи – дослідити тривалість життя, тривалість племінного використання та відтворювальні якості свиноматок великої білої породи французької селекції різної експлуатаційної цінності; на основі одержаних даних визначити економічну ефективність використання свиноматок піддослідних груп (І – високий рівень експлуатаційної цінності, ІІ – середній рівень експлуатаційної цінності, ІІІ – низький рівень експлуатаційної цінності).

Матеріал і методи. Експериментальну частину роботи та аналіз даних проведено в умовах племінного репродуктора з розведення свиней великої білої породи ДП «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН», лабораторії тваринництва ДУ Інститут зернових культур НААН та лабораторії тваринництва і кормовиробництва Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН. Науково-дослідну роботу виконано згідно з програмою наукових досліджень Національної академії аграрних наук України № 30 «Система організаційно-технологічних рішень з адаптації тварин до зміни клімату за виробництва продукції тваринництва. Кліматично-адаптивне та органічне тваринництво».

Для досягнення мети у свиноматок підконтрольної популяції досліджували такі кількісні ознаки: тривалість життя (від народження до дати останнього відлучення поросят, міс.), тривалість племінного використання (від дати І плідного осіменіння до дати останнього відлучення поросят, міс), одержано опоросів за період племінного використання усього, одержано живих поросят усього, гол.; багатоплідність, гол.; кількість поросят на час відлучення у віці 30 діб, гол.; маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб, кг; маса гнізда на час відлучення у віці 60 діб, кг; збереженість поросят до відлучення, %.

Масу гнізда у віці 60 діб визначали згідно з додатком 10 до пункту 4.4.7 Інструкції з бонітування свиней [10] у модифікації В. І. Халака [16] (табл. 1).

Комплексну оцінку свиноматки за відтворювальними якостями проводили за індексом М. Д. Березовського (1), експлуатаційну цінність тварин зазначеної виробничої групи – за методикою В. І. Халака (2, 3):

$$I = B + 2 \times W + 35 \times G, \quad (1)$$

де: I – індекс М. Д. Березовського, бала; B – кількість поросят під час народження, гол.; W – кількість відлучених поросят, гол.; G – середньодобовий приріст поросят до відлучення, кг [2];

$$Kh_1 = \left[\frac{(W \times P) + F}{G + F} \right] + N; \quad (2)$$

$$F = S + K, \quad (3)$$

де: Kh_1 – індекс «експлуатаційна цінність свиноматки», бала; W – тривалість племінного використання свиноматки, міс.; G – тривалість життя свиноматки, міс.; P – кількість одержаних опоросів; S – тривалість сервіс-періоду, діб; K – тривалість періоду від дати осіменіння до встановлення поросності свиноматки шляхом ультразвукової діагностики (УЗД), діб, N – одержано живих поросят усього, гол. [17].

Таблиця 1. Поправні коефіцієнти коригування маси гнізда поросят на час відлучення у віці 60 діб

Вік на час відлучення, діб	Коефіцієнт	Вік на час відлучення, діб	Коефіцієнт
21	3,000	41	1,708
22	2,976	42	1,656
23	2,952	43	1,604
24	2,928	44	1,552
25	2,904	45	1,500
26	2,880	46	1,460
27	2,804	47	1,420
28	2,728	48	1,380
29	2,652	49	1,340
30	2,500	50	1,300
31	2,428	51	1,275
32	2,356	52	1,250
33	2,284	53	1,225
34	2,212	54	1,200
35	2,140	55	1,150
36	2,064	56	1,120
37	1,988	57	1,090
38	1,912	58	1,060
39	1,836	59	1,030
40	1,760	60	1,000

Формування свиноматок піддослідних груп проводили за такою схемою. До І піддослідної групи належали тварини, у яких індекс Kh_1 дорівнює $X + (0{,}67 \times \sigma)$ (високий рівень експлуатаційної цінності), ІІ – $X \pm (0{,}67 \times \sigma)$ (середній рівень експлуатаційної цінності), ІІІ група – $X - (0{,}67 \times \sigma)$ (низький рівень експлуатаційної цінності).

Економічну ефективність використання свиноматок різної експлуатаційної цінності визначали за методикою, наведеною у роботі В. І. Ладики та ін. [14].

Біометричну обробку результатів досліджень здійснювали за загальноприйнятими методиками з використанням програмованого модуля «Аналіз даних» у Microsoft Excel. Статистичні помилки для середньої арифметичної (4), середнього квадратичного відхилення (5), коефіцієнта варіації (6) та коефіцієнта кореляції (7) розраховували за такими формулами:

$$S_{\bar{o}} = \pm\frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad (4)$$

$$S_{\sigma} = \pm\frac{\sigma}{\sqrt{2_n}}; \quad (5)$$

$$S_{C_v} = \pm\frac{C_v}{\sqrt{2_n}}; \quad (6)$$

$$S_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}, \quad (7)$$

де: n – об'єм вибірки; σ – середнє квадратичне відхилення; C_v – коефіцієнт варіації [6; 12].

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз одержаних даних свідчить, що тривалість життя свиноматок, відібраних для дослідження, (n = 184) становить 39,0 ± 0,94 міс. (C_v = 32,88 %), тривалість племінного використання – 29,4 ± 0,80 міс. (C_v = 36,97 %). За період племінного використання від тварин зазначеної виробничої групи одержано 5,6 ± 0,13 опоросів (C_v = 31,64 %), живих поросят усього – 63,3 ± 1,60 гол. (C_v = 34,42 %). Тривалість сервіс-періоду становить 15,1 ± 1,14 діб (C_v = 76,12 %), багатоплідність свиноматок – 11,2 ± 0,09 гол. (C_v = 11,35 %), кількість поросят на час відлучення у віці 30,6 ± 0,05 діб – 10,1 ± 0,06 гол. (C_v = 8,42 %), маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб – 76,1 ± 0,46 кг (C_v = 8,42 %), маса гнізда на час відлучення у віці 60 діб – 191,7 ± 1,24 кг (C_v = 8,78 %), збереженість поросят до відлучення – 90,4 ± 0,51 %, індекс М. Д. Березовського – 38,68 ± 0,186 бала (C_v = 6,52 %), Kh_1 – 68,61 ± 1,660 бала (C_v = 32,83 %).

Результати досліджень тривалості життя, тривалості племінного використання, а також відтворювальних якостей свиноматок різної експлуатаційної цінності наведено у таблиці 2.

Установлено, що свиноматки І піддослідної групи переважали тварин ІІ і ІІІ за тривалістю життя на 11,4 (td = 7,86; P < 0,001) і 18,7 міс. (td = 9,54; P < 0,001), тривалістю племінного використання – на 12,1 (td = 8,70; P < 0,001) і 19,7 міс. (td = 13,77; P < 0,001), кількістю одержаних опоросів – на 2,5 (td = 15,62; P < 0,001) і 4

(*td* = 25,00; *P* < 0,001), кількістю одержаних живих поросят – на 30,2 (*td* = 16,32; *P* < 0,001) і 51,7 гол. (*td* = 29,37; *P* < 0,001).

Таблиця 2. Тривалість життя, тривалість племінного використання та відтворювальні якості свиноматок великої білої породи французької селекції різної експлуатаційної цінності

Показники, одиниці виміру	Біометричні показники	Індекс «експлуатаційна цінність свиноматки» (Kh_1), бала		
		84,03–137,98	53,81–83,25	15,91–53,45
		Група		
		I	II	III
	N	48	75	61
Тривалість життя, міс	$X \pm Sx$	49,9 ± 0,87	38,5 ± 1,17	31,2 ± 1,76
	$\sigma \pm S_\sigma$	6,08 ± 0,621	10,21 ± 0,834	13,75 ± 1,245
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	12,18 ± 1,244	26,51 ± 2,165	44,07 ± 3,991
Тривалість племінного використання, міс	$X \pm Sx$	40,9 ± 1,16	28,8 ± 0,78	21,1 ± 1,11
	$\sigma \pm S_\sigma$	8,05 ± 0,822	6,82 ± 0,557	8,68 ± 0,786
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	19,68 ± 2,010	23,68 ± 1,934	41,13 ± 3,725
Одержано опоросів усього	$X \pm Sx$	7,9 ± 0,14	5,4 ± 0,09	3,9 ± 0,08
	$\sigma \pm S_\sigma$	1,00 ± 0,102	0,84 ± 0,068	0,70 ± 0,063
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	12,65 ± 1,292	15,55 ± 1,270	17,94 ± 1,625
Одержано живих поросят усього, гол.	$X \pm Sx$	92,7 ± 1,49	62,5 ± 1,10	41,0 ± 0,94
	$\sigma \pm S_\sigma$	10,34 ± 1,056	9,53 ± 0,778	7,38 ± 0,668
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	11,15 ± 1,138	15,24 ± 1,245	18,00 ± 1,630
Багатоплідність, гол.	$X \pm Sx$	11,7 ± 0,15	11,5 ± 0,12	10,5 ± 0,18
	$\sigma \pm S_\sigma$	1,05 ± 0,107	1,06 ± 0,086	1,42 ± 0,128
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	8,97 ± 0,916	9,21 ± 0,752	13,52 ± 1,224
± до класу еліта, гол	–	*+0,7*	*+0,5*	*–0,5*
Кількість поросят на час відлучення у віці 30 діб, гол.	$X \pm Sx$	10,3 ± 0,16	10,3 ± 0,08	9,7 ± 0,12
	$\sigma \pm S_\sigma$	1,15 ± 0,117	0,76 ± 0,062	0,93 ± 0,084
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	11,16 ± 1,139	7,37 ± 0,602	9,58 ± 0,867
Маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб, кг	$X \pm Sx$	79,5 ± 1,34	76,4 ± 0,65	74,8 ± 0,81
	$\sigma \pm S_\sigma$	8,76 ± 0,894	5,75 ± 0,469	6,37 ± 0,576
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	11,01 ± 0,743	7,52 ± 0,614	8,51 ± 0,770
Маса гнізда на час відлучення у віці 60 діб, кг	$X \pm Sx$	198,8 ± 2,88	191,2 ± 1,60	187,0 ± 2,23
	$\sigma \pm S_\sigma$	18,70 ± 1,910	13,87 ± 1,133	17,44 ± 1,579
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	9,40 ± 0,960	7,25 ± 0,592	9,32 ± 0,844
± до класу еліта, кг	–	*+18,8*	*+11,2*	*+7,0*
Збереженість поросят до відлучення, %	$X \pm Sx$	88,0 ± 1,62	91,1 ± 0,58	92,4 ± 1,03
Індекс М. Д. Березовського, бала	$X \pm Sx$	40,57 ± 0,375	38,33 ± 0,258	36,39 ± 0,351
	$\sigma \pm S_\sigma$	2,59 ± 0,264	2,23 ± 0,182	2,74 ± 0,248
	$C_v \pm S_{Cv}$, %	6,38 ± 0,651	5,81 ± 0,474	7,52 ± 0,681

Різниця між тваринами зазначених груп за багатоплідністю становить 0,2 (*td* = 1,05; *P* > 0,05) і 1,2 гол. (*td* = 5,21; *P* < 0,01), масою гнізда на час відлучення у віці 30 діб – 3,1 (*td* = 2,09; *P* < 0,05) і 4,7 кг (*td* = 3,01; *P* < 0,01), масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб – 7,6 (*td* = 2,31; *P* < 0,05) і 11,8 кг (*td* = 3,24; *P* < 0,01), індексом М. Д. Березовського – 2,24 (*td* = 4,95; *P* < 0,001) і 4,18 бала (*td* = 8,15; *P* < 0,001).

Проведений біометричний аналіз свідчить, що коефіцієнт парної кореляції між індексом «експлуатаційна цінність свиноматки» (Kh_1), тривалістю життя, тривалістю племінного використання та відтворювальними якостями свиноматок різної експлуатаційної цінності коливається у межах від –0,363 ± 0,0640 (*tr* = 5,67; *P* < 0,001) до +0,990 ± 0,0015; (*tr* = 518,76; *P* < 0,001) (табл. 3).

Достовірні коефіцієнти парної кореляції встановлено між такими парами ознак: Kh_1 × тривалість життя свиноматок (*r* = +0,596, *tr* = 12,54), Kh_1 × тривалість племінного використання свиноматок (*r* = +0,759, *tr* = 24,30), Kh_1 × одержано опоросів (*r* = +0,944; *tr* = 116,56), Kh_1 × одержано живих поросят (*r* = +0,990, *tr* = 654,59). Kh_1 × багатоплідність (*r* = +0,411; *tr* = 6,71), Kh_1 × кількість поросят на час відлучення у віці 30 діб (*r* = –0,244; *tr* = 3,52), Kh_1 × маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб (*r* = +0,206; *tr* = 2,92); Kh_1 × збереженість поросят до відлучення у віці 30 діб (*r* = –3,363; *tr* = 5,67).

Таблиця 3. Рівень кореляційних між індексом «експлуатаційна цінність свиноматки» (Kh_1), тривалістю життя, тривалістю племінного використання та відтворювальними якостями у свиноматок великої білої породи французької селекції, n = 184

Ознака		Біометричні показники		
x	***y***	***r* ± *Sr***	***Tr***	***P***
Індекс «експлуатаційна цінність свиноматки» (Kh_1), бала	1	+0,596 ± 0,0475	12,54	<0,001
	2	+0,759 ± 0,0312	24,30	<0,001
	3	+0,944 ± 0,0081	116,56	<0,001
	4	+0,990 ± 0,0015	674,59	<0,001
	5	+0,411 ± 0,0613	6,71	<0,001
	6	-0,244 ± 0,0694	3,52	<0,001
	7	+0,206 ± 0,0706	2,92	<0,01
	8	–0,363 ± 0,0640	5,67	<0,001

Примітка: 1 – тривалість життя, міс.; 2 – тривалість племінного використання, міс.; 3 – одержано опоросів усього; 4 – одержано живих поросят усього, гол.; 5 – багатоплідність, гол.; 6 – кількість поросят на час відлучення у віці 30 діб, гол.; 7 – маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб, кг; 8 – збереженість поросят до відлучення у віці 30 діб, %

Розрахунок економічної ефективності результатів досліджень свідчить, що максимальну прибавку додаткової продукції одержано від свиноматок I піддослідної групи (табл. 4).

Таблиця 4. Економічна ефективність використання свиноматок піддослідних груп

Група	Kh_1, бала	Рівень експлуатаційної цінності	Маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб, кг	± до середньопопуляційного значення	Вартість додаткової продукції, грн/гол./ опорос
III	15,91–53,45	низький	74,8 ± 0,81	–1,71	–85,10
II	53,81–83,25	середній	76,4 ± 0,65	+0,39	+19,41
I	84,03–137,98	високий	79,5 ± 1,34	+4,27	+212,51

Примітка: * – ціна реалізації молодняку свиней на час проведення експериментальної частини науково-дослідної роботи дорівнювала 87,2 гривень за 1 кг живої маси.

Прибавка додаткової продукції у тварин зазначеної групи дорівнює +4,27 %, а її вартість становить 212,51 грн/гол./опорос.

Висновки.

1. Результати досліджень свідчать, що свиноматки великої білої породи французької селекції характеризуються високими показниками довгострокової адаптації (тривалість життя становить 39,1 ± 0,94 міс.; тривалість племінного використання – 29,1 ± 0,80 міс.) та відтворювальних якостей (багатоплідність становить – 11,2 ± 0,09 гол.; маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб – 76,0 ± 0,46 кг).

2. Достовірну різницю між тваринами I (високий рівень експлуатаційної цінності) і III (низький рівень експлуатаційної цінності) піддослідних груп установлено за тривалістю життя (на 18,7 міс.; td = 9,54), тривалістю племінного використання (19,7 міс.; td = 13,77), кількістю одержаних опоросів (на 4,0; td = 25,00), кількістю одержаних живих поросят (на 51,7 гол.; td = 29,37), багатоплідністю (на 1,2 гол.; td = 5,21), масою гнізда на час відлучення у віці 30 діб (на 4,7 кг; td = 3,01), масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб (на 11,8 кг; td = 3,24), індексом М. Д. Березовського (на 4,18 бала; td = 8,15).

3. Максимальний показник збереженості поросят до відлучення у віці 30 діб (92,4 ± 1,03 %) виявлено у свиноматок III піддослідної групи (низький рівень експлуатаційної цінності).

4. Кількість достовірних коефіцієнтів парної кореляції між адаптивно-продуктивним індексом (Kh_1), тривалістю життя, тривалістю племінного використання та відтворювальними якостями свиноматок становить 100,0 %; такий біометричний показник коливається у межах від –0,363 (tr = 5,67) до +0,990 (tr = 518,76).

5. Установлено, що максимальну прибавку додаткової продукції одержано від свиноматок I піддослідної групи (високий рівень експлуатаційної цінності); вона становить +4,27 %, а її вартість дорівнює +212,51 грн/гол./опорос. Критерієм відбору свиноматок провідної групи за індексом Kh_1 є його значення на рівні 84,03–137,98 бала.

6. Перспективи подальшої науково-дослідної роботи передбачають проведення досліджень експлуатаційної цінності свиноматок великої білої породи та породи ландрас французької селекції з урахуванням їх генотипу за геном рецептора меланокортину (MC4R) та гена естрагенового рецептора (ESR1).

Список використаних джерел

1. Буслик Т. В., Ільченко М. О., Олійниченко Є. К., Баньковська І. Б., Балацький В. М. Вплив поліморфізму гена катепсину F на якість м'яса свиней великої білої породи української селекції. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин*. 2018. Вип. 19, № 2. С. 280–285.
2. Ващенко П. А. Прогнозування племінної цінності свиней на основі лінійних моделей, селекційних індексів та ДНК-маркерів : дис. док. с.-г наук : 06.02.01. Миколаїв, 2019. 369 с.
3. Волошинов В., Гутий Б., Шостя А., Усенко С., Слинько В, Фесенко О., Іжболдіна О. Морфологічний склад туш свиней данського та канадського походження та вплив статі та передзабійної ваги на їх якість. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія : Сільськогосподарські науки*. 2024, 26 (101), 182–193. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10130
4. Дудка О.І. Адаптаційна здатність та експлуатаційна цінність свиноматок генофондових стад. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*, 2020. Вип. 13. С. 245–256. https://doi.org/10.33694/2617-0787-2020-1-13-245-256
5. Дудка О. І., Кудрик Н. А. Збереження мінливості в популяціях свиней генофондових стад. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*, 2023. Вип. 16. С. 112–120. https://doi.org/10.33694/2617-0787-2023-1-16-112-120
6. Коваленко В. П., Халак В. І., Нежлукченко Т. І., Папакіна Н. С. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці : навчальний посібник з генетики сільськогосподарських тварин. Херсон : Олді, 2010. 160 с.
7. Коробань М. П., Лихач В. Я. Забійні та м'ясні якості молодняку свиней сучасних генотипів за різних вагових кондицій в умовах промислової технології. *Таврійський науковий вісник. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2024. Вип. 135. Ч. 1. С. 178–188. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.24
8. Лихач А. В., Лихач В. Я. Підвищення ефективності промислового виробництва свинини на основі використання етологічних факторів : монографія. Миколаїв : Іліон, 2023. 422 с.
9. Лихач В. Я., Луговий С. І., Топіха В. С., Калиниченко Г. І., Коваль О. А., Трибрат Р. О. Технологія виробництва продукції свинарства. Миколаїв, 2018. 103 с.
10. Мельник Ю. Ф., Пищолка В. А., Литовченко А. М., Білоус О. В., Вишневський Л. В., Кудрявська Н. В., Чорна О. О., Рибалко В. П., Березовський М. Д., Войтенко С. Л., Хатько І. В., Гришина Л. П., Цицюрський Л. М. Інструкція з бонітування свиней; Інструкція з ведення племінного обліку у свинарстві. Київ : Київський університет, 2003. 64 с.
11. Михалко О. Г., Повод М. Г., Кохана Л. Д., Плечко О. С. Відгодівельні та забійні якості свиней ірландського походження за різної інтенсивності росту на відгодівлі. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2020. Вип. 4. С. 50–58. https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8
12. Петровська І. Р., Салига Ю. Т., Вудмаска І. В. Статистичні методи в біологічних дослідженнях : навчально-методичний посібник. Київ : Аграрна наука, 2022. 172 с.
13. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник / М. Повод та ін. ; за ред. М. Повода. Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.
14. Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва: підручник для аспірантів / Ладика В. І. та ін. ; за ред. В. І. Ладики, Одеса : Олді+. 2023. 244 с.
15. Халак В. І., Гутий Б. В. Відтворювальні якості та економічна ефективність використання свиноматок різного рівня адаптації та експлуатаційної цінності. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 8(833). С. 51–59.
16. Халак В. І. Адаптація та відтворювальна здатність свиноматок великої білої породи різного походження. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. Суми, 2009. Вип. 10 (16). С. 126–130.
17. Khalak V. I. A new method for assessing the operational value of sows. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 2025. 8(1), 3–7. https://doi.org/10.32718/ujvas8-1.01
18. Khalak V. I., Ivanina O. P. Fattening and Meat Qualities of the Different Genotypes Large White Breed Young Pigs for the Gene MC4R Melanocortin Receptor and their Relationship with Some Biochemical Parameters of Blood Serum. In *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 2021. Vol. 24, Issue 6, pp. 47–60.
19. Kim K. I., Lee J. H., Li K., Zhang Y. P., Lee S. S., Gongora J., Moran C. Phylogenetic relationships of Asian and European pig breeds determined by mitochondrial DNA D-loop sequence polymorphism. *Anim Genet*. 2002. Vol. 33. Is. 1. P. 19–25. https://doi.org/10.1046/j.1365-2052.2002.00784.x
20. Pocherniayev K.F. Genetic structure of Ukrainian Large White pigs, estimated using mitochondrial DNA-markers. *Agricultural Science and Practice*. 2016. Vol. 3(1). P. 61–65. 2016. https://doi.org/10.15407/agrisp3.01.061.

Bordun O. M.
Candidate of Agricultural Sciences,
Head of the Animal Husbandry and Fodder Production Laboratory Institute of Agriculture of the North East of the National Academy of Sciences
Sad, Sumy District, Sumy Region, Ukraine
E-mail: *alexandrbordun777@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-6144-771X*

Khalak V. I.
Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Animal Husbandry Laboratory,
State Institution Institute of Grain Crops of NAAS of Ukraine
Dnipro, Ukraine
E-mail: *v16kh91@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4384-6394*

Ilchenko M. O.
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Associate Professor at the Department of Biology of Animal Productivity named after Academician O. V. Kvasnytskyi,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine
E-mail: *mariia1984poltava@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-0163-1384*

Fesenko O. G.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Biology of Animal Productivity named after Academician O. V. Kvasnytskyi,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine
E-mail: *oksana.fesenko@pdau.edu.ua*
ORCID: *0009-0006-5047-7781*

Shaferivskyi B. S.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Biology of Animal Productivity named after Academician O. V. Kvasnytskyi,
Poltava State Agrarian University,
Poltava, Ukraine
E-mail: *bogdan.shaferivskyi@pdau.edu.ua*
ORCID: *0000-0001-5742-5016*

SOME BIOLOGICAL FEATURES AND ECONOMIC EFFICIENCY OF USING SOWS OF DIFFERENT EXPLOITATION VALUE

Abstract

The article presents the results of studies on the lifespan, duration of breeding use, and reproductive qualities of sows of the Large White breed of French selection of various productive value; based on the data obtained, the economic efficiency of using sows of high (I experimental group), medium (II experimental group) and low (III experimental group) levels of productive value was determined. The work was carried out in accordance with the PND of the NAAS No. 30 "System of organizational and technological solutions for the adaptation of animals to climate change during the production of livestock products. Climatically adaptive and organic livestock farming. The results of the research show that sows of the Large White breed of French selection are characterized by high life expectancy (39.1 ± 0.94 months), duration of breeding use (29.1 ± 0.80 months), multiparity (11.2 ± 0.09 goals) and nest mass at the time of weaning at the age of 30 days (76.0 ± 0.46 kg). A significant difference between animals of the I (high level of exploitation value) and III (low level of operational value) experimental groups was established in terms of life expectancy (18.7 months; td = 9.54), duration of breeding use (19.7 months; td = 13.77), number of farrowings received (4.0; td = 25.00), the number of live piglets obtained (51.7 goals; td = 29.37), multiparity (1.2 goals; td = 5.21), the mass of the nest at the time of weaning at the age of 30 days (4.7 kg; td = 3.01), the mass of the nest at the time of weaning at the age of 60 days (11.8 kg; td = 3.24), the M. D. Berezovsky index (4.18 points; td = 8.15). The maximum survival rate of piglets before weaning at the age of 30 days (92.4 ± 1.03 %) was found in sows of the third experimental group. The number of reliable pairwise correlation coefficients between the adaptive-productive index (Kh_1), lifespan, duration of breeding use and reproductive qualities of sows is 100.0 %; this biometric indicator ranges from –0.363 (tr = 5.67) to +0.990 (tr = 518.76). The maximum increase in additional production was obtained from sows of the first experimental group (high level of productive value); it is +4.27 %, and its cost is +212.51 UAH/head/farrowing. The criterion for selecting sows of the leading group according to the Kh1 index is its value at the level of 84.03–137.98 points.

Key words: *sow, breed, lifespan, duration of breeding use, productive value, reproductive qualities, value of additional production, correlation.*

References

1. Buslyk, T. V., Ilchenko, M. O., Oliinychenko, Ye. K., Bankovska, I. B., Balatskyi, V. M. (2018). Vplyv polimorfizmu hena katepsynu F na yakist miasa svynei velykoi biloi porody ukrainskoi selektsii [The influence of polymorphism of the cathepsin F gene on the meat quality of Ukrainian Large White pigs]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu biolohii tvaryn*. Vyp. 19, № 2. S. 280–285 [in Ukrainian].

2. Vashchenko, P. A. (2019). Prohnozuvannia pleminnoi tsinnosti svynei na osnovi liniinykh modelei selektsiinykh indeksiv ta DNK-markeriv: avtoref. dys.... dra s.-h. nauk: 06.02.01. Mykolaiv [in Ukrainian].

3. Voloshynov, V., Hutyi, B., Shostia, A., Usenko, S., Slynko, V, Fesenko, O., Izhboldina, O. (2024). Morfolohichnyi sklad tush svynei danskoho ta kanadskoho pokhodzhennia ta vplyv stati ta peredzabiinoi vahy na yikh yakist [Morphological composition of pig carcasses of Danish and Canadian origin and the influence of sex and pre-slaughter weight on their quality]. *Naukovyi visnyk LNU veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Seriia: Silskohospodarski nauky*, 26 (101), 182–193. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10130 [in Ukrainian].

4. Dudka, O.I. (2020). Adaptatsiina zdatnist ta ekspluatatsiina tsinnist svynomatok henofondovykh stad [Adaptability and operational value of sows of gene pool herds]. *Naukovyi visnyk "Askaniia–Nova"*, 13, 245–256. https://doi.org/10.33694/2617-0787-2020-1-13-245-256 [in Ukrainian].

5. Dudka, O. I., Kudryk, N. A. (2023). Zberezhennia minlyvosti v populiatsiiakh svynei henofondovykh stad [Preservation of variability in pig populations of gene pool herds]. *Naukovyi visnyk "Askaniia-Nova"*. Vyp. 16. S. 112–120. https://doi.org/10.33694/2617-0787-2023-1-16-112-120 [in Ukrainian].

6. Kovalenko, V. P., Khalak, V. I., Nezhlukchenko, T. I., Papakina, N. S. (2010). Biometrychnyi analiz minlyvosti oznak silskohospodarskykh tvaryn i ptytsi [Biometric analysis of the variability of characteristics of agricultural animals and poultry]. Educational manual on the genetics of agricultural animals. Kherson: Oldi+, 160 p. [in Ukrainian].

7. Koroban, M. P., Lykhach, V. Ia. (2024). Zabiini ta miasni yakosti molodniaku svynei suchasnykh henotypiv za riznykh vahovykh kondytsii v umovakh promyslovoi tekhnolohii [Slaughter and meat qualities of young pigs of modern genotypes at different weight conditions in industrial technology]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia "Silskohospodarski nauky"*. Vyp. 135. Ch. 1. S. 178–188. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.24 [in Ukrainian].

8. Lykhach, A. V., Lykhach, V. Ya. (2023). Pidvyshchennia efektyvnosti promyslovoho vyrobnytstva svynyny na osnovi vykorystannia etolohichnykh faktoriv: monohrafiia [Improving the efficiency of commercial pork production based on various etological factors: monograph]. Mykolaiv : Ilion. 422 s.

9. Lykhach, V. Ya., Luhovyi, S. I., Luhovoi, S. Y., Topikha, V. S., Kalynychenko, H. I., & Trybrat, R. O. (2018). Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva [Pig farming production technology]. Mykolaiv [in Ukrainian].

10. Melnyk, Yu. F., Pyshcholka, V. A., Lytovchenko, A. M., Bilous, O. V., Vyshnevskyi, L. V., Kudriavska, N. V., Chorna, O. O., Rybalko, V. P., Berezovskyi, M. D., Voitenko, S. L., Khatko, I. V., Hryshyna, L. P., Tsytsiurskyi, L. M. (2003). Instruktsiia z bonituvannia svynei; Instruktsiia z vedennia pleminnoho obliku u svynarstvi [Instructions for the sounding of pigs; Instructions for keeping pedigree records in pig breeding]. Kyiv : "Kyivskyi universytet", 64 s. [in Ukrainian].

11. Mykhalko, O. H., Povod, M. H., Kokhana, L. D., Plechko, O. S. (2020). Vidhodivelni ta zabiini yakosti svynei irlandskoho pokhodzhennia za riznoi intensyvnosti rostu na vidhodivli [Fattening and slaughter qualities of pigs of Irish origin at different growth intensities in the fattening area]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia "Tvarynnytstvo"*. Vyp. 4. S. 50–58. DOI: https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8 [in Ukrainian].

12. Petrovska, I. R., Salyha, Yu. T., Vudmaska, I. V. (2022). Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenniakh: navchalno-metodychnyi posibnyk [Statistical methods in biological research: educational and methodological manual]. Kyiv : Agrarian Science, 172 p. [in Ukrainian].

13. Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva: navchalnyi posibnyk [Technology production pig products: a textbook] / M. Povod ta in.; za red. M. Povoda. Kyiv : Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO, 2021. 360 s. [in Ukrainian].

14. Tekhnolohiia vyrobnytstva ta pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv (2023) [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]. / Ladyka, V. I., etc. Edited by V. I. Ladyka and L. M. Khmelnychyi, Odesa: Oldi+. p. 244. [in Ukrainian].

15. Khalak, V. I., Hutyi, B. V. (2022). Vidtvoriuvalni yakosti ta ekonomichna efektyvnist vykorystannia svynomatok riznoho rivnia adaptatsii ta ekspluatatsiinoi tsinnosti [Reproductive qualities and economic efficiency of using sows of different levels of adaptation and operational value]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. № 8(833). S. 51–59 [in Ukrainian].

16. Khalak, V.I. (2009). Adaptatsiia ta vidtvoriuvalna zdatnist svynomatok velykoi biloi porody riznoho pokhodzhennia [Adaptation and reproductive capacity of sows of the large white breed of different origins]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia "Tvarynnytstvo"*, 10(16), 126–130 [in Ukrainian].

17. Khalak, V. I. (2025). A new method for assessing the operational value of sows. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 8(1), 3–7. https://doi.org/10.32718/ujvas8-1.01 [in Ukrainian].

18. Khalak, V. I. &. Ivanina, O. P. (2021). Fattening and Meat Qualities of the Different Genotypes Large White Breed Young Pigs for the Gene MC4R Melanocortin Receptor and their Relationship with Some Biochemical Parameters of Blood Serum. In *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans* (Vol. 24, Issue 6, pp. 47–60).

19. Kim, K. I., Lee, J. H., Li, K., Zhang, Y. P., Lee, S. S., Gongora, J., Moran, C. (2002). Phylogenetic relationships of Asian and European pig breeds determined by mitochondrial DNA D-loop sequence polymorphism. *Anim Genet*. Vol. 33. Is. 1. P. 19–25. https://doi.org/10.1046/j.1365-2052.2002.00784.x

20. Pocherniayev, K. F. (2016). Genetic structure of Ukrainian Large White pigs, estimated using mitochondrial DNA-markers. *Agricultural Science and Practice*. Vol. 3(1). P. 61–65. 2016. https://doi.org/10.15407/agrisp3.01.061

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 591.132.2:636.5:636.08.7
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-6

Бучковська В. І.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *vbutschk@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6574-8840*

Євстафієва Ю. М.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *pp.nika22@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5914-893X*

ОПТИМІЗАЦІЯ ГОДІВЛІ СВИНОМАТОК ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ

Анотація

Для свиней основним джерелом енергії і протеїну є рослинні корми. Одержати високу продуктивність на зернових злакових раціонах можна лише у разі додавання до них значної кількості білкових кормів тваринного походження та білково-вітамінно-мінеральних добавок. Потреба свиней порівняно з іншими видами тварин у мінеральних речовинах підвищена, що зумовлюється швидким їх ростом і високою відтворювальною здатністю. Мета наших досліджень – вивчити вплив комбікормів, виготовлених із місцевої сировини, та кормів тваринного походження, місцевої сировини, збагаченої БВМД «Probio-euro», і комбікорму заводського виробництва ТОВ «Vetko» на масу та продуктивність поросних і лактуючих свиноматок. Дослідження проводилися в умовах ПП «Калинський ключ» с. Калиня Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. Науково-господарський дослід проводили методом груп-аналогів на свиноматках великої білої породи. Годівля поросних свиноматок комбікормами, однаковими за поживністю, але різними за складом та технологією виготовлення, у відповідні фізіологічні періоди проявила схожу продуктивну дію на їх живу масу. Облік продуктивності піддослідних тварин здійснювали загальноприйнятими методами. Збагачення місцевих злакових кормів БВМД «Probio-euro» підвищує їх повноцінність за всіма поживними речовинами, що зумовлює вищу продуктивну дію корму, високу продуктивність свиноматок, ріст і розвиток поросят. Висока продуктивність годівлі свиноматок і поросят до 2-місячного віку досягається у разі використання комбікормів виробництва ТОВ «Vetko». Для забезпечення повноцінної годівлі свиноматок великої білої породи рекомендуємо використовувати БВМД «Probio-euro» виробництва ТОВ «Vetko». Під час виготовлення комбікормів із власних зернових злаків вводити до його складу 20 % для поросних, 25 % для лактуючих свиноматок.

Ключові слова: *годівля, корми, кормові добавки, свиноматки, продуктивність.*

Вступ. Для свиней основним джерелом енергії і протеїну є рослинні корми [4; 12]. Зернова частка їх у раціонах спеціалізованих господарств досягає 85–90 %. Відомо, що протеїн зерна злакових культур бідний на незамінні амінокислоти, кількість яких задовольняє 35–50 % потреб тварин, що порушує обмін речовин, знижує продуктивність, якість отриманої продукції та підвищує витрати корму на одиницю приросту [2; 10]. Отже, щоб підняти галузь свинарства у нашій країні насамперед необхідно розв'язати проблему значного дефіциту кормового білку. Частково покращити поживність зернових злаків можна за рахунок використання зерна бобових, гороху, кормових бобів, сої [3; 11]. Одержати високу продуктивність на зернових злакових раціонах можна лише у разі додавання до них значної кількості білкових кормів тваринного походження та білково-вітамінно-мінеральних добавок [7; 9].

Вирішення цього питання дозволить підвищити коефіцієнт використання енергії і протеїну корму на відкладення їх у тілі і на одних і тих же кормах збільшити виробництво і знизити собівартість свинини [5; 6; 8].

Висока продуктивність тварин проявляється лише тоді, коли раціони збалансовані за всіма поживними речовинами, у тому числі і мінеральними. Вміст мінеральних речовин становить близько 1 % маси тварини, у тому числі на мікроелементи припадає лише 2 % всієї золи організму, на кальцій і фосфор – 90 % і на інші речовини – 8 %. В організмі тварин і складі рослин виявлено до 70 елементів. У число необхідних для тварин входять 14 мінеральних елементів: кальцій, фосфор, магній, натрій, хлор, сірка, залізо, мідь, цинк, марганець, кобальт, йод, молібден. У недостатній кількості у раціонах свиней міститься 10 елементів: кальцій, фосфор, натрій, хлор, кобальт, залізо, мідь, цинк, магній, калій [5].

© Бучковська В. І., Євстафієва Ю. М., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Потреба свиней порівняно з іншими видами тварин у мінеральних речовинах підвищена, що зумовлюється швидким їх ростом і високою відтворювальною здатністю [3].

Мета наших досліджень – вивчити вплив комбікормів, виготовлених із місцевої сировини, та кормів тваринного походження, місцевої сировини, збагаченої БВМД «Probio-euro», і комбікорму заводського виробництва ТОВ «Vetko» на масу та продуктивність поросних і лактуючих свиноматок.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися в умовах ПП «Калинський ключ» с. Калиня Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. Науково-господарський дослід проводили методом груп-аналогів [1] на свиноматках великої білої породи. Схему досліду наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Схема науково-господарського досліду

Група тварин	Періоди досліду	
	зрівняльний	дослідний
I – контрольна	Годівля однакова (ОР)	– основний раціон (ОР) + корми тваринного походження
II – дослідна		80 % ОР + 20 % БВМД «Probio-euro» в період поросності; 75 % ОР + 25 % БВМД «Probio-euro» у період лактації свиноматок
III – дослідна		Годівля комбікормом виробництва ТОВ «Vetko»

Для формування дослідних груп було відібрано 18 свиноматок по 6 голів у кожній з урахуванням породності, живої маси, кількості попередніх опоросів, кількості сосків, багатоплідності, великоплідності, середньої маси поросят у 2-місячному віці [1].

Обліковий період починали після парування свиноматок і вели протягом періоду поросності і лактації до відлучення поросят у 60-денному віці. Годували свиноматок у відповідності до схеми проведення досліду, згідно з деталізованими нормами годівлі.

У період проведення досліду вели первинний облік, до якого входили такі елементи: кількість заданих кормів; зібрані залишки корму; кількість спожитих кормів; жива маса молодняку; середньодобовий приріст; витрати кормів на 1 кг приросту [1].

Облік продуктивності піддослідних тварин здійснювали загальноприйнятими методами. Весь цифровий матеріал опрацьований біометрично.

Рівень годівлі свиноматок змінювався залежно від періоду поросності, вгодованості та кількості поросят у гнізді. За період досліджень у розрахунку на одну голову поросним свиноматкам дослідних груп згодовано 313,59–324,90 кг комбікорму. У середньому щоденно тварини одержували по 2,75–2,85 кг натурального корму; 2,46–2,57 кг сухої речовини; 33,96–34,94 МДж обмінної енергії; 410–428 г сирого та 325–336 г перетравного протеїну таблиця 2.

Таблиця 2. Склад комбікормів для поросних та підсисних свиноматок, % за масою

Компонент	Поросні свиноматки			Підсисні свиноматки		
	Група тварин					
	I	II	III	I	II	III
Дерть пшенична	31,1	32,3	–	29,3	29,8	
Дерть ячмінна	42,5	42,4	–	39,0	39,8	–
Макуха соняшникова	19,8	–	–	24,4	–	–
БВМД «Probio-euro»	–	20,6	–	–	25,5	–
Комбікорм ТОВ «Vetko»	–	–	95,3	–	–	95,1
Борошно горохової соломи	4,7	4,7	4,7	4,9	4,9	4,9
Мінеральна підкормка	1,9	–	–	2,4	–	–
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Годівля поросних свиноматок комбікормами, однаковими за поживністю, але різними за складом та технологією виготовлення, у відповідні фізіологічні періоди проявила схожу продуктивну дію на їх живу масу (табл. 3).

Дані табл. 3 свідчать, що свиноматки всіх піддослідних груп на початку облікового періоду мали аналогічну середню живу масу – 186,5–188,8 кг.

Протягом 60 днів поросності їх маса збільшилася до 220–225 кг зі середньодобових приростів 588–628 г. Між першою і другою групами різниця у середньодобовому прирості у 20 г була несуттєвою; між першою і третьою групами – на 40 г ($P < 0,05$). До кінця періоду поросності середня жива маса свиноматок у кожній дослідній групі досягала 250–254 кг. Загальний приріст маси у контрольній групі становив 63,48 кг; у другій – 65,85 кг; третій – 65,5 кг. Різниця між крайніми варіантами (першої і другої груп) становила 3,7 %, що свідчить про нормальний ріст і розвиток тварин кожної дослідної групи.

Таблиця 3. Динаміка живої маси свиноматок у період поросності; $M \pm m$, $n = 6$

Показник	Група тварин		
	I	II	III
Жива маса на 3-й день після парування, кг	186,5 ± 1,32	187,4 ± 1,11	188,8 ± 0,68
Жива маса на 60-й день поросності, кг	220,03 ± 1,75	222,10 ± 1,44	224,62 ± 0,38
Абсолютний приріст, кг	33,53 ± 0,81	34,70 ± 0,68	35,82 ± 0,61
Середньодобовий приріст, г	588 ± 14,31	608 ± 12,05	628 ± 10,68
Жива маса на 105-й день поросності, кг	249,98 ± 1,49	253,25 ± 1,32	254,30 ± 0,96
Абсолютний приріст, кг	63,48 ± 0,97	65,85 ± 1,15	65,50 ± 1,15
Середньодобовий приріст, г	622 ± 9,48	645 ± 11,19	642 ± 11,17

Свиноматки контрольної групи за період поросності мали середньодобові прирости на рівні 622 г; другої – 645 г і третьої групи – 642 г. Вища ніж у першій групі енергія росту відзначена у тварин другої і третьої дослідних груп відповідно на 23 і 20 г.

За підсисний період свиноматки всіх груп втратили живу масу у межах фізіологічної норми (табл. 4).

Таблиця 4. Динаміка живої маси свиноматок у період лактації; $M \pm m$, $n = 6$

Показник	Група тварин		
	I	II	III
Жива маса на 5-й день після опоросу, кг	223,68 ± 1,28	231,08 ± 1,45	229,78 ± 1,47
Жива маса на 60-й день після опоросу, кг	192,73 ± 2,02	205,20 ± 1,98	206,46 ± 2,72
Втрата живої маси за період лактації:			
кг	30,95 ± 1,81	25,88 ± 2,81	23,32 ± 2,52
%	13,83 ± 0,80	11,20 ± 1,15	10,15 ± 1,08
Збільшення живої маси за репродуктивний цикл, кг	6,23 ± 1,58	17,80 ± 2,50	17,67 ± 2,50

Так, за період лактації втрати у живій масі свиноматок першої контрольної групи становили 30,95 кг, або 13,83 % від маси на 5-й день після опоросу; другої групи – 25,88 кг, або 11,20 %; третьої групи – 23,32 кг, або 10,15 %. Втрати живої маси у свиноматок другої групи були на 5,07 кг, а третьої на 7,63 кг ($P < 0,05$) менші, ніж у першій групі.

Як видно із наведених даних, рівень годівлі забезпечив оптимальну вагу свиноматок у поросний період та мінімальну втрату живої маси у підсисний період усіх дослідних груп. Комбікорми власного виробництва з добавкою БВМД «Probio-euro» і заводського виробництва ТОВ «Vetko» виявились більш повноцінними, ніж комбікорм, виготовлений з кормів власного виробництва і кормів тваринного походження.

Основною продуктивністю свиноматок є кількість народжених і відлучених поросят та їхня якість. У наших дослідах продуктивність свиноматок була висока (табл. 5). В усіх дослідних групах одержано високі показники багатоплідності – від 11,17 до 12,17 поросят за опорос. Найбільш висока багатоплідність відзначена у свиноматок третьої дослідної групи – 12,17 поросят. Проте достовірної різниці між групами не виявлено.

Загалом за дослід великоплідність (маса гнізда) становила від 14,07 до 15,70 кг. Середня жива маса одного поросяти під час народження становила 1,26–1,30 кг (у середині груп lim від 1,13 до 1,40 кг), суттєвої різниці за великоплідністю між групами не встановлено.

Жива маса під час народження є вихідною величиною, від якої йде подальший ріст і розвиток тварин. Доведено, що більш крупні під час народження поросята мають більшу життєздатність і інтенсивність росту. Зі збільшенням живої маси під час народження спостерігається тенденція до підвищення багатоплідності, молочності, маси гнізда у разі відлучення і виході поросят з гнізда у два місяці.

Висновки. Збагачення місцевих злакових кормів БВМД «Probio-euro» підвищує їх повноцінність за всіма поживними речовинами, що зумовлює вищу продуктивну дію корму, високу продуктивність свиноматок, ріст і розвиток поросят. Висока продуктивність годівлі свиноматок і поросят до 2-місячного віку досягається у разі використання комбікормів виробництва ТОВ «Vetko».

Для забезпечення повноцінної годівлі свиноматок великої білої породи рекомендуємо використовувати БВМД «Probio-euro» виробництва ТОВ «Vetko». У разі виготовлення комбікормів із власних зернових злаків вводити до його складу 20 % для поросних, 25 % для лактуючих свиноматок. Зважаючи на позитивний продуктивний ефект БМВД «Probio-euro», виробництва ТОВ «Vetko», надалі вважаємо за доцільне провести дослідження щодо вивчення впливу такої добавки на продуктивність інших статево-вікових груп свиней. Це дослідження дасть можливість більш раціонально використовувати корми та кормові добавки у господарствах.

Таблиця 5. Продуктивність свиноматок, ріст і збереження поросят до 2-місячного віку; $M \pm m$, $n = 6$

Показник	Біометричні константи	Група тварин		
		I	II	III
Багатоплідність, голів	$M \pm m$	11,17 ± 0,70	11,83 ± 0,48	12,17 ± 0,87
	Cv	15,42	9,88	17,56
Маса гнізда під час народження, кг	$M \pm m$	14,07 ± 0,54	15,38 ± 0,34	15,70 ± 0,74
	Cv	9,42	5,51	11,66
Середня маса одного поросяти під час народження, кг	$M \pm m$	1,26 ± 0,03	1,30 ± 0,03	1,29 ± 0,03
	Cv	5,68	4,84	6,13
У 21-денному віці: збереглося поросят, гол.	$M \pm m$	10,71 ± 0,54	11,67 ± 0,42	11,83 ± 0,70
	Cv	12,27	8,55	14,56
молочність, кг	$M \pm m$	64,60 ± 3,20	73,25 ± 1,57	72,30 ± 2,23
	Cv	12,14	5,23	7,55
середня маса одного поросяти, кг	$M \pm m$	6,03 ± 0,38	6,28 ± 0,21	6,11 ± 0,28
	Cv	15,50	8,28	10,89
У 60-денному віці: збереглося поросят, гол.	$M \pm m$	10,17 ± 0,48	11,17 ± 0,31	11,33 ± 0,49
	Cv	11,50	6,74	10,69
маса гнізда, кг	$M \pm m$	170,60 ± 4,84	203,48 ± 5,35	203,32 ± 7,84
	Cv	6,94	6,44	9,44
середня маса одного поросяти, кг	$M \pm m$	16,77 ± 0,43	18,22 ± 0,43	17,95 ± 0,39
	Cv	6,25	5,77	5,37

Список використаних джерел

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/6208/1/Analiz%20biometrychnykh%20danykh%20u%20rozvelenni%20ta%20selektsii%20tvaryn.pdf

2. Арапакі С. С., Сусол Р. Л. Розробка та впровадження елементів енергоощадної технології відгодівлі свиней в умовах обмежених кормових ресурсів. *«Синергія поколінь у розвитку аграрної науки – досвід, новації, стратегії»* : збірник тез Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів (18 вересня 2025 р., м. Полтава, Україна). Полтава, 2025. С. 9–14. https://doi.org/10.37143/Conf-3-18.09.2025

3. Бірта Г. О. Рівень використання поживних речовин корму та баланс азоту, кальцію, фосфору в організмі свиней. *Вісник Полтавської державної академії*. Електрон. наук. фахове вид. 2009. Вип. 1. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2009/01/06_r2_tvarinnictvo_1_2009.pdf

4. Боржак Т. М., Коробка А. В. Ферменти та їх властивості у травленні свиней. *«Синергія поколінь у розвитку аграрної науки – досвід, новації, стратегії»* : збірник тез Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів (18 вересня 2025 р., м. Полтава, Україна). Полтава, 2025. С. 26–29. https://doi.org/10.37143/Conf-3-18.09.2025

5. Бугай І. О. Сучасні методи годівлі лактуючих свиноматок з використанням інтелектуальних систем. *«Синергія поколінь у розвитку аграрної науки – досвід, новації, стратегії»* : збірник тез Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів (18 вересня 2025 р., м. Полтава, Україна). Полтава, 2025. С. 31–35. https://doi.org/10.37143/Conf-3-18.09.2025.

6. Використання комплексних кормових добавок у годівлі свиней з метою покращення їх продуктивності : методичні рекомендації / Зінов'єв С. Г. та ін., Інститут свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2025, 36 с.

7. Використання кормових добавок і комбікормів нового покоління у годівлі свиней та птиці : монографія / Чудак Р. А., Побережець Ю. М., Купчук І. М., Вугляр В. С. Вінниця : Твори, 2022. 248 с.

8. Дяченко Л. С., Сивик Т. Л., Титарьова О. М. Годівля свиней : навчальний посібник. Біла Церква, 2020. 53 с.

9. Лихач В. Я., Лихач А. В. Технологічні інновації у свинарстві : монографія. Київ : НУБіП України, 2020. 290 с.

10. Нове в технології виробництва та переробки продукції свинарства : монографія / Волощук В. М., Іванов В. О., Засуха Л. В.; Інститут свинарства і АПВ НААН. Полтава : ТОВ «Фірма «Техсервіс», 2023. 446 с.

11. Moisei I., Povod M., Mykhalko O., Povoznikov M., Gutyj B., Ievstafiieva Y., Buchkovska V. Effectiveness of rearing and fattening of low-weight piglets due to changes in their feeding systems. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2024. Vol. 24, Issue 3. P. 577–587. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_3/volume_24_3_2024.pdf

12. Povod M., Mykhalko O., Gutyj B., Ievstafiieva Y., Zasukha L., Buchkovska V., Verbelchuk S., Lavryniuk O., Moisei I. Productivity of Sows and Efficiency of Growing Piglets by Feeding Dry and Liquid Methods. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 2023. № 26 (6). P. 1–26. URL: https://jmabonline.com/en/article/HiM3LLvP9yZE7H8o06fG

Buchkovska V. I.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *vbutschk@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6574-8840*

Ievstafiieva Yu.. M.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *pp.nika22@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5914-893X*

OPTIMIZATION OF FEEDING OF LARGE WHITE BREED SOWS

Abstract

For pigs the main source of energy and protein is plant feed. High productivity on cereal grain diets can only be achieved by adding a significant amount of animal protein feed and protein-vitamin-mineral supplements to them. Compared to other animal species, pigs have a higher need for minerals, which is due to their rapid growth and high reproductive capacity. The aim of our research was to study the impact of compound feeds made from local raw materials and animal feed, local raw materials enriched with BVMD "Probio-euro", and compound feed manufactured by Vetko LLC on the weight and productivity of farrowing and lactating sows. The research was conducted in the conditions of the private enterprise "Kalynsky Klyuch", village of Kalynya, Kamianets-Podilskyi district, Khmelnytskyi region. The scientific and economic experiment was conducted using the group-analogue method on sows of the Large White breed. Feeding of farrowing sows with mixed feeds, identical in nutritional value but different in composition and manufacturing technology, during the corresponding physiological periods showed a similar productive effect on their live weight. The productivity of experimental animals was recorded using generally accepted methods. Enrichment of local cereal feeds with BVMD "Probio-euro" increases their nutritional value in terms of all nutrients, which leads to a higher productive effect of feed, high productivity of sows, growth and development of piglets. High feeding efficiency of sows and piglets up to 2 months of age is achieved by using compound feeds produced by Vetko LLC. To ensure full feeding of sows of the Large White breed, we recommend using Probio-euro BVMD produced by Vetko LLC. When making compound feed from your own grain cereals, add 20 % to its composition for farrowing sows and 25 % for lactating sows.

Key words: *feeding, feed, feed additives, sows, productivity.*

References

1. Kramarenko, S. S., Luhovyi, S. I., Lykhach, A. V., & Kramarenko, O. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn: navchalnyi posibnyk* [Biometric data analysis in animal breeding and selection: a training manual]. Mykolaiv [in Ukrainian].

2. Arapaki, S. S., & Susol, R. L. (2025). Rozrobka ta vprovadzhennia elementiv enerhooshchadnoi tekhnolohii vidhodivli svynei v umovakh obmezhenykh kormovykh resursiv [Development and implementation of energy-saving technology elements for fattening pigs in conditions of limited feed resources]. *"Synerhiia pokolin u rozvytku ahrarnoi nauky – dosvid, novatsii, stratehii"*: zbirnyk tez Mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh ta spetsialistiv (pp. 9–14). Poltava. https://doi.org/10.37143/Conf-3-18.09.2025 [in Ukrainian].

3. Birta, H. O. (2009). Riven vykorystannia pozhyvnykh rechovyn kormu ta balans azotu, kaltsiiu, fosforu v orhanizmi svynei [The level of utilization of feed nutrients and the balance of nitrogen, calcium, phosphorus in the body of pigs]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi akademii*. Elektron. nauk. fakhove vyd. 2009. Vyp. 1. Retrieved from: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2009/01/06_r2_tvarinnictvo_1_2009.pdf [in Ukrainian].

4. Borzhak, T. M., & Korobka, A. V. (2025). Fermenty ta yikh vlastyvosti u travlenni svynei [Enzymes and their properties in pig digestion]. *"Synerhiia pokolin u rozvytku ahrarnoi nauky – dosvid, novatsii, stratehii"*: zbirnyk tez Mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh ta spetsialistiv (pp. 26–29). Poltava. https://doi.org/10.37143/Conf-3-18.09.2025 [in Ukrainian].

5. Buhai, I. O. (2025). Suchasni metody hodivli laktuiuchykh svynomatok z vykorystanniam intelektualnykh system [Modern methods of feeding lactating sows using intelligent systems]. "*Synerhiia pokolin u rozvytku ahrarnoi nauky – dosvid, novatsii, stratehii"*: zbirnyk tez Mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh ta spetsialistiv (pp. 31–35). Poltava. https://doi.org/10.37143/Conf-3-18.09.2025 [in Ukrainian].

6. Zinoviev, S. H., Saienko, A. M., Pushkina, M. L., Peka, M. Yu., & Dubinin, D. S. (2025). Vykorystannia kompleksnykh kormovykh dobavok u hodivli svynei z metoiu pokrashchennia yikh produktyvnosti [The use of complex feed additives in pig feeding to improve their productivity]. Poltava. 36 s. [in Ukrainian].

7. Chudak, R. A., Poberezhets, Yu. M., Kupchuk, I. M., & Vuhliar, V. S. (2022). Vykorystannia kormovykh dobavok i kombikormiv novoho pokolinnia u hodivli svynei ta ptytsi [The use of feed additives and new generation compound feeds in feeding pigs and poultry]. Vinnytsia : Tvory. 248 p. [in Ukrainian].

8. Diachenko, L. S., Syvyk, T. L., & Tytarova, O. M. (2020). *Hodivlia svynei. Navchalnyi posibnyk* [Pig Feeding. Training Manual]. Bila Tserkva [in Ukrainian].

9. Lykhach, V. Ya. & Lykhach, A. V. (2020). Tekhnolohichni innovatsii u svynarstvi cvynarstva [Technological innovations in pig farming]. Kyiv : NUBiP Ukrainy. 290 p. [in Ukrainian].

10. Voloshchuk, V. M., Ivanov, V. O. & Zasukha, L. V. (2023). Nove v tekhnolohii vyrobnytstva ta pererobky produktsii svynarstva [New in the technology of production and processing of pork products]. Poltava : TOV "Firma "Tekhservis". 446 p. [in Ukrainian].

11. Moisei, I., Povod, M., Mykhalko, O., Povoznikov, M., Gutyj, B., Ievstafiieva, Y., & Buchkovska, V. (2024). Effectiveness of rearing and fattening of low-weight piglets due to changes in their feeding systems. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. Volume 24, Issue 3, 577–587. Retrieved from: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_3/volume_24_3_2024.pdf [in Ukrainian].

12. Povod, M., Mykhalko, O., Gutyj, B., Ievstafiieva, Y., Zasukha, L., Buchkovska, V., Verbelchuk, S., Lavryniuk, O, & Moisei, I. (2023). Productivity of Sows and Efficiency of Growing Piglets by Feeding Dry and Liquid Methods. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. № 26 (6). 1–26. Retrieved from: https://jmabonline.com/en/article/HiM3LLvP9yZE7H8o06fG [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 02.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.17:631.53.01(477.47/.48)
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-7

Войняк О. А.
аспірант кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
Умань, Україна
***ORCID:** 0009-0003-7617-7494*

Кравченко В. С.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент, завідувач кафедри рослинництва,
Уманський національний університет
Умань, Україна
***E-mail:** vitalii_12@ukr.net*
***ORCID:** 0000-0003-4873-5367*

ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ СОРГО ЦУКРОВОГО НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ В УМОВАХ ЗОНИ ПІВДЕННОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

Мета цього дослідження – визначити вплив густоти стояння сорго цукрового на формування біометричних показників у зоні Південного Лісостепу України з урахуванням сортових особливостей, норм висіву та варіантів позакореневого підживлення. Особливу увагу приділено виявленню оптимальних агротехнічних параметрів, які сприяють формуванню максимальної густоти стояння рослин у фазі повної стиглості, що є критично важливим чинником підвищення врожайності.

Польові дослідження проводились упродовж 2023–2025 рр. у Полтавській та Вінницькій областях. Було реалізовано багатофакторний експеримент за схемою 4 × 4 × 4 з чотирикратною повторюваністю, що включав фактори: сорт (4 варіанти), норма висіву (70, 100, 130, 160 тис. насінин/га) та варіанти позакореневого підживлення (контроль, біопрепарат, мікродобриво, комбінація). Використано методику ДСТУ 7169:2010, шкалу ВВСН для фенологічного аналізу, а також програмне забезпечення Excel та Agrostat для статистичної обробки.

Встановлено, що густота стояння у фазі повної стиглості істотно залежала від погодних умов, норми висіву, сорту й застосованого підживлення. У сприятливіших умовах Вінницької області густота стояння була стабільно вищою, ніж у Полтавській. Сорт Медовий забезпечував найвищу густоту (до 140 тис. рослин/га за норми висіву 160 тис. та комбінованому підживленні). Натомість Сило 700 Д показав нижчу здатність до збереження рослин. Встановлено, що застосування біопрепаратів і мікродобрив покращувало густоту на 5–9 % порівняно з контролем. У Полтавській області вищі втрати були пов'язані з пиловою ерозією та нестачею вологи. Сортові особливості суттєво впливали на збереження рослин: Медовий і Троїстий мали найвищу стабільність густоти у різних умовах.

Для формування оптимальної густоти стояння сорго цукрового необхідно враховувати як агрокліматичні умови, так і сортові особливості. Найефективнішими є сорти з високою енергією проростання та стійкістю до стресових факторів, зокрема Медовий і Троїстий. Оптимальною нормою висіву для більшості сортів є 130–160 тис. насінин/га у поєднанні з позакореневим підживленням. Результати підтверджують доцільність регіоналізації агротехнологій під час вирощування сорго цукрового з метою стабільного формування густих посівів та підвищення врожайності.

***Ключові слова:** щільність посіву, фаза повної стиглості, сортова реакція, позакореневе підживлення, біометричні показники, агроекологічні умови, вітрова ерозія, оптимізація технологій.*

Вступ. Проблема, порушена у статті, полягає в не досить вивченому впливі густоти стояння сорго цукрового на його біометричні показники в умовах різних регіонів Південного Лісостепу України. Незважаючи на наявність загальних рекомендацій щодо норм висіву [1–14] практичне забезпечення оптимальної густоти стояння рослин залишається актуальним завданням, оскільки цей показник визначає рівень конкуренції між рослинами за вологу, світло й елементи живлення, а також значною мірою впливає на ріст, розвиток і врожайність сорго. Особливої актуальності проблема набуває з огляду на регіональні агрокліматичні відмінності та необхідність адаптації агротехнологій до конкретних умов вирощування. У відповідності до праць [1–13] густота стояння рослин є одним із ключових агротехнічних параметрів, що істотно впливає на формування біометричних та продуктивних показників сорго цукрового.

На узагальненому рівні поняття «густота стояння рослин» як агрономічний термін сформувалося поступово впродовж розвитку сільськогосподарської науки, і конкретна особа, якій приписують його «винахід», у класичному розумінні відсутня. Зокрема, в праці [5] наголошується, що це поняття виникло як природна потреба кількісного визначення щільності рослин у посівах для аналізу їх росту, розвитку та врожайності.

© Войняк О. А., Кравченко В. С., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Із праці [3] відомо, що в першій половині XX століття, коли наука про рослинництво почала активно впроваджувати методи систематичних агрономічних досліджень, багато вчених загалом звертали увагу на вплив щільності посіву на продуктивність культур. Відображаються перші спроби кількісно визначити параметри розміщення рослин у посівах. Однак чітке формулювання поняття та стандартизація терміна «густота стояння» як показника, що позначає кількість рослин на одиницю площі впродовж вегетації (з урахуванням втрат сходів і збереження рослин), сформувалися у другій половині XX століття в агрономічній літературі (такий термін широко використовувався у фахових наукових виданнях і навчальних посібниках із рослинництва, агрохімії та селекції). В українській науковій школі поняття «густота стояння» набуло конкретного значення у дослідженнях з агротехніки, в 1970–2000-х роках систематично досліджували вплив густоти стояння на продуктивність зернових і технічних культур, включно із сорго цукровим [9]. Як бачимо, на узагальненому рівні поняття «густота стояння рослин» є результатом еволюції агрономічної науки, що розвивалася на основі практичних потреб і досліджень багатьох учених протягом XX століття. Натомість у сучасних агрономічних дослідженнях це поняття трактується як фактична кількість рослин, що збереглися на одиниці площі (тис. рослин/га) до певної фази розвитку культури, переважно до збирання врожаю. Також варто відзначити, що згідно з працею [10] «густота стояння», на відміну від норми висіву, є інтегральним показником, що враховує не лише початкову кількість висіяного насіння, а і схожість, стійкість рослин до стресових чинників, ураження хворобами, вплив погодно-кліматичних умов, якість передпосівної підготовки та агрофон загалом. Щодо сорго цукрового українські науковці [1–7] наголошують, що для забезпечення максимальної врожайності надзвичайно важливим є досягнення оптимальної густоти стояння, яка повинна узгоджуватись із біологічними особливостями сорту або гібриду.

Також варто відзначити, що від густоти стояння рослин цукрового сорго значною мірою залежать темпи його росту, розвиток вегетативної маси та загальне формування врожаю, оскільки цей показник безпосередньо регулює рівень конкуренції за такі життєво важливі ресурси, як волога, світло та елементи мінерального живлення. Оптимальне просторове розміщення рослин забезпечує не лише повноцінне фотосинтетичне функціонування кожної окремої рослини, а і сприяє формуванню більшої кількості генеративних органів та підвищенню врожайності. На практиці густота стояння розглядається як один із ключових агротехнічних чинників, що визначає ефективність функціонування агроценозу сорго цукрового загалом [7].

Мета роботи – встановити вплив різних рівнів густоти стояння рослин сорго цукрового на формування біометричних показників у зоні Південного Лісостепу України з урахуванням сортових особливостей, норм висіву та варіантів позакореневого підживлення, а також визначити оптимальні агротехнічні параметри для забезпечення максимальної густоти стояння у фазі повної стиглості з метою підвищення врожайності культури в конкретних регіональних умовах.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили упродовж 2023–2025 рр. на дослідних полях, розташованих у межах Південного Лісостепу України, для Полтавської області (с. Юрівка) та Вінницької області (с. Агрономічне)). У ході дослідження умов вирощування сорго цукрового для вибраних місць виконувались дослідження із чотирикратною повторюваністю, при цьому варіанти розміщено за рендомізованою схемою. Площа однієї дослідної ділянки становила 50 м^2, а облікової – 25 м^2. Спостереження за ростом і розвитком рослин «сорго цукрового» у процесі дослідження проводили з дотриманням чинних державних стандартів і методичних рекомендацій, затверджених в Україні для агрономічних досліджень. Основою для організації дослідної роботи слугує державний стандарт ДСТУ 7169:2010 «Методика проведення польових досліджень з сільськогосподарськими культурами», який регламентує принципи планування дослідів, закладання ділянок, повторюваність, рендомізацію варіантів, а також методику спостережень і статистичну обробку результатів. Цей стандарт передбачає використання репрезентативної кількості рослин у межах кожної облікової ділянки та встановлює вимоги до кількості повторень для забезпечення достовірності результатів. Фенологічні спостереження проводили на основі адаптованої до українських умов міжнародної шкали BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHemische Industrie), яка дозволяє уніфікувати облік фаз розвитку культур: проростання, появу сходів, кущіння, вихід у трубку, формування волоті, цвітіння, налив зерна, воскову та повну стиглість. Ця шкала є рекомендованою до використання в наукових дослідженнях, затверджена в низці нормативних документів НААН України та підтримується профільними науковими інститутами. Методологічно дослідження базується на сучасних підходах, що поєднують традиційні агрономічні методики з використанням комп'ютерного аналізу результатів (програми Excel, Agrostat), що дає змогу математично моделювати і прогнозувати ефективність вирощування сорго за різних технологічних сценаріїв. Таким чином, дослідження не лише надає важливі наукові висновки, а й закладає основу для практичного впровадження ефективних агротехнологій у виробництво, орієнтоване на підвищення урожайності та стійкості агросистем.

Виклад основного матеріалу дослідження. В табл. 1 наведено дані щодо застосованої схеми польового дослідження вирощування сортів сорго цукрового (4 × 4 × 4, чотириразова повторність).

Схема досліду була реалізована у форматі 4 × 4 × 4 з чотирикратною повторюваністю (загалом 256 варіантів), є прикладом комплексного та глибокого підходу до агрономічного дослідження. Такий підхід дозволяє одночасно оцінити вплив трьох важливих факторів: генетичного (сорт сорго), технологічного (норма висіву) та агрохімічного (позакореневе підживлення). Завдяки цьому дослідження охоплює як окрему дію кожного з факторів, так

Таблиця 1. Дані щодо застосованої схеми польового дослідженя вирощування сортів сорго цукрового (4 × 4 × 4, чотириразова повторність)

Фактор	Позначення	Рівень / варіант	Опис
Фактор А – Сорт	A_1	Сило 700 Д (еталон)	Середньостиглий гібрид, висока цукристість
	A_2	Фаворит	Високий вміст цукрів, адаптивність до посухи
	A_3	Медовий	Цукристий, швидке нарощування зеленої маси
	A_4	Троїстий	Універсальний, придатний для силосу та біопалива
Фактор В – Норма висіву	B_1	70 тис. насінин/га	Розріджені посіви
	B_2	100 тис. насінин/га	Середня густота
	B_3	130 тис. насінин/га	Контрольна норма
	B_4	160 тис. насінин/га	Загущені посіви
Фактор С – Позакореневе підживлення	C_1	Контроль (вода)	Обприскування чистою водою, без препаратів
	C_2	Біокомплекс-БТУ (2 л/га)	Біопрепарат з бактерійним комплексом
	C_3	Мікродобрива «Квантум»	Бор Актив + Хелат Цинку + АкваСил + АміноМакс
	C_4	Біокомплекс-БТУ + Квантум	Комбіноване внесення біопрепарату і мікродобрив

і їхні взаємодії, зокрема, як різні сорти реагують на зміни густоти стояння рослин і використання біопрепаратів чи мікродобрив.

В табл. 2. наведено дані (середнє за 2023–2025 рр.) щодо густоти стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості для обраних дослідних полів.

У процесі дослідження густоти стояння рослин цукрового сорго у фазу повної стиглості в умовах Південного Лісостепу України, зокрема на дослідних ділянках у Полтавській області (с. Юрівка) та Вінницькій області (с. Агрономічне), було встановлено суттєві регіональні відмінності, які пояснюються агрокліматичними, ґрунтовими та метеорологічними умовами зазначених місцевостей. У Полтавській області спостерігається дещо нижча густота стояння рослин порівняно з Вінницькою. Так, за однакових норм висіву та видів підживлення (контроль, біопрепарат БК, мікродобриво Квантум, або їх комбінація) середні показники густоти стояння у Юрівці були на 1,5–3,0 тис. шт./га менші. Це пов'язано з вищим індексом пилової ерозії (від 11,3 до 19,2 за 2023–2025 рр.) та більшими середніми швидкостями вітру (до 3,1 м/с). Унаслідок цього спостерігались вищі втрати сходів на ранніх фазах розвитку, особливо за нижчих норм висіву (70 та 100 тис. шт./га), коли відсоток виживання був найменшим. Крім того, у Юрівці частіше фіксувалось зниження густоти у роки з посушливими умовами (2023, 2025), що узгоджується з даними про сумарну кількість опадів і дефіцит вологи у вегетаційний період. Натомість у Вінницькій області (с. Агрономічне) умови були сприятливішими для формування більш стабільної густоти стояння. Це пов'язано з кращим зволоженням ґрунтів, вищим вмістом гумусу та нижчими показниками пилової ерозії (9,5–16,4), що зменшує механічне пошкодження сходів. Вітер у регіоні слабший (2,7–2,8 м/с), що також позитивно впливає на виживаність молодих рослин. Як результат навіть за контрольного варіанта без додаткового підживлення у разі норми висіву 70 тис. шт./га спостерігалась густота до 59 тис. шт./га, що на 3–4 тис. шт./га більше, ніж у Юрівці.

Також варто зазначити, що реакція рослин на підживлення в обох регіонах була позитивною, проте у Вінницькій області вона проявлялась більш виражено. Застосування комбінації біопрепарату БК та мікродобрива Кв призводило до збільшення густоти на 7–9 % порівняно з контролем, тоді як у Полтавській області цей приріст становив переважно 5–7 %, а це свідчить про те, що ефективність біологічних препаратів і добрив значною мірою залежить від загального агроекологічного фону.

Загалом, наведені результати дозволяють зробити висновок, що умови вирощування у Вінницькій області є більш сприятливими для формування щільніших посівів сорго цукрового, особливо за умов використання сучасних агротехнологій та біологічних стимуляторів росту. Водночас у Полтавській області досягнення аналогічних показників густоти стояння потребує ретельнішого вибору строків сівби, захисту посівів від ерозії та оптимального внесення регуляторів росту. Аналіз густоти стояння рослин цукрового сорго за 2023–2025 роки у двох регіонах Південного Лісостепу України – Полтавській області (с. Юрівка) та Вінницькій області (с. Агрономічне) – свідчить про наявність помітних сортових відмінностей у показниках збереження рослин до фази повної стиглості. Розглянуті сорти та гібриди – Сило 700 Д, Фаворит, Медовий і Троїстий – по-різному реагували як на умови вирощування, так і на застосування різних агротехнічних заходів, що проявилось у варіаціях густоти стояння за однакових норм висіву. Сорт Медовий стабільно демонстрував найвищу густоту стояння рослин у всіх варіантах досліду та в обох регіонах. Його показники перевищували інші сорти на 1,0–2,0 тис. рослин/га, особливо за умов підживлення біопрепаратами або їх комбінацією з мікродобривами. Це свідчить про високу енергію проростання, добру адаптацію до вологого середовища та підвищену стійкість до зовнішніх абіотичних чинників, зокрема температурних коливань і нестачі вологи на початкових етапах росту. У Вінницькій області густота стояння Медового за норми висіву 160 тис. шт./га і застосування БК+Кв сягала понад 140 тис. рослин/га, що є найвищим показником серед усіх сортів. Гібрид Фаворит займав проміжне положення за показниками

Таблиця 2. Дані (середнє за 2023–2025 рр.) щодо густоти стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості для обраних дослідних полів

Норма висіву (тис. шт./га)	Підживлення	Сило 700 Д	Фаворит	Медовий	Троїстий
Густота стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості в Полтавській області (с. Юрівка), середнє за 2023–2025 рр.					
70	Контроль	54,1	55,6	56,0	55,4
	БК	56,3	57,4	58,5	58,0
	Кв	57,6	58,6	59,8	59,1
	БК + Кв	59,0	60,4	61,2	60,6
100	Контроль	80,4	81,6	82,5	81,9
	БК	82,3	83,4	84,7	84,0
	Кв	83,5	85,1	86,0	85,3
	БК + Кв	85,6	87,0	88,1	87,5
130	Контроль	105,3	106,8	107,6	106,9
	БК	107,6	108,9	110,0	109,2
	Кв	109,1	110,6	112,1	111,4
	БК + Кв	111,5	112,9	114,3	113,5
160	Контроль	126,5	127,9	129,0	128,3
	БК	128,6	130,1	131,0	130,3
	Кв	130,4	132,0	133,2	132,5
	БК + Кв	132,7	134,1	135,6	134,9
Густота стояння рослин сорго цукрового у фазу повної стиглості у Вінницькій області (с. Агрономічне), середнє за 2023–2025 рр. (*з урахуванням підвищеного вітру та пилової ерозії*)					
70	Контроль	56,8	58,2	59,0	58,5
	БК	58,9	60,3	61,4	61,0
	Кв	60,2	61,8	62,9	62,3
	БК + Кв	62,4	63,9	64,7	64,1
100	Контроль	83,1	84,7	85,3	84,8
	БК	85,3	86,8	87,9	87,4
	Кв	86,6	88,3	89,5	88,9
	БК + Кв	88,7	90,0	91,1	90,5
130	Контроль	109,7	111,1	112,3	111,5
	БК	111,8	113,3	114,6	113,8
	Кв	113,2	114,7	116,0	115,2
	БК + Кв	115,4	117,0	118,2	117,5
160	Контроль	132,1	133,5	134,8	134,1
	БК	134,3	135,9	137,0	136,3
	Кв	135,9	137,4	138,6	137,9
	БК + Кв	138,0	139,6	140,9	140,2

Примітка: Контроль – обробка водою, БК – Біокомплекс-БТУ, Кв – комплекс мікродобрив Квантум, БК + Кв – суміш Біокомплекс БТУ та мікродобрив Квантум.

густоти. У середньому його результати були стабільними як в умовах Полтавської, так і Вінницької областей. Особливістю цього сорту є добра відгукливість на внесення добрив, особливо Квантуму. Проте в роки з несприятливими погодними умовами у Полтавській області (2022 та 2025 роки) відзначалась більша втрата густоти, ніж у Медового. Це вказує на чутливість Фаворита до стресових факторів у ранній фазі розвитку.

Сорт Сило 700 Д відзначився нижчою густотою стояння через чутливість до пилової ерозії та високих температур: у Полтавській обл. за норми 70 тис. шт./га лишалося <55 тис. рослин/га. Водночас у Вінницькій обл. за зволоження й добрив БК+Кв густота сягала ≈140 тис./га, що вказує на високий потенціал сорту за оптимального агрофону. Троїстий мав середні результати, але вирізнявся стабільністю: коливання густоти між роками й регіонами були мінімальні. Найкраще він реагував на біокомплекс БК, а не на мікродобрива Квантум, що підкреслює важливість біоактивної стимуляції кореня.

Таким чином, за сумарними результатами у зоні Південного Лісостепу можна виділити Медовий як найбільш ефективний сорт за показником густоти стояння, особливо у сприятливих умовах Вінниччини. Фаворит

та Троїстий можуть бути рекомендовані як стабільні сорти з доброю реакцією на мікродобрива і біологічні препарати відповідно. Сило 700 Д, попри нижчу густоту, потенційно придатний за умови внесення комбінованих добрив у роки з достатнім зволоженням. Сортові відмінності мають вирішальне значення для подальшого вибору агротехнології в регіональних умовах.

Густота стояння рослин сорго цукрового у досліджуваних регіонах Південного Лісостепу України змінювалась істотно залежно від року вирощування, норми висіву, умов середовища, а також виду підживлення. У період з 2023 по 2025 роки спостерігались значущі коливання густоти, що зумовлювались переважно погодними чинниками, зокрема кількістю опадів у вегетаційний період, середньою температурою повітря та рівнем вітрового навантаження. Найнижчі показники густоти фіксувались у 2022 та 2025 роках, які характеризувалися посушливими умовами та вищими температурами, особливо в Полтавській області. Саме в ці роки спостерігались підвищені втрати рослин у ранні фази розвитку, зокрема за нижчих норм висіву (70–100 тис. шт./га). Навпаки, 2023 і 2023 роки відзначались кращим зволоженням і помірним тепловим режимом, що забезпечило вищу виживаність сходів і формування більш щільних посівів.

Окрім року, істотно впливала норма висіву насіння: зі зростанням кількості висіяних насінин до 130–160 тис. шт./га густота стояння підвищувалась у всіх варіантах. Водночас ефективність різних норм залежала від здатності сорту компенсувати втрати рослин – у Медового та Фаворита ця здатність була вищою. Ще одним чинником, що істотно змінював густоту стояння, було використання біологічних препаратів і мікродобрив.

Таблиця 3. Результати аналізу густоти стояння рослин сорго цукрового для Полтавської області (с. Юрівка) та Вінницької області (с. Агрономічне)

Сорт / гібрид	Норма висіву, тис. шт./га	Фаза сходів	Фаза кущення	Повна стиглість
Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Полтавська обл., с. Юрівка) (тис. шт./га)				
Сило 700 Д	70	60,2	54,1	51,8
	100	89,5	80,2	75,6
	130	119,3	105,2	99,7
	160	145,2	127,4	121,6
Фаворит	70	61,0	55,3	53,6
	100	90,7	81,6	77,3
	130	120,5	106,8	101,0
	160	146,7	129,3	123,5
Медовий	7 0	62,8	57,0	55,2
	100	91,8	83,1	79,4
	130	122,0	108,6	104,1
	160	148,3	131,0	126,8
Троїстий	70	63,5	57,6	54,7
	100	92,5	84,2	80,1
	130	123,0	109,1	104,5
	160	149,0	132,0	127,4
Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Вінницька обл., с. Агрономічне) (тис. шт./га)				
Сило 700 Д	70	62,3	56,8	54,2
	100	91,7	83,6	79,0
	130	121,8	108,3	103,2
	160	147,3	130,1	124,8
Фаворит	70	63,4	58,0	56,0
	100	93,0	85,2	81,0
	130	123,3	110,4	105,2
	160	149,0	132,0	127,2
Медовий	70	64,5	59,7	57,5
	100	94,2	86,9	83,1
	130	124,7	112,1	108,4
	160	151,5	134,5	130,2
Троїстий	70	65,4	60,5	58,2
	100	95,1	87,8	84,3
	130	126,0	113,7	109,5
	160	152,9	136,2	131,6

Варіанти з обробкою насіння біопрепаратом БК, мікродобривом Квантум або їх комбінацією забезпечували покращення густоти на 5–9 % порівняно з контролем. Найбільш виражене підвищення густоти відзначалося у сприятливі роки у Вінницькій області, де дія препаратів підсилювалась кращим ґрунтовим та гідротермічним фоном.

Результати аналізу густоти стояння рослин сорго цукрового для Полтавської області (с. Юрівка) та Вінницької області (с. Агрономічне) наведено у табл. 3.

Наведені в табл. 3. результати демонструють стабільну закономірність зростання густоти стояння в усіх фазах розвитку рослин залежно від норми висіву насіння. У фазі сходів у обох регіонах густота рослин безпосередньо корелює з підвищенням норми висіву від 70 до 160 тис. шт./га, що підтверджує ефективність збільшення норм висіву для отримання більшої кількості рослин на одиницю площі. Аналогічна тенденція простежується і у фазі кущення та повної стиглості, проте спостерігається поступове зниження показників густоти порівняно з фазою сходів, що свідчить про природні втрати рослин у процесі росту та розвитку (див. рис. 1 та рис. 2).

Порівнюючи сорти і гібриди, можна відзначити, що показники густоти стояння у фазі сходів, кущення та стиглості у Вінницькій області є дещо вищими, ніж у Полтавській, що може бути зумовлено кращими агротехнічними умовами або природно-кліматичними факторами регіону. Серед сортів найбільшою густотою стояння відзначаються гібриди Троїстий та Медовий, які стабільно мають вищі значення, ніж Сило 700 Д і Фаворит, що може свідчити про їхню більшу життєздатність або стійкість до природних втрат (рис. 1).

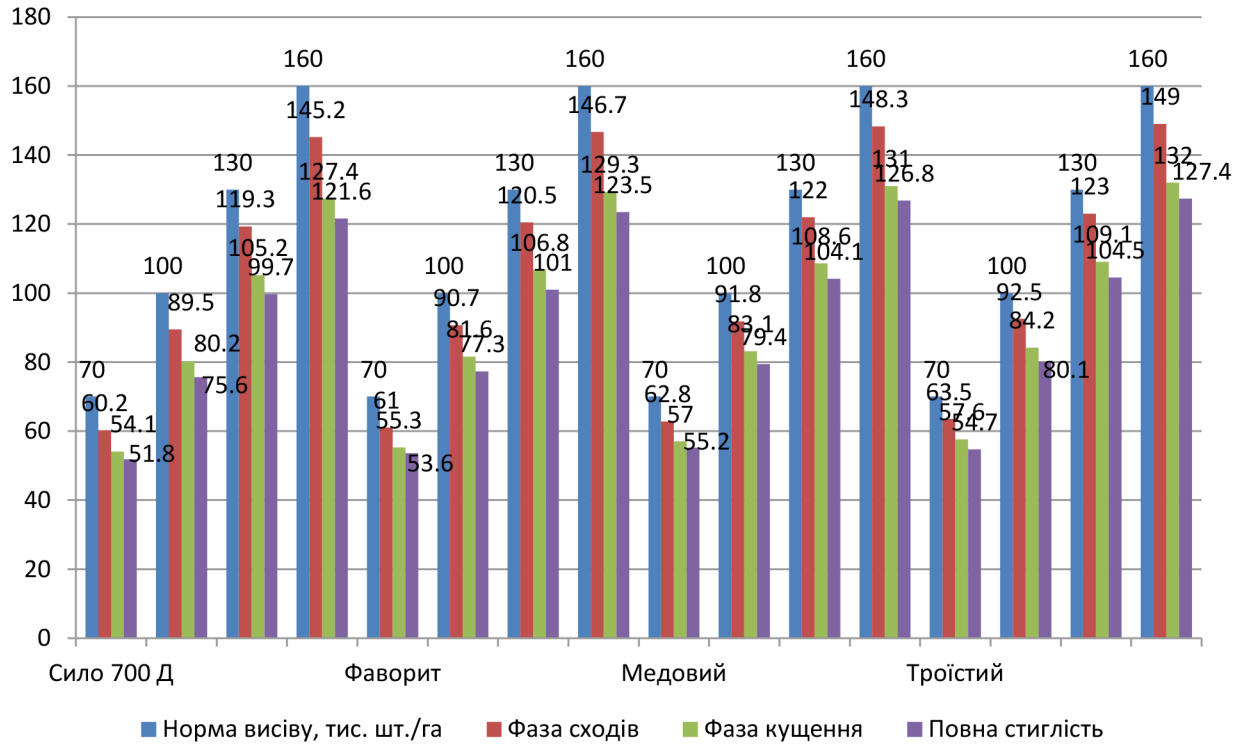


Рис. 1. Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Полтавська обл., с. Юрівка) (тис. шт./га)

Варто також підкреслити, що з підвищенням норми висіву відбувається більш виразне зниження густоти рослин у фазі повної стиглості порівняно з фазою сходів, що вказує на активніший процес проріджування або природного відмирання в пізніших фазах розвитку. Це може бути наслідком конкуренції за ресурси за високої густоти або особливостей біології сорго. Загалом, отримані дані дають змогу рекомендувати оптимальні норми висіву для кожного сорту з урахуванням регіональних особливостей для досягнення максимально ефективного густого стояння рослин у фазі повної стиглості, що є ключовим для формування врожаю (рис. 2).

Аналіз показників густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку в двох регіонах України – Полтавській області (с. Юрівка) та Вінницькій області (с. Агрономічне) – дозволяє зробити кілька важливих висновків, що спираються на конкретні числові дані. По-перше, у фазі сходів густота рослин у Полтавській області для сорту «Сило 700 Д» за норми висіву 70 тис. шт./га становить 60,2 тис. шт./га, тоді як у Вінницькій області цей показник дещо вищий і дорівнює 62,3 тис. шт./га. У разі збільшення норми висіву до 160 тис. шт./га густота сходів зростає майже у 2,4 раза – до 145,2 тис. шт./га у Полтавській та 147,3 тис. шт./га у Вінницькій області, що свідчить про пряму залежність густоти стояння від сівби і підтверджує правильність встановленої норми висіву.

Водночас у разі переходу до фази повної стиглості помітне зниження густоти стояння рослин: у Полтавській області для «Сило 700 Д» цей показник зменшується з 60,2 тис. шт./га у сходах до 51,8 тис. шт./га, що становить приблизно 86 % від початкової кількості, а у Вінницькій області – з 62,3 до 54,2 тис. шт./га, або близько

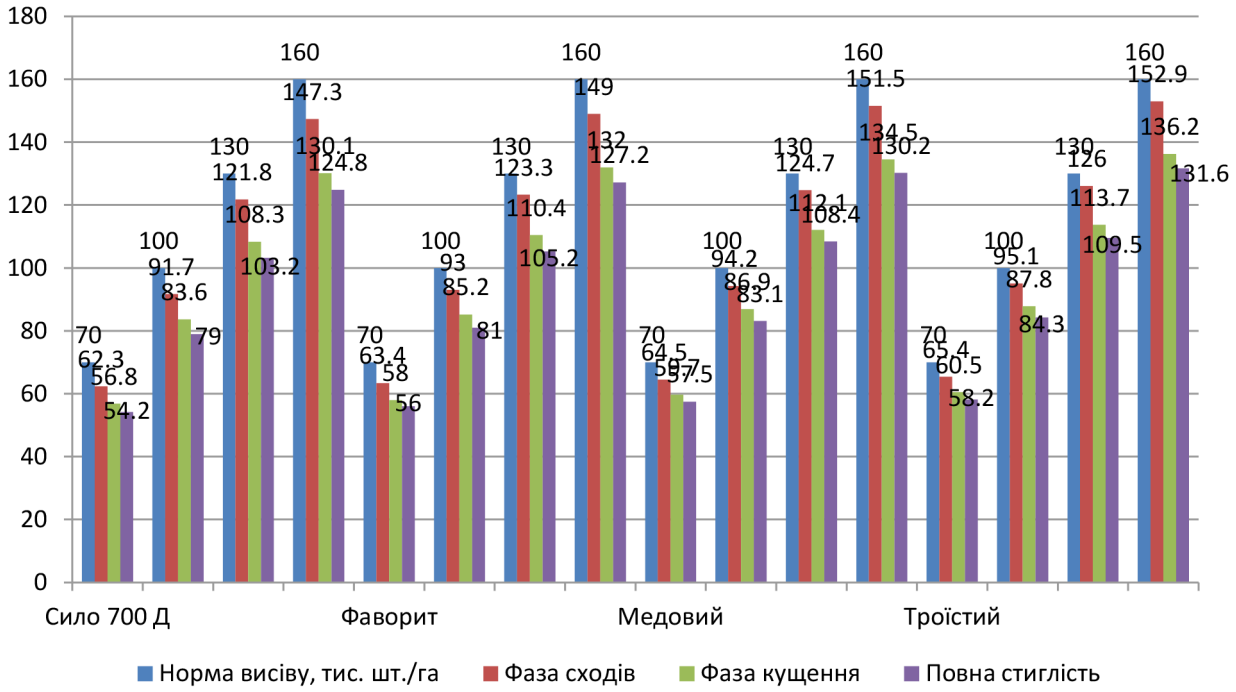


Рис. 2. Показники густоти стояння рослин сорго цукрового у фазах розвитку (Вінницька обл., с. Агрономічне) (тис. шт./га)

87 %. Це свідчить про те, що близько 13–14 % рослин у процесі розвитку природно гинуть або втрачають життєздатність. Така ж тенденція зниження присутня у всіх сортів і гібридів у обох регіонах.

Подібна динаміка спостерігається і для сорту «Фаворит», де за норми висіву 70 тис. шт./га густота сходів становить 61,0 тис. шт./га у Полтавській області і 63,4 тис. шт./га у Вінницькій, а на стадії повної стиглості – відповідно 53,6 та 56,0 тис. шт./га. У разі збільшення норми висіву до 160 тис. шт./га густота у фазі повної стиглості зростає до 123,5 тис. шт./га у Полтавській області та 127,2 тис. шт./га у Вінницькій, що свідчить про збереження стабільної пропорції втрат, близько 15 %.

Відзначається, що найбільшу густоту стояння у всіх фазах розвитку демонструють гібриди «Медовий» та «Троїстий». До прикладу, у Вінницькій області на нормі висіву 160 тис. шт./га густота стояння рослин «Троїстий» у фазі повної стиглості досягає 131,6 тис. шт./га, що є максимальним значенням серед усіх досліджених сортів. У Полтавській області цей показник становить 127,4 тис. шт./га, що також є найвищим серед усіх сортів. Відповідно, це свідчить про більш високу життєздатність та стійкість цих гібридів до природних факторів і внутрішньовидових конкурентних процесів.

Загалом, в обох регіонах чітко простежується пряма пропорційна залежність між нормою висіву та густотою стояння рослин у фазі сходів, що переходить у помірне зниження густоти у фазі повної стиглості через природні втрати. Відносні втрати рослин у фазі повної стиглості становлять приблизно 12–15 % від кількості сходів. При цьому Вінницька область характеризується дещо вищими абсолютними значеннями густоти стояння, що може бути пов'язано з більш сприятливими агрокліматичними умовами або різницею в агротехнічних підходах. Отже, використання норми висіву 130–160 тис. шт./га для гібридів «Медовий» та «Троїстий» є доцільним для забезпечення максимальної густоти рослин у фазі повної стиглості та потенційно високого врожаю з урахуванням оптимізації ресурсів і мінімізації природних втрат.

Порівнюючи регіони загалом, можна стверджувати, що умови у Вінницькій області є більш сприятливими для формування стабільної та густої стоянки сорго. Це підтверджується вищими абсолютними показниками густоти за однакових агротехнологічних підходів, меншою міжрічною амплітудою коливань і більшою відгукливістю рослин на підживлення. У Полтавській області досягнення високої густоти стояння потребує більш точної адаптації технологій до кліматичних викликів, зокрема оптимізації строків сівби, додаткових заходів захисту посівів і використання біостимуляторів для компенсації втрат.

Отже, аналіз отриманих результатів свідчить про необхідність регіоналізації агротехнічних підходів до вирощування сорго цукрового. Під час вибору сорту, норм висіву та систем підживлення повинні враховуватися місцеві кліматичні умови, здатність сорту до адаптації та бажаний рівень густоти, що забезпечує оптимальне формування врожаю.

Висновки. Проведені у 2023–2025 рр. польові дослідження в умовах Південного Лісостепу України дозволили встановити закономірності формування густоти стояння рослин сорго цукрового у фазі повної стиглості залежно від сорту, норми висіву, регіональних агрокліматичних умов та системи позакореневого підживлення. Отримані результати підтверджують, що густота стояння є інтегральним показником, який відображає як початкову польову схожість, так і здатність рослин зберігати життєздатність упродовж вегетації.

Встановлено, що підвищення норми висіву з 70 до 160 тис. шт./га забезпечує стабільне зростання густоти стояння у всіх фазах розвитку рослин у обох регіонах дослідження. Водночас у фазі повної стиглості спостерігається закономірне зменшення кількості рослин порівняно з фазою сходів, що зумовлено природним проріджуванням, конкуренцією за вологу та поживні речовини, а також впливом абіотичних стресових чинників. Частка втрат рослин у середньому становила 13–16 % і була вищою за умов посухи та підвищеного вітрового навантаження.

Виявлено чіткі регіональні відмінності у формуванні густоти стояння. У Вінницькій області (с. Агрономічне) показники густоти були стабільно вищими на 1,5–4,0 тис. рослин/га порівняно з Полтавською областю (с. Юрівка), що пояснюється кращим зволоженням ґрунту, нижчим рівнем пилової ерозії та меншою середньою швидкістю вітру. У Полтавській області більші втрати рослин відзначалися насамперед у роки з дефіцитом опадів і за нижчих норм висіву.

Суттєвими виявилися сортові особливості. Найвищу та найбільш стабільну густоту стояння в обох регіонах продемонстрував гібрид Медовий, що свідчить про його високу адаптивність, енергію росту та стійкість до абіотичних стресів. Гібриди Фаворит і Троїстий характеризувалися середніми, але досить стабільними показниками, причому Троїстий вирізнявся мінімальними коливаннями між роками вирощування. Сорт Сило 700 Д виявився більш чутливим до несприятливих умов, особливо до вітрової ерозії та посухи, проте за оптимального агрофону та комбінованого підживлення демонстрував високий потенціал.

Доведено позитивний вплив позакореневого підживлення на збереження густоти стояння. Застосування біопрепарату Біокомплекс-БТУ та мікродобрив Квантум, особливо у комбінованому варіанті, забезпечувало підвищення густоти стояння на 5–9 % порівняно з контролем. Найбільш ефективною дія препаратів була у сприятливі роки та в умовах Вінницької області, що підкреслює залежність ефективності агрохімічних заходів від загального агроекологічного фону.

За сумарними результатами дослідження оптимальними для формування продуктивних і стабільних посівів сорго цукрового в умовах Південного Лісостепу України слід вважати норми висіву 130–160 тис. шт./га у поєднанні з позакореневим підживленням, з обов'язковим урахуванням сортових особливостей та регіональних кліматичних чинників. Отримані дані підтверджують доцільність регіоналізації агротехнологій вирощування сорго цукрового з метою мінімізації втрат рослин і забезпечення оптимальної густоти стояння як передумови формування високого врожаю.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на вивчення взаємозв'язку густоти стояння з показниками врожайності зеленої маси та вмісту цукрів, а також на оцінку впливу різних строків сівби, систем удобрення та елементів точного землеробства на продуктивність сучасних гібридів сорго цукрового в умовах кліматичних змін.

Список використаних джерел

1. Войняк О. О., Крикун С. М., Полторецька Н. І., Вишневська Л. М., Михайловин Ю. М., Кравченко В. В. Вплив густоти стояння сорго цукрового на біометричні показники в умовах зони Південного Лісостепу України. *European Congress of Scientific Discovery* : proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference. Madrid : Barca Academy Publishing, 2025. С. 19–23. URL: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/08/EUROPEAN-CONGRESS-OF-SCIENTIFIC-DISCOVERY-18-20.08.25.pdf (дата звернення: 16.01.2026).

2. Герасименко Л. А. Перспективи вирощування сорго в Україні. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату* : зб. наук. праць Всеукр. наук.-практ. конф. (15–16 черв. 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль, 2017. С. 69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_3_12 (дата звернення: 06.01.2026).

3. Грабовський М. Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу : автореф. дис. … д-ра с.-г. наук. Дніпро, 2019. 40 с. URL: https://institut-zerna.com/library/repozitariy/docs/grabovskiy/grabovskiy-dis.pdf (дата звернення: 16.01.2026).

4. Коваленко О. А., Чернова А. В., Моспаненко Т. О. Сорго цукрове та його перспективи для зони Південного Степу України. *Сільськогосподарські науки* : матеріали конф. (4–5 груд. 2014 р.). URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_12_4_5/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/sorgo_cukrove_ta_jogo_perspektivi_dlja_zoni_pivdennogo_stepu_ukrajini/10-1-0-156 (дата звернення: 10.01.2026).

5. Курило В. Л., Герасименко Л. А. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. Вип. 12. С. 74–78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_9 (дата звернення: 16.01.2026).

6. Моргун А. В., Любич В. В. Технологічні параметри біоенергетики різних культиварів сорго цукрового залежно від умов вирощування. *Аграрні інновації*. 2025. № 27. С. 61–68. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.10

7. Музика О. В. Формування врожаю сорго цукрового за вирощування як енергетичної культури в умовах Лісостепу правобережного : автореф. дис. … канд. с.-г. наук. Біла Церква : Білоцерків. нац. аграр. ун-т, 2020. 18 с. URL: https://newlibrary.snau.edu.ua/bib/118195 (дата звернення: 10.01.2026).

8. Польовий А. М. Агроекологічні умови формування продуктивності сорго в південних областях України в умовах змін клімату. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 4. С. 62–68. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8349 (дата звернення: 16.01.2026).

9. Попова О. П., Кулик М. І. Вплив елементів технології вирощування на врожайність та цукристість біомаси сорго цукрового. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 45. С. 50–58. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.7

10. Федорчук М. І., Каленська С. М., Рахметов Д. Б., Коковіхін С. В., Федорчук Є. М., Поливода О. М., Федорчук В. Г., Коваленко О. А. Методичні рекомендації з інноваційних технологій вирощування та переробки сорго для використання в якості альтернативних джерел енергії. URL: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2768 (дата звернення: 01.01.2026).

11. Харитонов М. М., Коваленко О. А., Федорчук М. І., Поливода О. М. Перспективи виробництва біоетанолу та пелет при вирощуванні культиварів цукрового сорго на рекультивованих землях. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Агрономія»*. 2023. № 27. С. 74–80. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.074

12. Чернова А. В. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від норм висіву, бактеріальних препаратів та мікродобрив в умовах Південного Степу України : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво» / наук. керівн. О. А. Коваленко. Миколаїв : МНАУ, 2021. 238 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/19309 (дата звернення: 16.01.2026).

13. Abu-Ellail F. F. B., Ghareeb Z. E., Attia A. E. Genetic analysis for morphological, quality and biofuel related traits in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2023. Vol. 83, №. 4. P. 508–517. DOI: https://doi.org/10.31742/isgpb.83.4.7

14. Rahim S., Wahid H., Rahman A., Ismail N. Development of land suitability assessment applications for sorghum, sweet potato and sugarcane. *Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology*. 2024. Vol. 2, №. 2. P. 61–66. DOI: https://doi.org/10.60105/josaet.2024.2.2.61-66

Voiniak O. A.
Postgraduate Student at the Department of Crop Production,
Uman National University
Uman, Ukraine
***ORCID:** 0009-0003-7617-7494*

Kravchenko V. S.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Crop Production,
Uman National University
Uman, Ukraine
***E-mail:** vitalii_12@ukr.net*
***ORCID:** 0000-0003-4873-5367*

INFLUENCE OF SWEET SORGHUM STAND DENSITY ON BIOMETRIC INDICATORS UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE

Abstract

The aim of this study was to determine the impact of plant stand density on the formation of biometric parameters of sweet sorghum in the Southern Forest-Steppe zone of Ukraine, taking into account varietal characteristics, seeding rates, and foliar fertilization options. Special attention was paid to identifying optimal agrotechnical parameters that contribute to the formation of maximum plant density at the full maturity stage, which is a critically important factor in yield improvement.

Field research was conducted during 2023–2025 in the Poltava and Vinnytsia regions. A multifactorial experiment with a 4 × 4 × 4 design and four replications was implemented, involving the following factors: variety (4 options), seeding rate (70, 100, 130, and 160 thousand seeds/ha), and foliar fertilization treatments (control, biopreparation, micronutrient fertilizer, and combination). The study employed the DSTU 7169:2010 methodology, the BBCH scale for phenological analysis, and software tools such as Excel and Agrostat for statistical data processing.

It was established that stand density at full maturity was significantly influenced by weather conditions, seeding rate, variety, and the applied foliar treatment. Under more favorable conditions in the Vinnytsia region, plant density remained consistently higher than in Poltava. The variety Medovyi provided the highest plant density (up to 140 thousand plants/ha with a seeding rate of 160 thousand and combined fertilization). In contrast, Sylo 700 D showed a lower ability to maintain stand density. The use of biopreparations and micronutrient fertilizers increased plant density by 5–9 % compared to the control. In the Poltava region, higher plant losses were associated with wind erosion and moisture deficiency. Varietal characteristics significantly influenced plant survival: Medovyi and Troistyi demonstrated the highest density stability under different conditions. To achieve optimal stand density of sweet sorghum, both agroclimatic conditions and varietal features must be considered. The most effective varieties are those with high germination energy and resistance to stress factors, particularly Medovyi and Troistyi. An optimal seeding rate for most varieties ranges from 130 to 160 thousand seeds/ha in combination with foliar fertilization. The results confirm the relevance of region-specific agrotechnological approaches in cultivating sweet sorghum for stable dense crop formation and increased yield.

***Key words:** planting density, full maturity stage, varietal response, foliar fertilization, biometric parameters, agroecological conditions, wind erosion, technology optimization.*

References

1. Voiniak, O., Krykun, S., Poltoretska, N., Vyshnevska, L., Mykhailovyn, Yu., Kravchenko, V. (2025). Vplyv hustoty stoiannia sorho tsukrovoho na biometrychni pokaznyky v umovakh zony Pivdennoho Lisostepu Ukrainy [Influence of sugar sorghum plant density on biometric indicators in the Southern Forest-Steppe zone of Ukraine]. In *European congress of scientific discovery: Proceedings of the 9th International scientific and practical conference* (pp. 19–23). Madrid: Barca Academy Publishing. Retrieved from: https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2025/08/EUROPEAN-CONGRESS-OF-SCIENTIFIC-DISCOVERY-18-20.08.25.pdf [in Ukrainian].

2. Herasymenko, L. A. (2017). *Perspektyvy vyroshchuvannia sorho v Ukraini* [Prospects for sorghum cultivation in Ukraine]. In *Aktualni pytannia suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh zmin klimatu*: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference (p. 69). Ternopil. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_3_12 [in Ukrainian].

3. Hrabovskyi, M. B. (2019). *Ahrotekhnolohichne obgruntuvannia vyroshchuvannia kukurudzy ta sorho tsukrovoho dlia vyrobnytstva biohazu* [Agrotechnological substantiation of maize and sweet sorghum cultivation for biogas production] (Doctoral dissertation abstract). Dnipro. Retrieved from: https://institut-zerna.com/library/repozitariy/docs/grabovskiy/grabovskiy-dis.pdf [in Ukrainian].

4. Kovalenko, O. A., Chernova, A. V., & Mospanenko, T. O. (2014). *Sorho tsukrove ta yoho perspektyvy dlia zony Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Sweet sorghum and its prospects for the Southern Steppe of Ukraine]. In *Agricultural Sciences*: Conference Proceedings. Retrieved from: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_12_4_5/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/sorgo_cukrove_ta_jogo_perspektivi_dlja_zoni_pivdennogo_stepu_ukrajini/10-1-0-156 [in Ukrainian].

5. Kurylo, V. L., & Herasymenko, L. A. (2011). Vplyv pohodnykh umov na urozhainist sorho tsukrovoho zalezhno vid strokiv sivby ta hlybyny zahortannia nasinnia [Influence of weather conditions on sweet sorghum yield depending on sowing time and seed depth]. *Collection of Scientific Works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*, 12, 74–78. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2013_2_9 [in Ukrainian].

6. Morhun, A. V., & Liubych, V. V. (2025). Tekhnolohichni parametry bioenerhetyky riznykh kultyvariv sorho tsukrovoho zalezhno vid umov vyroshchuvannia [Technological parameters of bioenergy of different sweet sorghum cultivars depending on growing conditions]. *Agrarian Innovations*, 27, 61–68. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.10 [in Ukrainian].

7. Muzyka, O. V. (2020). *Formuvannia vrozhaiu sorho tsukrovoho za vyroshchuvannia yak enerhetychnoi kultury v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho* [Formation of sweet sorghum yield when grown as an energy crop in the Right-Bank Forest-Steppe] (PhD dissertation abstract). Bila Tserkva National Agrarian University. Retrieved from: https://newlibrary.snau.edu.ua/bib/118195 [in Ukrainian].

8. Polovyi, A. M. (2020). Ahroekolohichni umovy formuvannia produktyvnosti sorho v pivdennykh oblastiakh Ukrainy v umovakh zmin klimatu [Agroecological conditions of sorghum productivity formation in the southern regions of Ukraine under climate change]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 62–68. Retrieved from: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8349 [in Ukrainian].

9. Popova, O. P., & Kulyk, M. I. (2024). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na vrozhainist ta tsukrystist biomasy sorho tsukrovoho [Influence of cultivation technology elements on yield and sugar content of sweet sorghum biomass]. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 45, 50–58. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.7 [in Ukrainian].

10. Fedorchuk, M. I., Kalenska, S. M., Rakhmetov, D. B., Kokovikhin, S. V., Fedorchuk, Ye. M., Polyvoda, O. M., Fedorchuk, V. H., & Kovalenko, O. A. (n.d.). *Metodychni rekomendatsii z innovatsiinykh tekhnolohii vyroshchuvannia ta pererobky sorho dlia vykorystannia yak alternatyvnykh dzherel enerhii* [Methodological recommendations on innovative technologies for sorghum cultivation and processing as alternative energy sources]. Retrieved from: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2768 [in Ukrainian].

11. Kharytonov, M., et al. (2023). Perspektyvy vyrobnytstva bioetanolu ta pelet pry vyroshchuvanni kultyvariv tsukrovoho sorho na rekultyvovanykh zemliakh [Prospects for bioethanol and pellet production from sweet sorghum cultivars on reclaimed lands]. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agronomy*, 27, 74–80. https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27.074 [in Ukrainian].

12. Chernova, A. V. (2021). *Produktyvnist sortiv ta hibrydiv sorho tsukrovoho zalezhno vid norm vysivu, bakterialnykh preparativ ta mikrodobryv v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Productivity of sweet sorghum varieties and hybrids depending on seeding rates, bacterial preparations, and micronutrients in the Southern Steppe of Ukraine] (PhD dissertation). Mykolaiv National Agrarian University. Retrieved from: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/19309 [in Ukrainian].

13. Abu-Ellail, F. F. B., Ghareeb, Z. E., & Attia, A. E. (2023). Genetic analysis for morphological, quality, and biofuel-related traits in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 83(4), 508–517. https://doi.org/10.31742/isgpb.83.4.7

14. Rahim, S., et al. (2024). Development of land suitability assessment applications for sorghum, sweet potato, and sugarcane. *Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology*, 2(2), 61–66. https://doi.org/10.60105/josaet.2024.2.2.61-66

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 19.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.161: 631.8
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-8

Герасько Т. В.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва та садівництва імені професора
В. В. Калитки,
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
Запоріжжя, Україна
E-mail: *tetiana.herasko@tsatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-1331-4397*

Макарчук Б. М.
старший науковий співробітник сектору інформатизації відділу науково-технічної інформації,
Український інститут експертизи сортів рослин
Київ, Україна
E-mail: *bohdan.makarchuk@gmail.com*
ORCID: *0009-0003-4957-8399*

ВПЛИВ ПРИПОСІВНОГО ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Анотація

Польові дослідження проводилися в період 2023–2025 років на базі Київської спеціалізованої філії Українського інституту експертизи сортів рослин, розташованої в Білоцерківському районі Київської області. Ячмінь ярий (Hordeum vulgare L.) вирощувався за органічною технологією, де у сівозміні попередником була конюшина лучна (Trifolium pratense). Органічні меліоранти (біочар, сапропель і біогумус) вносилися у дозі 100 кг/га за допомогою сівалки під час посіву ячменю. Протягом трьох років досліджень локальне припосівне внесення біочару сприяло позитивним змінам у рості та продуктивності ячменю ярого: площа листків зростала на 6–11 %, маса рослин збільшувалася на 3–9 %, фотосинтетичний потенціал посівів підвищувався на 2–7 %, чиста продуктивність фотосинтезу – на 3–6 %, а урожайність зерна показувала приріст на 2–5 % порівняно з контрольним варіантом, де органічні меліоранти не застосовувалися.

Локальне припосівне внесення сапропелю позитивно вплинуло на агробіологічні показники ярого ячменю. Зокрема, спостерігалося збільшення площі листкової поверхні рослин на 8–13 %, сирої маси – на 8–12 %, фотосинтетичного потенціалу посівів – на 5–9 %, а також урожайності – на 7–11 %. Проте його внесення не спричинило значних змін у показнику чистої продуктивності фотосинтезу по сортах КВС Кріссі та Абсолют, хоча за сортом Командор була помічена тенденція до покращення – на 5 %.

Застосування біогумусу під час посіву виявило найбільш виражений вплив (порівняно з біочаром і сапропелем) на показники інтенсивності фотосинтезу й урожайність ячменю ярого. Площа листкової поверхні ячменю ярого збільшувалася на 13–21 %; накопичення біомаси – на 12–21 %; фотосинтетичний потенціал посівів – на 9–14 %; урожайність зерна – на 12–19 % порівняно з контрольним варіантом без органічних меліорантів. Біогумус істотно підвищував рівень чистої продуктивності фотосинтезу по сорту Командор – на 21 %, тоді як по сортах КВС Кріссі та Абсолют була лише тенденція до збільшення – на 3–5 %.

Розмір листкової поверхні мав суттєвий позитивний кореляційний зв'язок (r = 0,89–095) із врожайністю ячменю ярого впродовж усіх періодів вегетації, за винятком колосіння та воскової стиглості, коли кореляція була незначна й помірна (r = 0,05–0,35). Розмір листкової поверхні і сира вага рослин ячменю ярого також були тісно пов'язані позитивним кореляційним зв'язком (r = 0,73–0,99).

Накопичення біомаси рослин мало сильну позитивну кореляцію з урожайністю ячменю ярого (r = 0,91–0,99) упродовж усіх фаз вегетації.

Фотосинтетичний потенціал посіву був суттєво пов'язаний з урожайністю ячменю ярого (r = 0,97) і слабо корелював із чистою продуктивністю фотосинтезу (r = –0,17). Чиста продуктивність фотосинтезу мала невелику кореляцію з урожайністю ячменю ярого у цьому дослідженні (r = 0,28).

Результати цього дослідження мають служити для покращення та прискорення впровадження органічної технології вирощування ячменю ярого.

Ключові слова: *ячмінь ярий, біочар, сапропель, біогумус, фотосинтез.*

Вступ. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare L.*) є важливою харчовою, фуражною і технічною культурою, потенціал якої, у тому числі і для здоров'я людини, ще не повністю розкритий [12]. У посушливих та напівпосушливих регіонах деяких країн, що розвиваються, він є єдиною зерновою культурою та основним джерелом їжі [16]. Об'єми виробництва ячменю ярого натепер в Україні зменшуються, проте вони залишаються досить вагомими. У 2025 році площа посівів ячменю ярого в Україні становила 0,78 млн га, отриманий валовий збір – 2,9 млн тонн

© Герасько Т. В., Макарчук Б. М., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

зерна, середня врожайність – 3,7 т/га [4]. Тому вдосконалення агротехніки вирощування для збільшення продуктивності ячменю ярого є актуальним.

Основою продуктивності рослин (у тому числі і ячменю ярого) є процес фотосинтезу [11; 15]. Агротехнічні прийоми, у тому числі і внесення органічних добрив, можуть суттєво впливати на ефективність процесу фотосинтезу й усіх його складників у сільськогосподарських культур [1]. Найбільш економічно вигідним і екологічно доцільним є припосівне локальне внесення органічних добрив [2]. Проте вплив припосівного локального внесення таких органічних добрив, як біочар, сапропель і біогумус, на площу листкової поверхні, біомасу рослин, фотосинтетичний потенціал посіву і чисту продуктивність фотосинтезу ячменю ярого досі не з'ясований.

Мета роботи. Мета цієї роботи – встановити вплив припосівного локального внесення біочару, сапропелю і біогумусу на площу листкової поверхні, біомасу рослин, фотосинтетичний потенціал посіву, чисту продуктивність фотосинтезу і врожайність ячменю звичайного ярого (*Hordeum vulgare L.*).

Виклад основного матеріалу дослідження. Польові дослідження були проведені упродовж 2023–2025 років у Київській спеціалізованій філії Українського інституту експертизи сортів рослин (Україна, Київська область, Білоцерківський район) на чорноземі типовому малогумусному. Ячмінь ярий вирощували за органічною технологією. Попередник – конюшина лучна (*Trifolium pratense*). Норма висіву ячменю ярого у досліді становила 4 млн схожих насінин на гектар. Органічні меліоранти у нормі 100 кг/га вносили у ґрунт сівалкою під час посіву ячменю ярого відповідно до схеми досліду: 1) Контроль (без внесення органічних меліорантів); 2) Біочар; 3) Сапропель; 4) Біогумус. Кількість повторень – 3, посівна площа дослідної ділянки 120 м^2, облікова площа 80 м^2, ширина захисних смуг 2 м, розташування варіантів систематичне.

Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження (визначення фаз вегетації, тривалість міжфазних періодів), біометричні виміри [6]: площі листкової поверхні, наростання біомаси надземної частини рослин ячменю звичайного ярого. Вимірювання маси рослин і площі листкової поверхні проводили на двадцяти рослинах у двох несуміжних повторностях кожного варіанту досліду. За отриманими даними розраховували фотосинтетичний потенціал посіву і чисту продуктивність фотосинтезу.

Площу листкової поверхні визначали методом висічок [5, с. 95] (формула 1):

$$S = \frac{K \times Y \times B}{P}, \quad (1)$$

де S – площа листкової поверхні, см^2; K – кількість висічок, шт.; Y – площа однієї висічки, см^2; B – маса висічок, г; P – маса листків з рослини, г.

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) розраховували за формулою 2:

$$FP = \frac{(S_1 + S_2) \cdot n_1 + (S_2 + S_3) \cdot n_2 + ... + (S_{n-1} + S_n) \cdot n_n}{2}, \quad (2)$$

де FP – фотосинтетичний потенціал, м^2/га × діб; S_1, S_2, S_3, ..., S_n – площа листків на 1 га посіву у відповідні строки визначення, м^2/га; n_1, n_2, ..., n_n – кількість діб між двома відповідними визначеннями.

Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначали згідно з формулою 3:

$$ЧПФ = \frac{M_2 - M_1}{0,5(S_1 + S_2) \cdot n}, \quad (3)$$

де M_1 і M_2 – суха маса рослин з 1 м^2 фітоценозу на початку і на кінець обстеження відповідно; $0,5 \cdot (S_1 + S_2)$ – середня площа листків з 1 м^2 фітоценозу на початку й наприкінці обстеження; n – кількість діб між обліками.

Результати вимірювань і обчислювань були оброблені методами дисперсійного і кореляційного аналізу [7] із застосуванням програмного забезпечення MS Excel (Редмонд, Вашингтон, США).

Вплив припосівного локального внесення досліджуваних органічних меліорантів на площу листкової поверхні ячменю ярого залежав від природи органічного меліоранту і фази вегетації рослин ячменю ярого (табл. 1). За припосівного локального внесення біочару впродовж усіх трьох років досліджень спостерігалася позитивна тенденція до стимулювання розміру площі листків: у 2023 році – на 6–9 %, у 2024 – на 6–7 %, у 2025 – на 7–11 %. Статистично істотним було збільшення листкової поверхні ячменю ярого за дії припосівного внесення біочару лише у 2025 році у фазі колосіння.

Припосівне локальне внесення сапропелю сприяло збільшенню площі листкової поверхні ячменю ярого на 8–10 % (у 2023 році), 9–11 % (у 2024 році) і на 10–13 % (у 2025 році). Статистично істотним було збільшення листкової поверхні за дії припосівного внесення сапропелю у фазах кущення і колосіння у 2023 і 2024 роках, а також упродовж усього вегетаційного періоду 2025 року.

Найбільш істотно з-поміж досліджуваних органічних меліорантів на площу листкової поверхні ячменю ярого впливало припосівне локальне внесення біогумусу: впродовж усіх трьох років досліджень у всіх фазах вегетації збільшення площі листкової поверхні за дії припосівного внесення біогумусу було на 13–21 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів).

Площа листкової поверхні та урожайність ячменю ярого мали сильний позитивний кореляційний зв'язок (r = 0,89–0,95) упродовж усіх фаз вегетації, за виключенням фаз колосіння і воскової стиглості, коли кореляція

Таблиця 1. Площа листкової поверхні (тис. м^2/га) ячменю ярого

Варіант	Періоди вегетації				
	Сходи	Кущіння	Трубкування	Колосіння	Воскова стиглість
2023 рік					
Контроль	6,4	10,7	17,4	41,9	11,8
Біочар	6,8	11,4	18,5	44,6	12,5
Сапропель	7,0	11,8	19,1	45,2	12,9
Біогумус	7,4	12,3	20,4	48,5	13,6
2024 рік					
Контроль	9,8	16,4	26,8	34,7	17,9
Біочар	10,4	17,2	28,3	38,4	18,7
Сапропель	10,8	18,1	29,2	40,8	19,4
Біогумус	11,6	19,5	31,5	46,0	20,9
2025 рік					
Контроль	6,7	13,2	20,7	40,1	14,5
Біочар	7,3	14,1	22,9	44,6	15,8
Сапропель	7,5	14,5	23,4	45,2	16,2
Біогумус	8,1	15,3	24,3	46,4	17,4
$HIP_{0,5}$	0,5	0,9	1,6	3,8	1,1

Таблиця 2. Маса рослин (г сирої маси/м^2) ячменю звичайного ярого

Варіант	Періоди вегетації				
	Сходи	Кущіння	Трубкування	Колосіння	Воскова стиглість
2023 рік					
Контроль	8,1	18,3	67,4	164,5	380,8
Біочар	8,7	19,5	71,2	174,8	401,4
Сапропель	9,1	20,1	73,0	179,6	412,3
Біогумус	9,6	21,2	77,4	190,2	425,5
2024 рік					
Контроль	13,2	28,4	102,6	251,9	554,2
Біочар	14,1	29,2	108,9	267,5	582,8
Сапропель	14,7	31,0	113,8	277,6	608,1
Біогумус	15,9	33,3	121,6	298,4	641,5
2025 рік					
Контроль	11,5	22,8	82,5	197,2	498,6
Біочар	12,4	24,2	90,0	214,7	528,4
Сапропель	12,7	25,1	92,3	220,6	537,3
Біогумус	13,5	27,4	95,9	238,3	569,1
$HIP_{0,5}$	0,7	1,6	6,1	15,2	34,1

була слабка і середня (r = 0,05–0,35). Також сильна істотна позитивна кореляція була зафіксована між сирою масою рослин ячменю ярого і площею листкової поверхні (r = 0,73–0,99).

Припосівне локальне внесення органічних меліорантів мало позитивний ефект на накопичення вегетативної маси рослин ячменю ярого упродовж усього періоду досліджень (табл. 2).

За припосівного внесення біочару спостерігалася позитивна тенденція до збільшення маси рослин ячменю ярого: у 2023 році – на 5–6 %, у 2024 році – на 3–6 %, у 2025 році – на 6–9 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів).

За припосівного внесення сапропелю позитивний вплив на біомасу ячменю ярого був більш суттєвим порівняно з біочаром – сира маса рослин збільшувалася: у 2023 році – на 8–10 %, у 2024 році – на 9–11 %, у 2025 році – на 8–12 % порівняно з контролем.

Припосівне локальне внесення біогумусу мало найбільший позитивний вплив на накопичення біомаси ячменю ярого з-поміж усіх досліджуваних органічних меліорантів. За припосівного внесення біогумусу біомаса ячменю ярого була істотно більша за контрольний варіант: у 2023 році – на 12–16 %, у 2024 році – на 16–19 %, у 2025 році – на 14–21 %.

Виявлена різниця у впливі досліджуваних органічних меліорантів на показники площі листків і сирої маси рослин ячменю ярого пояснюються самою природою таких меліорантів. Біочар як продукт піролізу органічних

відходів або (як у нашому дослідженні) деревини не може слугувати джерелом корисної мікрофлори, рослинних гормонів або вітамінів, на відміну від сапропелю і особливо біогумусу. Позитивна дія біочару на ріст і розвиток рослин пояснюється його пористою структурою, що діє як адсорбент, покращуючи структуру ґрунту (за внесення у дозах 3–20 т/га) [19] та створюючи привабливі життєві умови для уже наявної в ґрунті (або на поверхні насіння) мікрофлори [10]. Тому для збільшення ефективності припосівного локального внесення біочару вбачається корисним його поєднання з мікробними інокулянтами та мінеральними добривами [20]. Проте збагачений мінералами і корисними мікробами біочар, попри свій корисний вплив на ґрунт і рослини, може бути економічно невигідним через дорожчу ціну. Сапропель і біогумус містять спори корисних бактерій і симбіотичних грибів, гумінові речовини, фітогормони і вітаміни [14; 17]. Цим і зумовлене істотне збільшення листкової поверхні і сирої маси рослин ячменю ярого у нашому дослідженні за припосівного локального внесення сапропелю і особливо біогумусу.

Накопичення біомаси рослин мало сильну позитивну кореляцію з урожайністю ячменю ярого ($r = 0{,}91–0{,}99$) упродовж усіх фаз вегетації.

Припосівне локальне внесення усіх досліджуваних меліорантів мало позитивний вплив на фотосинтетичний потенціал посіву ячменю ярого (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив припосівного внесення органічних меліорантів на фотосинтетичні показники і урожайність ячменю ярого (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	ФПП за вегетацію, тис. м²/га × діб	ЧПФ за період трубкування-колосіння, г/м² за добу	Урожайність, т/га
Сорт Командор			
Контроль	2429,4	3,8	3,7
Біочар	2587,5	4,1	3,9
Сапропель	2639,2	4,0	4,1
Біогумус	2777,1	4,6	4,4
Сорт КВС Кріссі			
Контроль	2678,3	3,7	4,0
Біочар	2740,6	3,8	4,1
Сапропель	2854,8	3,7	4,3
Біогумус	2913,2	3,9	4,5
Сорт Абсолют			
Контроль	2967,3	3,6	4,6
Біочар	3035,4	3,8	4,7
Сапропель	3126,5	3,6	4,9
Біогумус	3273,6	3,7	5,2
HIP_{05}	201,1	0,31	0,34

За припосівного внесення біочару це була лише позитивна тенденція (статистично неістотна) збільшення ФПП стосовно контрольного варіанту (без внесення органічних меліорантів) – на 2–7 %. За припосівного внесення сапропелю ФПП збільшилося у середньому за три роки досліджень на 5–9 %. За припосівного внесення біогумусу збільшення ФПП було статистично істотним по всіх досліджуваних сортах на 9–14 %. Потрібно зауважити, що за величиною ФПП між сортами була істотна різниця: між сортом КВС Кріссі і сортом Командор – лише у контрольному варіанті (на 10 %); між сортом Абсолют і сортом Командор – в усіх варіантах досліду (на 17–22 %). Отримані нами дані підтверджують раніше опубліковані іншими дослідниками дані щодо позитивного впливу органічних меліорантів на ФПП зернових культур [8; 13; 14; 17].

Чиста продуктивність фотосинтезу мала тенденцію до збільшення за припосівного внесення біочару – на 3–6 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів). Припосівне внесення сапропелю не впливало на величину ЧПФ по сортах КВС Кріссі і Абсолют. По сорту Командор припосівне внесення сапропелю збільшувало ЧПФ статистично неістотно – на 5 %. Припосівне внесення біогумусу істотно збільшувало ЧПФ лише по сорту Командор – на 21 %. По сортах КВС Кріссі і Абсолют за дії припосівного внесення біогумусу була лише тенденція до збільшення ЧПФ – на 3–5 %.

Припосівне внесення біочару, сапропелю і біогумусу позитивно впливало на урожайність ячменю ярого. У середньому за три роки досліджень по сортах Командор, КВС Кріссі і Абсолют за дії припосівного локального внесення біочару урожайність ячменю ярого збільшилася на 2–5 %; за припосівного внесення сапропелю і біогумусу – відповідно на 7–11 і 12–19 %. За врожайністю у контрольному варіанті (без внесення органічних меліорантів) сорт КВС Кріссі переважав сорт Командор на 8 %, сорт Абсолют – на 24 % (у середньому за три роки досліджень).

Між ФПП ячменю ярого у нашому дослідженні був виявлений сильний позитивний кореляційний зв'язок з урожайністю (рис. 1). Сильна позитивна кореляція між ФПП і врожайністю зерна свідчить про ефективне використання посівами енергії фотосинтетичної сонячної радіації [11; 15].

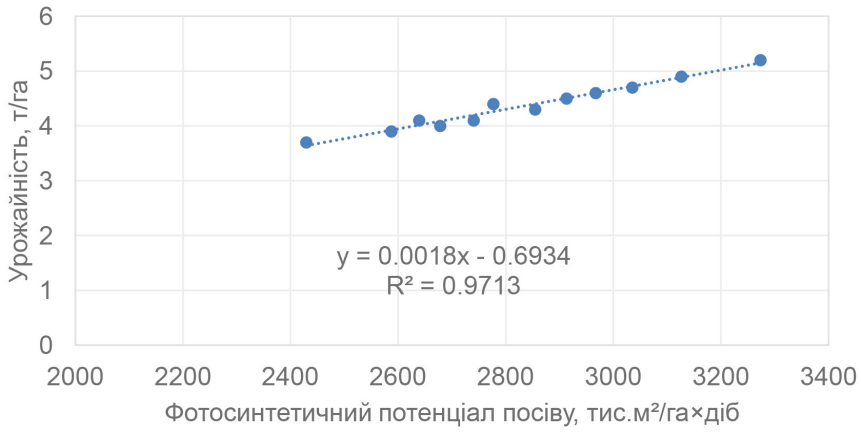


Рис. 1. Кореляція між фотосинтетичним потенціалом і урожайністю ячменю ярого (середня за 2023–2025 рр.)

У середньому за 2023–2025 роки ФПП ячменю ярого слабко корелював із чистою продуктивністю фотосинтезу (рис. 2). ЧПФ перебуває в певному зворотному зв'язку з площею листків (див. формула 3), віддзеркалює результат перерозподілу пластичних речовин на клітинному рівні в організмі рослини і залежить як від технологічних прийомів вирощування, так і від екологічної пластичності сорту [3]. Причому зменшення ЧПФ у посівах з високими показниками ФПП необов'язково призводить до зменшення урожайності [18].

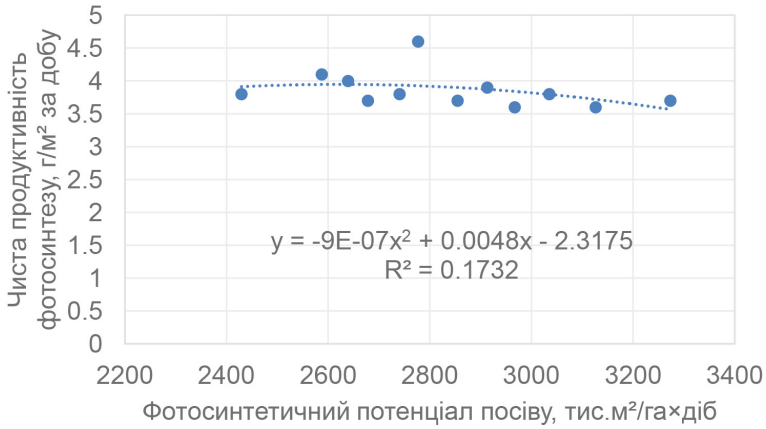


Рис. 2. Поліноміальна лінія тренду чистої продуктивності фотосинтезу і фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю звичайного ярого (середня за 2023–2025 рр.)

Своєю чергою чиста продуктивність фотосинтезу слабко корелювала з урожайністю ячменю ярого у нашому досліді (рис. 3).

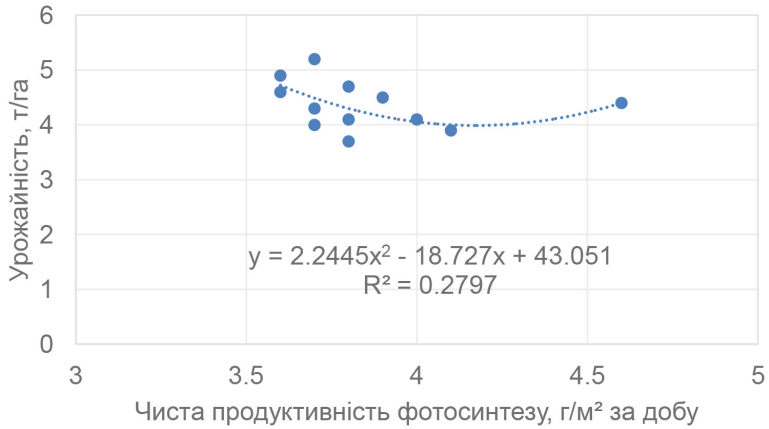


Рис. 3. Поліноміальна лінія тренду чистої продуктивності фотосинтезу та урожайності ячменю ярого (середня за 2023–2025 рр.)

Це може пояснюватись реакцією рослин ячменю ярого на складні і неоднозначні погодно-кліматичні умови, які склалися у роки досліджень. Адже повідомлялося, що за умов посухи кореляція між ФПП і врожайністю зерна, а також між ЧПФ і врожайністю зерна може бути навіть від'ємною [3]. Оскільки в умовах посухи велика площа листкової поверхні може призводити до збільшення сумарної транспірації і зневоднення рослин, а продуктивність фотосинтезу спрямовується на формування листостеблової маси [18]. Інтенсивність фотосинтезу не завжди має сильний кореляційний зв'язок з продуктивністю господарсько-цінних органів рослин через опосередкований вплив складних донор-акцепторних закономірностей розподілу потоку фотоасимілятів у рослинах [9].

Висновки. За припосівного локального внесення біочару упродовж усіх трьох років досліджень спостерігалися позитивні тенденції до збільшення показників інтенсивності фотосинтезу та урожайності зерна: площі листків – на 6–11 %; маси рослин – на 3–9 %; фотосинтетичного потенціалу посівів – на 2–7 %; чистої продуктивності фотосинтезу – на 3–6 %; урожайності – на 2–5 % порівняно з контрольним варіантом (без внесення органічних меліорантів).

Припосівне локальне внесення сапропелю сприяло збільшенню площі листкової поверхні ячменю ярого на 8–13 %; сирої маси рослин – на 8–12 %; фотосинтетичного потенціалу посівів – на 5–9 %; урожайності – на 7–11 %. Припосівне внесення сапропелю не впливало на величину чистої продуктивності фотосинтезу по сортах КВС Кріссі і Абсолют (по сорту Командор була тенденція до збільшення на 5 %).

За дії припосівного внесення біогумусу площа листкової поверхні ячменю ярого збільшувалася на 13–21 %; накопичення біомаси – на 12–21 %; фотосинтетичний потенціал посівів – на 9–14 %; урожайність зерна – на 12–19 % (порівняно з варіантом досліду без внесення органічних меліорантів). Припосівне внесення біогумусу істотно збільшувало чисту продуктивність фотосинтезу лише по сорту Командор на 21 %. По сортах КВС Кріссі і Абсолют за дії припосівного внесення біогумусу була лише тенденція до збільшення на 3–5 %.

Показник площі листкової поверхні виявляв високу позитивну кореляцію (r = 0,89–0,95) з урожайністю ячменю ярого упродовж більшості вегетаційних фаз. Проте на етапах колосіння та воскової стиглості цей зв'язок був значно слабшим, характеризуючись низькими до помірних коефіцієнтами кореляції (r = 0,05–0,35). Окрім того, площа асиміляційної поверхні тісно позитивно корелювала із сирою біомасою рослин ячменю (r = 0,73–0,99).

Акумуляція біомаси культури також демонструвала значний позитивний взаємозв'язок з урожайністю ячменю ярого (r = 0,91–0,99) на всіх стадіях його розвитку.

Щодо фотосинтетичного потенціалу агроценозу, то він значно позитивно корелював з урожайністю ячменю ярого (r = 0,97), тоді як з чистою фотосинтетичною продуктивністю спостерігалася незначна негативна кореляція (r = –0,17). Чиста продуктивність фотосинтезу мала слабку кореляцію з урожайністю ячменю ярого у досліді (r = 0,28).

Список використаних джерел

1. Бунчак О. М. Вплив органічних добрив, виготовлених за новітніми технологіями, на продуктивність фотосинтезу пшениці ярої в умовах Західного Лісостепу. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 171–178. URL: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/bunchak-agro-1-2018-171-178_0.pdf (дата звернення: 16.01.2026).

2. Гавриш С. Л., Бондарева О. Б., Вінюкова О. Б. Ефективність внесення біогумусу підсівом у посівах еспарцету літнього. *Корми та кормовиробництво*. 2018. № 85. С. 55–62. URL: https://fri.vin.ua/download_materials/catalogues/85.pdf (дата звернення: 27.01.2026).

3. Іванів М. О., Репілевський Д. Е. Фотосинтетичні показники та урожайність гібридів кукурудзи залежно від елементів технології. *Аграрні інновації*. 2021. № 4. С. 38–44. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.6

4. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах. URL: https://stat.gov.ua/uk/releases/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur (дата звернення: 27.01.2026).

5. Панфілова А. В. Агроекологічне обґрунтування технологій вирощування пшениці озимої та ячменю ярого за різних систем живлення в умовах Південного Степу України : дис.... доктора с.-г. наук : 06.01.09. Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв; Херсонський державний аграрно-економічний університет, Херсон, 2021. 422 с.

6. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство). Херсон : Грінь Д.С., 2014. 448 с.

7. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.

8. Baran A., Tarnawski M., Koniarz T., Jasiewicz C. Agricultural use of sediments from Narożniki reservoir – Yield and concentration of macronutrients and trace elements in the plant. *Infrastruct. Ecol. Rural. Areas*. 2016. № 4. P. 1217–1228. DOI: https://doi.org/10.14597/infraeco.2016.4.1.089

9. Chauhan J., Prathibha M. D., Singh P., Choyal P., Mishra U. N., Saha D., Singhal R. K. Plant photosynthesis under abiotic stresses: Damages, adaptive, and signaling mechanisms. *Plant Stress*. 2023. № 10. 100296. DOI: https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100296

10. Chew J., Joseph S., Chen G., Zhang Y., Zhu L., Liu M. Biochar-based fertilizer enhances nutrient uptake and transport in rice seedlings. *Sci. Total Environ*. 2022. № 826. 154174. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154174

11. Croce R., Carmo-Silva E., Cho Y. B., Ermakova M., Harbinson J., Lawson T., Zhu X. G. Perspectives on improving photosynthesis to increase crop yield. *The plant cell*. 2024. № 36(10). P. 3944–3973. DOI: https://doi.org/10.1093/plcell/koae132

12. Geng L., Li M., Zhang G., Ye L. Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*. 2022. № 6. fyac012. DOI: https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012

13. Liu X., Zhang J., Wang Q., Chang T., Shaghaleh H., Hamoud Y.A. Improvement of photosynthesis by biochar and vermicompost to enhance tomato (Solanum lycopersicum L.) yield under greenhouse conditions. *Plants*. 2022. № 11(23). 3214. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11233214

14. Liužinas R., Jankevičius K., Šalkauskas M., Mikalajūnas M. Improvement of lake sapropel quality: a new method. *Geografijos metraštis*. 2005. № 38. P. 44–51. URL: https://gamtostyrimai.lt/wp-content/uploads/2022/06/275_cd3745c8d557ffdbd1fd8c1950e00035.pdf

15. Lv J., Xie J., Mohamed A. G. A. Solar utilization beyond photosynthesis. *Nat Rev Chem*. 2023. № 7. P. 91–105. DOI: https://doi.org/10.1038/s41570-022-00448-9

16. Ravan M. S., Karizaki A. R., Biabani A., Moghaddam A. N., Alamdari E. G. Photosynthetic material remobilization and its contribution to barley yield. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2022. № 57. e02968. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02968

17. Soltan H. A. H., Dakhly O. F., Mahmoud M. A., Fayz Y. F. Microbiological and genetical identification of some vermicompost beneficial associated bacteria. *SVU – International Journal of Agricultural Sciences*. 2022. № 4(1). P. 21–36. DOI: https://doi.org/10.21608/svuijas.2021.106875.1154

18. Zhang J., Chen W., Dell B. Wheat genotypic variation in dynamic fluxes of WSC components in different stem segments under drought during grain filling. *Frontiers in Plant Science*. 2015. V. 6. Art. 624. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00624

19. Zhang K., Han X., Fu Y., Khan Z., Zhang B., Bi J., Luo L. Biochar coating promoted rice growth under drought stress through modulating photosynthetic apparatus, chloroplast ultrastructure, stomatal traits and ROS homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2024. № 216. 109145. DOI: https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109145

20. Zhang W., Niu W., Luo H. Effect of Biochar Amendment on the Growth and Photosynthetic Traits of Plants Under Drought Stress: A Meta-Analysis. *Agronomy*. 2024. № 14(12). 2952. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy14122952

Gerasko T. V.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Growing and Horticulture named after Professor V. V. Kalytka,
Tavrichesky State Agrotechnological University named after Dmitry Motorny
Zaporizhzhia, Ukraine
E-mail: *tetiana.herasko@tsatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-1331-4397*

Makarchuk B. M.
Senior Researcher, Informatization Sector, Department of Scientific and Technical Information,
Ukrainian Institute of Plant Variety Examination
Kyiv, Ukraine
E-mail: *bohdan.makarchuk@gmail.com*
ORCID: *0009-0003-4957-8399*

THE INFLUENCE OF SOWING LOCAL APPLICATION OF ORGANIC AMELIORANTS ON THE PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY

Abstract

Field research was conducted in the period 2023–2025 on the basis of the Kyiv Specialized Branch of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, located in the Bila Tserkva district of Kyiv region. Spring barley (Hordeum vulgare L.) was grown using organic technology, where the predecessor in the crop rotation was meadow clover (Trifolium pratense). Organic ameliorants (biochar, sapropel and biohumus) were applied at a dose of 100 kg ha^{-1} using a seeder during barley sowing. During three years of research, local application of biochar at sowing contributed to positive changes in the growth and productivity of spring barley: leaf area increased by 6–11 %, plant mass increased by 3–9 %, photosynthetic potential of crops increased by 2–7 %, net productivity of photosynthesis by 3–6 %, and grain yield showed an increase of 2–5 % compared to the control variant, where organic ameliorants were not used.

Local application of sapropel at sowing had a positive effect on the agrobiological indicators of spring barley. In particular, an increase in the leaf surface area of plants by 8–13 %, fresh mass by 8–12 %, photosynthetic potential of crops by 5–9 %, and yield by 7–11 %. However, its introduction did not cause significant changes in the net productivity of photosynthesis for the varieties of KWS Krissy and Absolut, although a tendency to improve was observed for the variety of Komandor – by 5 %.

The use of biohumus during sowing showed the most pronounced effect (compared to biochar and sapropel) on the intensity of photosynthesis and yield of spring barley. The leaf surface area of spring barley increased by 13–21 %; biomass accumulation – by 12–21 %; photosynthetic potential of crops – by 9–14 %; grain yield – by 12–19 % compared to the control variant without organic ameliorants. Biohumus significantly increased the level of net productivity of photosynthesis for the variety of Komandor – by 21 %, while for the varieties of KWS Krissy and Absolut there was only a tendency to increase – by 3–5 %.

Leaf area was strongly positively correlated (r = 0.89–0.95) with spring barley yield during all growing periods, except for earing and waxy maturity, when the correlation was insignificant and moderate (r = 0.05–0.35). Leaf area was also strongly positively correlated with spring barley plant fresh weight (r = 0.73–0.99).

Plant biomass accumulation was strongly positively correlated with spring barley yield (r = 0.91–0.99) during all growing phases.

Photosynthetic potential of the crop was strongly positively correlated with spring barley yield (r = 0.97) and weakly correlated with net photosynthetic productivity (r = – 0.17). Net photosynthetic productivity was weakly correlated with spring barley yield in this study (r = 0.28).

The results of this study should serve to improve and accelerate the implementation of organic spring barley growing technology.

Key words: *spring barley, biochar, sapropel, biohumus, photosynthesis.*

References

1. Bunchak, O. M. (2018). Vplyv orhanichnykh dobryv, vyhotovlenykh za novitnimy tekhnolohiiamy, na produktyvnist fotosyntezu pshenytsi yaroi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [The influence of organic fertilizers produced using the latest technologies on the photosynthesis productivity of spring wheat in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Ahrobiolohiia*. No. 1, pp. 171–178. Retrieved from: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/bunchak-agro-1-2018-171-178_0.pdf [in Ukrainian].

2. Havrysh, S. L., Bondareva, O. B., Viniukova, O. B. (2018). Efektyvnist vnesennia biohumusu pidsivom u posivakh espartsetu litnoho [The effectiveness of biohumus application by undersowing in summer sainfoin crops]. *Kormy ta kormovyrobnytstvo*. No. 85, pp. 55–62. Retrieved from: https://fri.vin.ua/download_materials/catalogues/85.pdf

3. Ivaniv, M. O., Repilevskyi, D. E. (2021). Fotosyntetychni pokaznyky ta urozhainist hibrydiv kukurudzy zalezhno vid elementiv tekhnolohii [Photosynthetic indicators and yield of corn hybrids depending on technology elements]. *Ahrarni innovatsii*. No. 4. Pp. 38–44. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.4.6 [in Ukrainian].

4. Obsiah vyrobnytstva, urozhainist ta zibrana ploshcha silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy po rehionakh [Production volume, yield and harvested area of agricultural crops by type by region]. Retrieved from: https://stat.gov.ua/uk/releases/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur [in Ukrainian].

5. Panfilova, A.V. (2021). Ahroekolohichne obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi ta yachmeniu yaroho za riznykh system zhyvlennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy: dys.... doktora s.-h. nauk [Agroecological substantiation of technologies for growing winter wheat and spring barley under different nutrition systems in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine: dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences]. 06.01.09. Mykolaivskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet, Mykolaiv; Khersonskyi derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet, Kherson, 422 p. [in Ukrainian].

6. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., Kokovikhin, S. V. (2014). Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]. Kherson: Hrin D.S., 448 p. [in Ukrainian].

7. Ushkarenko, V. O., Nikishenko, V. L., Holoborodko, S. P., Kokovikhin, S. V. (2009). Dyspersiinyi i koreliatsiinyi analiz rezultativ polovykh doslidiv: monohrafiia [Dispersion and correlation analysis of field experiment results: monograph]. Kherson: Ailant, 372 p. [in Ukrainian].

8. Baran, A., Tarnawski, M., Koniarz, T., Jasiewicz, C. (2016). Agricultural use of sediments from Narożniki reservoir – Yield and concentration of macronutrients and trace elements in the plant. *Infrastruct. Ecol. Rural. Areas*. No.4, pp. 1217–1228. https://doi.org/10.14597/infraeco.2016.4.1.089

9. Chauhan, J., Prathibha, M.D., Singh, P., Choyal, P., Mishra, U.N., Saha, D.,... & Singhal, R. K. (2023). Plant photosynthesis under abiotic stresses: Damages, adaptive, and signaling mechanisms. *Plant Stress*. No. 10, 100296. https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100296.

10. Chew, J., Joseph, S., Chen, G., Zhang, Y., Zhu, L., Liu, M., et al. (2022). Biochar-based fertilizer enhances nutrient uptake and transport in rice seedlings. *Sci. Total Environ*, No. 826:154174. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154174

11. Croce, R., Carmo-Silva, E., Cho, Y. B., Ermakova, M., Harbinson, J., Lawson, T.,... & Zhu, X. G. (2024). Perspectives on improving photosynthesis to increase crop yield. *The plant cell*. No. 36(10), 3944–3973. https://doi.org/10.1093/plcell/koae132

12. Geng, L., Li, M., Zhang, G., Ye, L. (2022). Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*. No. 6, fyac012. https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012

13. Liu, X., Zhang, J., Wang, Q., Chang, T., Shaghaleh, H., & Hamoud, Y. A. (2022). Improvement of photosynthesis by biochar and vermicompost to enhance tomato (Solanum lycopersicum L.) yield under greenhouse conditions. *Plants*. No. 11(23), 3214. https://doi.org/10.3390/plants11233214

14. Liužinas, R., Jankevičius, K., Šalkauskas. M., Mikalajūnas, M. (2005). Improvement of lake sapropel quality: a new method. *Geografijos metraštis*. No. 38. P. 44–51. Retrieved from: https://gamtostyrimai.lt/wp-content/uploads/2022/06/275_cd3745c8d557ffdbd1fd8c1950e00035.pdf

15. Lv, J., Xie, J., Mohamed, A. G. A. (2023). Solar utilization beyond photosynthesis. *Nat Rev Chem*. No.7, pp. 91–105. https://doi.org/10.1038/s41570-022-00448-9

16. Ravan, M. S., Karizaki, A. R., Biabani, A., Moghaddam, A. N., & Alamdari, E. G. (2022). Photosynthetic material remobilization and its contribution to barley yield. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. No. 57, e02968. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02968

17. Soltan, H. A. H., Dakhly, O. F., Mahmoud, M. A., Fayz, Y.F. (2022). Microbiological and genetical identification of some vermicompost beneficial associated bacteria. *SVU – International Journal of Agricultural Sciences*. No. 4(1), pp. 21–36. https://doi.org/10.21608/svuijas.2021.106875.1154

18. Zhang J., Chen W., Dell B. (2015). Wheat genotypic variation in dynamic fluxes of WSC components in different stem segments under drought during grain filling. *Frontiers in Plant Science*. V. 6. Art. 624. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00624

19. Zhang, K., Han, X., Fu, Y., Khan, Z., Zhang, B., Bi, J., Luo, L. (2024). Biochar coating promoted rice growth under drought stress through modulating photosynthetic apparatus, chloroplast ultrastructure, stomatal traits and ROS homeostasis. *Plant Physiology and Biochemistry*. No. 216, 109145. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109145

20. Zhang, W., Niu, W., & Luo, H. (2024). Effect of Biochar Amendment on the Growth and Photosynthetic Traits of Plants Under Drought Stress: A Meta-Analysis. *Agronomy*, 14(12), 2952. https://doi.org/10.3390/agronomy14122952

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 631.147:632.915
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-9

Грицюк Н. В.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *ngritsyuk78@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4185-7495*

Тимощук Т. М.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *tat-niktim@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-8980-7334*

Бакалова А. В.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *bakalova1970@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6803-6304*

Рибіцька Г. В.
спеціаліст вищої категорії, викладач-методист,
Фаховий коледж будівництва, архітектури та дизайну
Поліського національного університету
Житомир, Україна
E-mail: *galina.rybytska@gmail.com*
ORCID: *0009-0002-5762-5549*

ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ СОРТІВ СОЇ ДО МІКОЗІВ ЗА ОРГАНІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

Анотація

У статті розглянуто питання, пов'язані з виробництвом екологічно безпечної продукції сої із застосуванням елементів органічного землеробства. Метою досліджень було вивчення стійкості органічних сортів сої до фузаріозної кореневої гнилі, аскохітозу, пероноспорозу в умовах центрального Полісся України. Дослідження проводили упродовж 2023–2024 років у виробничих посівах ТОВ «Агровест-Груп». Мікрофлору насіння сої визначали згідно з ДСТУ 4138-2002. Для визначення оцінки стійкості у фазі початку формування насіння до аскохітозу, пероноспорозу застосовували візуальний метод за симптомами хвороби. У процесі здійснення поставлених завдань вивчали 6 сортів сої органічного походження зарубіжної селекції, які занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Встановлено, що найбільше насіння сої було заселено грибами Alternaria sp., і становило залежно від сорту від 3,8 до 15,3 %. Сприйнятливими сортами до цих грибів були Атакама, ступінь ураження –15,3 %, Ахілея – 14,6 %. Поширення грибів родів Fusarium sp. спостерігали на рівні 0,2–1,5 %, Peronosporasp. – 1,0–10,8 %. Сприйнятливими до фузаріозної інфекції виявилися сорти Сфінкса – 1,5 % та Ахілея – 1,2 % інфікованого насіння. Нестійкими сортами до збудників Peronospora sp. були Ахілея – 10,8 % та Атакама – 8,1 %. Відносно стійкими до аскохітозу хвороби виявилися сорти Страйв, розвиток хвороби становив 11,0 %, Командор – 12,3 %, та Ахілея – 13,6 %. Сорти Віола, Сфінкса, Атакама є не стійкими до аскофітозу, розвиток хвороби становить у межах 14,4–19,0 %, поширення – 39,7–43,3 %. Відносну стійкість до пероноспорозу мали сорти сої Командор (розвиток хвороби – 6,0 %, поширення хвороби – 15,6 %), Ахілея (8,3 %, 21,4 %), Страйв (8,8 %, 24,0 %). Всі досліджувані сорти сої є біологічно не стійкими проти хвороб грибної етіології. Відносно стійкими до аскохітозу виявилися сорти Страйв, розвиток хвороби становив 11,0 %, Командор – 12,3 % та Ахілея – 13,6 %. До фузаріозної кореневої гнилі стійкість виявили сорти Страйв, Командор, Ахілея. Залежно від сорту урожайність змінювалась у середньому за роки досліджень від 2,02 до 3,05 т/га. Най-

© Грицюк Н. В., Тимощук Т. М., Бакалова А. В., Рибіцька Г. В., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

більший приріст врожаю зерна сої отримали під час вирощування сортів Ахілея і Страйв, де прибавка становила відповідно 0,83 і 0,45 т/га, що на 37,4 і 20,3 % більше порівняно із сортом-стандартом Віола.

Ключові слова: *урожайність, аскохітоз, пероноспороз, фузаріозна коренева гниль, фітопатогени, екологічна стійкість, соя.*

Вступ. Соя є цінною бобовою культурою. Стрімке зростання виробництва культури у світі та в Україні зумовлене тим, що вона є джерелом білка (близько 40 %), олії (до 25 %), що є дешевшим ніж тваринний, також соя користується великим попитом у різних галузях промисловості та є високоприбутковою культурою. Соя займає значну частку загального обсягу виробництва олійних культур, близько 61 % [4, с. 131–132]. Крім того, соя є стратегічно важливою культурою для імплементації Європейського зеленого курсу в аграрному секторі, оскільки завдяки симбіотичній фіксації атмосферного азоту вона знижує потребу в застосуванні синтетичних азотних добрив. Вирощування сої сприяє збагаченню ґрунту високоякісною органічною речовиною, активізації біологічних процесів, покращенню циркуляції поживних елементів і підвищенню вологоутримувальної здатності ґрунту. У системі органічного землеробства соя відіграє ключову роль у формуванні стійких сівозмін і підвищенні родючості ґрунтів, що забезпечує зростання обсягів екологічно безпечної рослинницької продукції [18, с. 70–71].

Основні площі сої в Україні зосереджені у Лісостеповій зоні, але щорічно збільшуються масштаби вирощування культури, зокрема у Поліссі [5, с. 127]. Так, останніми роками площі вирощування сої в Житомирській області, за даними територіальних органів служби статистики, щорічно збільшувалися та становили на 2024 р. понад 200 тис. га. У різних районах Житомирщини врожайність культури варіює від 1,5 до 2,5 т/га, що значною мірою залежить від технології вирощування [17, с. 1–2].

Вирішення завдання розширення виробництва сої у Поліській зоні пов'язане не стільки зі збільшенням посівних площ (частка культури у структурі зараз досягає 30 %), скільки з підвищенням її продуктивності. Соя має високу продуктивність, яка у виробничих умовах не може реалізуватися повністю [3, с. 75–76].

Завдавати шкоди сої можуть понад 30 видів фітопатогенів, призводячи до зниження врожайності на 15–20 % і більше [12, с. 9]. У зв'язку з цим потенційна врожайність сої в Україні не реалізується повністю. Багато збудників хвороб сої передаються через насіння, знижуючи її посівні якості, зріджуючи сходи, пригнічуючи розвиток рослин. Серед хвороб сої особливого поширення та шкідливості набули фузаріозна коренева гниль, збудники якої передаються через насіння. Серед листкових хвороб найнебезпечнішими є аскохітоз, септоріоз, церкоспороз, альтернаріоз, антракноз, пероноспороз [16, с. 50–51]. Найбільш екологічно безпечний, економічно вигідний і радикальний метод контролю більшості мікозів сої – впровадження у виробництво стійких та інтенсивних сортів.

Багаторічна практика свідчить, що вирощування стійких сортів сприяє поліпшенню фітосанітарного стану посівів, крім того, дозволяє зменшити кількість хімічних обробок або навіть повністю відмовитися від них. Це забезпечує не лише стабільне отримання екологічно чистої продукції, а й істотне покращення стану довкілля [1, с. 22–23; 2, с. 53–54].

Питання ефективності впровадження технологій вирощування сільськогосподарських культур у системі органічного виробництва широко висвітлені в наукових працях вітчизняних і зарубіжних учених. За даними А.В. Пилипченко, одним із ключових завдань органічного землеробства є нарощування виробництва безпечної рослинницької продукції за одночасного збереження екологічної стійкості агроекосистем [19, с. 55–56].

У сучасних умовах особливої значущості набуває питання розвитку органічного виробництва сої, що зумовлює поступове розширення посівних площ та зростання обсягів її вирощування. Для ефективного та масштабного розвитку вітчизняного органічного сектору вирощування сої необхідним є формування власної бази органічного насіннєвого матеріалу [20, с. 1088–1090; 15, с. 61–62].

Органічне насінництво сої охоплює не лише застосування органічних технологій виробництва з дотриманням відповідних агротехнічних вимог, але й обов'язкове врахування перехідного періоду, передбаченого чинними нормативними документами [8, с. 90–91].

Технологічні підходи до вирощування сої в умовах органічного виробництва, як і для більшості інших сільськогосподарських культур, мають відповідати встановленим вимогам та принципам органічного рослинництва [14, с. 45–46].

В Українських селекційних установах випробувано чимало сортів сої, які стійкі до фузаріозної інфекції, проте сортів, стійких до антракнозу, переноспорозу, аскохітозу мало. Практично відсутні сорти з комплексною стійкістю. Сорти, які мають захист від певних хвороб, часто не стійкі до інших [11, с. 4–5]. Ефективним методом фітосанітарного контролю є впровадження багатосортових посівів, що мають різні генотипи стійкості. Завдяки використанню гетерогенних посівів досягається вища врожайність порівняно з моносортовими, що знижує ризик розвитку епіфітотій. Під час формування складу багатосортових посівів враховують не лише стійкість до біотичних чинників, але й урожайність, зимостійкість, посухостійкість та інші важливі характеристики сортів. Кожен сорт має свої переваги та може компенсувати недоліки інших сортів [10, с. 156; 6, с. 7–8].

Мета роботи – вивчити стійкість органічних сортів сої до фузаріозної кореневої гнилі, аскохітозу, пероноспорозу в умовах Полісся України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети щодо стійкості сортів органічного походження сої посівної до мікозів проводили дослідження упродовж 2023–2024 років у виробничих

посівах ТОВ «Агровест-Груп» Звягельського району Житомирської області с. Смолдирів та у лабораторії здоров'я фітоценозів і трофології Поліського національного університету. Ґрунтовий покрив у місцях проведення досліджень складається з дерново-підзолистих ґрунтів з різним ступенем опідзолення. Їхній механічний склад переважно супіщаний і піщаний. Ґрунтоутворюючі породи – делювіогляціальні відклади. Ґрунти під дослідними ділянками мали такі характеристики: вміст гумусу в орному шарі – 1,9 %; рухомих форм фосфору (P_2O_5) – 10,2 мг; обмінного калію – 15,5 мг (K_2O) на 100 г ґрунту, ступінь кислотності (РН) становила 5,5 і вміст азоту (N) – 8,1 мг/100 г ґрунту.

Повторність варіантів у досліді триразова. Норма висіву насіння – від 70 до 130 кг/га залежно від сорту. Зразки сої висівали ярусами, які обсівали сумішшю сприйнятливих сортів – накопичувачів інфекції. Під сою вносили мінеральні добрива із розрахунку $N_{80}P_{20}K_{40}$. За допомогою прикладних комп'ютерних програм методом дисперсійного аналізу проводили статистичну обробку отриманих експериментальних даних [9, с. 15].

У процесі здійснення поставлених завдань нами вивчались 6 сортів сої органічного походження зарубіжної селекції, які занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні (Віола (Viola) – ЗаатцухтДонау Австрія; Сфінкса – «RAGT Semences», Франція; Командор – «Lidea», Франція; Страйв – КенгроДженетікс, Канада; Атакама – ЗаатцухтДонау Австрія; Ахілея – ЗаатцухтДонау Австрія).

Мікрофлору насіння сої визначали методом пророщування у вологих камерах чашок Петрі, згідно з ДСТУ 4138-2002. Поширення та розвиток листкових і кореневих хвороб визначали за загальноприйнятими методиками [7, с. 112].

Для визначення оцінки стійкості у фазі початку формування насіння до аскохітозу, пероноспорозу застосовували візуальний метод за симптомами хвороби. Ступінь ураження рослин оцінювали за шкалою стійкості сортів сої до аскохітозу, пероноспорозу [13, с. 94]. Стійкими вважали зразки сої, у яких відсоток розвитку аскофітозу, пероноспорозу на листі не перевищує 25 % за результатами візуального огляду.

Обліки ураженості фузаріозною кореневою гниллю проводили у фазах сходів та цвітіння-плодоутворення, використовуючи шкалу ураженості сої фузаріозною кореневою гниллю [13, с. 99–101].

Стійкість або сприйнятливість рослин до хвороб є спадковими властивостями, які в процесі розвитку рослин можуть змінюватися під дією умов зовнішнього середовища, ступінь стійкості визначається за розміром та характером уражень, а також за швидкістю розвитку хвороби.

Перший етап вивчення толерантності сортів до збудників грибної етіології почали з мікрофлори насіння (рис. 1).

На насінні сої виявили гриби родів *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Peronospora* sp., сапрофітна інфекція представлена грибами *Penicillium* sp. і варіювала у межах 0,2–1,2 %. Найбільше насіння сої було заселено грибами *Alternaria* sp. і становило залежно від сорту від 3,8 до 15,3 %. Сприйнятливими сортами до цих грибів були Атакама, ступінь ураження – 15,3 %, Ахілея – 14,6 %. Поширення грибів родів *Fusarium* sp. спостерігали на рівні

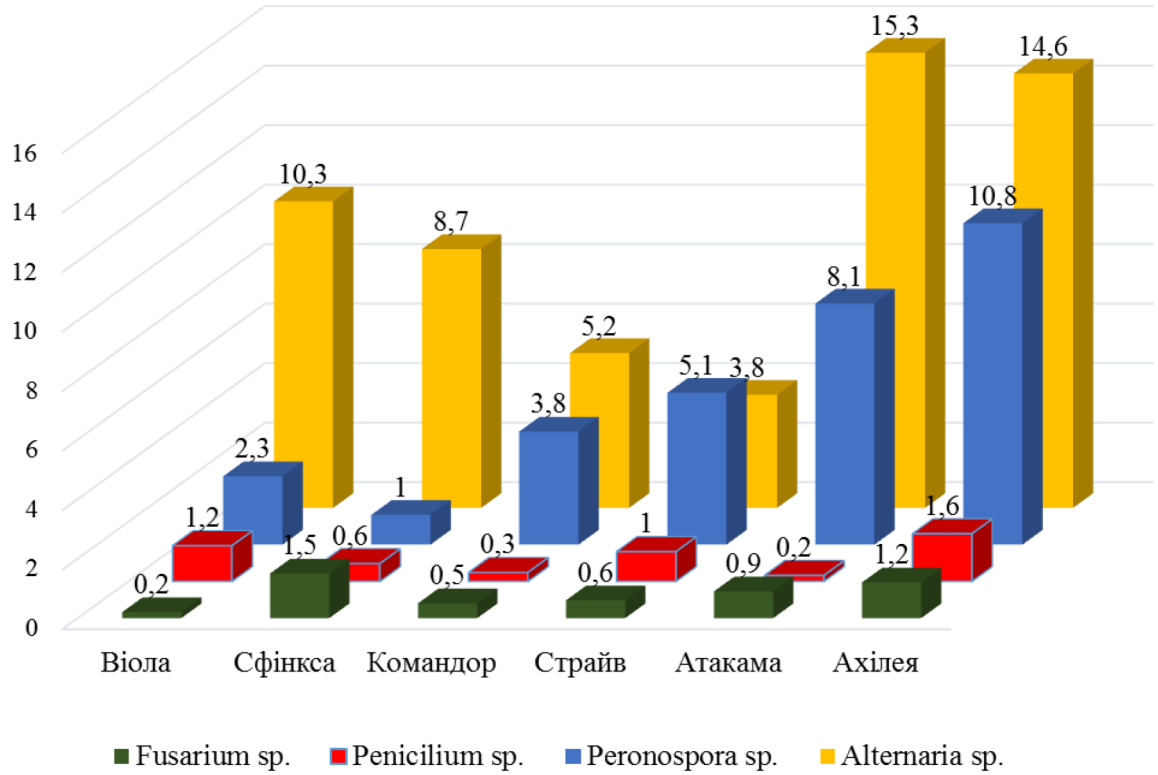


Рис. 1. Ураженість насіння сортів сої збудниками хвороб грибного походження (2023–2024 рр.)

0,2–1,5 %, *Peronospora* sp. – 1,0–10,8 %. Сприйнятливими до фузаріозної інфекції виявилися сорти Сфінкса – 1,5 % та Афілея – 1,2 % інфікованого насіння. Нестійкими сортами до збудників *Peronospora* sp. були Ахілея – 10,8 % та Атакама – 8,1 %. Комплексну стійкість до всіх збудників хвороб, які виявлено на насінні сої, мали сорт Страйв, ураженість становила 0,6 % (*Fusarium* sp.), 3,8 % (*Alternaria* sp.), 5,1 % (*Peronospora* sp.) та сорт Командор 0,5, 5,2, 3,8 % відповідно.

Аналіз експериментальних даних щодо вивчення стійкості показав, що сорти сої мають неоднакову толерантність до мікозів у фазу початку формування насіння (табл. 1).

Таблиця 1. Стійкість сортів сої до мікозів (2023–2024 рр.)

Назва сорту	Аскохітоз		Пероноспороз		Фузаріозна коренева гниль	
	поширення хвороби, %	розвиток хвороби, %	поширення хвороби, %	розвиток хвороби, %	поширення хвороби, %	розвиток хвороби, %
Віола	39,7	14,4	38,2	16,0	34,7	15,1
Сфінкса	43,3	19,0	19,0	10,0	25,3	15,6
Командор	24,4	12,3	15,6	6,0	19,4	10,5
Страйв	32,3	11,0	24,0	8,8	11,2	3,4
Атакама	41,5	17,0	42,7	16	30,0	13,0
Ахілея	35,2	13,6	21,4	8,3	20,0	11,4

Оцінка стійкості сортів сої показала, що всі досліджувані сорти виявилися не стійкими до аскохітозу, пероноспорозу, фузаріозної кореневої гнилі. Розвиток аскофітозу у фазі початку формування насіння (ВВСН 72) коливався від 13,6 % до 19 %, у разі поширення – від 24,4 % до 41,5 %. Відносно стійкими до цієї хвороби виявилися сорти Страйв, розвиток хвороби становив 11,0 %, Командор – 12,3 % та Ахілея – 13,6 %. Інші сорти –Віола, Сфінкса, Атакама – є нестійкими до аскофітозу, розвиток хвороби становить у межах 14,4–19,0 %, поширення – 39,7–43,3 %. Відносною стійкістю до пероноспорозу виявилися сорти сої Командор (розвиток хвороби – 6,0 %, поширення хвороби – 15,6 %), Ахілея (8,3 %, 21,4 %), Страйв (8,8 %, 24,0 %). До фузаріозної кореневої гнилі стійкість виявили сорти Страйв, Командор, Ахілея.

Скринінг досліджуваних сортів сої показав, що 50 % з них мають групову стійкість до домінуючих хвороб в умовах Звягельського району Житомирської області. Отже, комплексну стійкість до аскохітозу, пероноспорозу, фузаріозної кореневої гнилі мають сорти Командор, Страйв та Ахілея.

Ураження рослин сої хворобами грибної етіології по-різному вплинуло на врожайність сортів, причому слід відзначити, що не завжди більш стійкі сорти забезпечують високу врожайність навіть у разі меншого заселення патогенами (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність сортів сої (2023–2024 рр.)

Назва сорту	Урожайність, т/га				
	2023	2024	середнє за 2 роки	+,- до стандарту	% до стандарту
Віола (стандарт)	2,0	2,45	2,2	–	–
Сфінкса	2,54	2,48	2,51	+0,29	113
Командор	2,23	2,46	2,34	+0,12	105,4
Страйв	2,74	2,59	2,67	+0,45	120,3
Атакама	1,9	2,14	2,02	-0,2	90,1
Ахілея	2,9	3,2	3,05	+0,83	137,4
HIP_{05} (т)		0,1	0,16		

Так, в умовах ТОВ «Агровест-Груп» залежно від сорту урожайність змінювалась у середньому за роки досліджень від 2,02 до 3,05 т/га. Найбільший приріст врожаю зерна сої отримали під час вирощування сортів Ахілея і Страйв, де прибавка становила відповідно 0,83 і 0,45 т/га, що на 37,4 і 20,3 % більше порівняно із сортом-стандартом Віола.

Математична обробка даних урожаю свідчить, що результати наших дослідів є ймовірними, позаяк найменша істотна різниця (НІР) становить 0,1 і 0,16, що значно нижче ніж прибавка.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що в органічному господарстві ТОВ «Агровест-Груп» Звягельського району Житомирської області найбільш поширеними і шкідливими хворобами сої є аскохітоз, пероноспороз і фузаріозна коренева гниль, які щорічно знижують урожайність зерна до 20 % і більше. Всі досліджувані сорти сої є біологічно нестійкими проти хвороб грибної етіології. Відносно стійкими до аскохітозу виявилися сорти Страйв, розвиток хвороби становив 11,0 %, Командор – 12,3 %, та Ахілея – 13,6 %. Відносну стійкість до пероноспорозу виявили сорти сої Командор (розвиток хвороби – 6,0 %, поширення хвороби – 15,6 %), Ахілея (8,3 %, 21,4 %), Страйв (8,8 %, 24,0 %). До фузаріозної кореневої гнилі стійкість виявили сорти Страйв, Командор,

Ахілея. Залежно від сорту урожайність змінювалась у середньому за роки досліджень від 2,02 до 3,05 т/га. Найбільший приріст врожаю зерна сої отримали під час вирощування сортів Ахілея і Страйв, де прибавка становила відповідно 0,83 і 0,45 т/га, що на 37,4 і 20,3 % більше порівняно із сортом-стандартом Віола.

Список використаних джерел

1. Грабовська Т., Лавров В., Грабовський М. Чи варто довіряти органічній продукції? *Екологічний вісник*. 2021. № 5 (129). С. 22–26.
2. Грицюк Н. В. Стійкість сортів пшениці озимої проти збудників кореневих гнилей на фоні штучного зараження. *Фітосанітарна безпека*. 2023. Вип. 69. С. 52–61. https://doi.org/10.36495/PHSS.2023.69.52-61
3. Грицюк Н. В., Тимощук Т. М., Бакалова А. В., Іващенко І. В. Вплив сумісного застосування протруйників та мінеральних добрив на рівень захворюваності рослин сої. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Випуск 1 (11). С. 73–80. https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.08
4. Ільчук М. М., Коновал І. А., Колос З.В. Виробництво сої в Україні та його ресурсне забезпечення на перспективу. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6, № 1–2. С. 131–137.
5. Коробко А. А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 125–134. https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098
6. Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в Правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. Вип. 18. С. 5–17. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-1
7. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості ДСТУ 4138-2002. Видання офіційне. Київ : Держспоживстандарт України, 2023. 173 с.
8. Німенко С. С., Грабовський М. Б. Формування симбіотичного апарату сортів сої за органічного вирощування. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 89–97. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.13
9. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єщенко В. О. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
10. Парфенюк А. І. Сорт рослин як чинник біологічної безпеки в агроценозах України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 155–163.
11. Прус Л. І. Вплив агротехнічних заходів на біологічну активність ґрунту, стійкість проти хвороб та продуктивність сої. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 7 (238). С. 4–8.
12. Сергієнко В. Г., Миколаєвський В. П. Моніторинг хвороб сої в Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 10. С. 9–11.
13 Соя : монографія / В. Ф. Петриченко, В. В. Лихочвор, С. В. Іванюк та ін. Вінниця : «Діло», 2016. 392 с.
14. Терновий Ю. В., Городиська І. М., Чуб А. О., Плаксюк Л. Б. Сортовий асортимент сої для органічного виробництва. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 3. С. 45–51.
15. Didora V., Romanchuk L., Kliuchevych M., Vyshnivskyi P., Matviichuk N. Varietal features of elements of organic soybean cultivation technology. *Scientific Horizons*, 2022. 12(25). С. 60–68. https://doi.org/10.48077/scihor.25(12).2022.60-68
16. Hrytsiuk N., Bakalova A., Ivaschenko I., Kotkova T. Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. 26(3). С. 48–57. https://doi.org/10.48077/scihor3.2023.48
17. На Житомирщині збільшили посівні площі під кукурудзу, соняшник та сою : вебсайт. *Ukrinform*. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3875150-na-zitomirsini-zbilsili-posivni-plosi-pid-kukurudzu-sonasnik-ta-sou.html (дата звернення: 15.06.2024).
18. Mazur O., Mazur O., Tymoshchuk T., Didur I., Tsyhanskyi V. Study of legume-rhizobia symbiosis in soybean for agroecosystem resilience. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27(11). P. 68–89. https://doi.org/10.48077/scihor11.2024.68
19. Pylypchenko A., Marenych M., Hanhur V., Tymoshchuk T., Malynka L. Features of forming the productivity of modern hemp varieties using organic cultivation technology. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(7). P. 54–65. https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.54
20. Marzano Sh.-Y.-L., Villamil M. B, Wander M. M, Ugarte C. M, Wen L. W, Eastburn D. M. Organic transition effects on soilborne diseases of soybean and populations of Pseudomonadaceae. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107 (3). P. 1087–1097. https://doi.org/10.2134/agronj14.0318.

Hrytsiuk N. V.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Phytocenosis Health and Trofology,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *ngritsyuk78@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4185-7495*

Tymoshchuk T. M.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Phytocenosis Health and Trofology,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *tat-niktim@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-8980-7334*

Bakalova A. V.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Phytocenosis Health and Trofology,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *bakalova1970@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6803-6304*

Rybitska G. V.
Highest Category Specialist, Teacher-Methodologist,
Professional College of Construction, Architecture and Design,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *galina.rybytska@gmail.com*
ORCID: *0009-0002-5762-5549*

ASSESSMENT OF RESISTANCE OF SOYBEAN VARIETIES TO MYCOSES USING ORGANIC CULTIVATION TECHNOLOGIES

Abstract

The article considers issues related to the production of environmentally safe soybean products using elements of organic farming. The purpose of the research was to study the resistance of organic soybean varieties to fusarium root rot, ascochyta, and downy mildew in the conditions of central Polissya of Ukraine. The research was conducted during 2023–2024 in the production crops of LLC "Agrovest-Group". The microflora of soybean seeds was determined according to DSTU 4138-2002. To determine the assessment of resistance in the phase of the beginning of seed formation to ascochyta, downy mildew, a visual method was used according to the symptoms of the disease. In the process of implementing the tasks, 6 varieties of soybean of organic origin of foreign selection were studied, which were included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine. It was established that the largest number of soybean seeds was populated by Alternaria sp. fungi, and amounted to 3.8 to 15.3 %, depending on the variety. The varieties susceptible to these fungi were Atacama, the degree of damage was 15.3 %, Achillea – 14.6 %. The spread of fungi of the genera Fusarium sp. was observed at the level of 0.2–1.5 %, Peronospora sp. – 1.0–10.8 %. The varieties Sphynx – 1.5 % and Achillea – 1.2 % of infected seeds were susceptible to fusarium infection. The varieties unstable to the pathogens Peronospora sp. were Achillea – 10.8 % and Atacama – 8.1 %. Relatively resistant to ascochyta blight were the varieties Strive, the development of the disease was 11.0 %, Commander – 12.3 %, and Achillea – 13.6 %. The varieties Viola, Sphinx, Atacama are not resistant to ascophytosis, the development of the disease is within 14.4–19.0 %, the spread – 39.7–43.3 %. Relative resistance to peronosporosis was found in the soybean varieties Commander (development of the disease – 6.0 %, the spread of the disease – 15.6 %), Achillea (8.3 %, 21.4 %), Strive (8.8 %, 24.0 %). All studied soybean varieties are biologically not resistant to diseases of fungal etiology. Relatively resistant to ascochyta blight were the varieties Strive, the development of the disease was 11.0 %, Commander – 12.3 %, and Achillea – 13.6 %. Relative resistance to downy mildew was found in soybean varieties – Commander (development of the disease – 6.0 %, spread of the disease – 15.6 %), Achillea (8.3 %, 21.4 %), Strive (8.8 %, 24.0 %). Resistance to fusarium root rot was found in the varieties Strive, Commander, Achillea. Depending on the variety, the yield varied on average over the years of research from 2.02 to 3.05 t/ha. The greatest increase in soybean grain yield was obtained when growing the varieties Achillea and Strive, where the increase was 0.83 and 0.45 t/ha, respectively, which is 37.4 and 20.3 % more compared to the standard variety Viola.

Key words: *yield, ascochyta blight, downy mildew, fusarium root rot, phytopathogens, environmental sustainability, soybean.*

References

1. Hrabovska, T., Lavrov, V., Hrabovskyi, M. (2021). Chy varto doviriaty orhanichnii produktsii? [Should we trust organic products?]. *Ekolohichnyi visnyk – Ecological Bulletin*. 5 (129). Pp. 22–26 [in Ukrainian].

2. Hrytsiuk, N. V. (2023). Stiikist sortiv pshenytsi ozymoi proty zbudnykiv korenevykh hnylei na foni shtuchnoho zarazhennia [Resistance of winter wheat varieties to root rot pathogens against artificial infection]. *Fitosanitarna bezpeka – Phytosanitary Safety*. 69. Pp. 52–61. https://doi.org/10.36495/PHSS.2023.69.52-61 [in Ukrainian].

3. Hrytsiuk, N. V., Tymoshchuk, T. M., Bakalova, A. V., Ivashchenko, I. V. (2024). Vplyv sumisnoho zastosuvannia protruinykiv ta mineralnykh dobryv na riven zakhvoriuvanosti roslyn soi [The effect of combined use of pesticides and mineral fertilizers on the level of disease incidence of soybean plants]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka – Agriculture and crop production: theory and practice*. 1 (11). Pp. 73–80. https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.08 [in Ukrainian].

4. Ilchuk, M. M., Konoval, I. A., Kolos, Z. V. (2014). Vyrobnytstvo soi v Ukraini ta yoho resursne zabezpechennia na perspektyvu [Soybean production in Ukraine and its resource supply in the future]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia – Bioresources and Natural Resources*. 6. (1–2). Pp. 131–137 [in Ukrainian].

5. Korobko, A. A. (2021). Dynamika vyrobnytstva soi v Ukraini ta sviti [Dynamics of soybean production in Ukraine and the world]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*. 4. Pp. 125–134. https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098 [in Ukrainian].

6. Mazur, V. A., Didur, I. M., Pantsyreva, G. V. (2020). Obgruntuvannia adaptyvnoi sortovoi tekhnolohii vyroshchuvannia zernobobovykh kultur v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Justification of adaptive varietal technology for growing legumes in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Silske hospodarstvo ta lisnytstvo – Agriculture and Forestry*. 18. Pp. 5–17. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-1 [in Ukrainian].

7. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti DSTU 4138-2002 [Seeds of agricultural crops. Methods for determining the quality of DSTU 4138-2002]. Official edition. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. 173 p. [in Ukrainian].

8. Nimenko, S. S., Hrabovskyi, M. B. (2023). Formuvannia symbiotychnoho aparatu sortiv soi za orhanichnoho vyroshchuvannia [Formation of symbiotic apparatus of soybean varieties during organic cultivation]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*. 18. Pp. 89–97. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.13 [in Ukrainian].

9. Yeshchenko, V. O. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsia: PP "TD "Edelweiss and K" 332 p. [in Ukrainian].

10. Parfenyuk, A. I. (2017). Sort roslyn yak chynnyk biolohichnoi bezpekyi v agrotcenozah Ukrainy [Plant variety as a factor of biological safety in agrocenosis of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological Journal*. 2. Pp. 155–163 [in Ukrainian].

11. Prus, L. I. (2016). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na biolohichnu aktyvnist gruntu, stiikist proty khvorob ta produktyvnist soi [The influence of agrotechnical measures on the biological activity of the soil, resistance to diseases and soybean productivity]. *Karantyn i zakhyst roslyn – Quarantine and Plant Protection*. 7 (238). 4–8 [in Ukrainian].

12. Serhiienko, V. H., Mykolaievskyi, V. P. (2014). Monitorynh khvorob soi v Lisostepu Ukrainy [Monitoring of soybean diseases in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Karantyn i zakhyst roslyn – Quarantine and Plant Protection*. 10. Pp. 9–11 [in Ukrainian].

13. Petrychenko, V. F., Lykhochvor, V. V., Ivaniuk, S. V. ta in. (2016). Soia: monohrafiia [Soybean: monograph]. Vinnytsia : "Dilo". 392 p. [in Ukrainian].

14. Ternovy, Yu. V., Horodyska, I. M., Chub, A. O., Plaksyuk, L. B. (2018). Sortovyi asortyment soi dlia orhanichnoho vyrobnytstva [Varietal assortment of soybeans for organic production]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological Journal*. 3. Pp. 45–51 [in Ukrainian].

15. Didora, V., Romanchuk, L., Kliuchevych, M., Vyshnivskyi, P., Matviichuk, N. (2022). Varietal features of elements of organic soybean cultivation technology. *Scientific Horizons*. 12 (25), pp. 60–68. https://doi.org/10.48077/scihor.25(12).2022.60-68 [in Ukrainian].

16. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ivaschenko, I., Kotkova, T. (2023). Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 26(3). Pp. 48–57. https://doi.org/10.48077/scihor3.2023.48 [in Ukrainian].

17. Na Zhytomyrshchyni zbilshyly posivni ploshchi pid kukurudzu, soniashnyk ta soiu [In Zhytomyr region, the area sown with corn, sunflower and soybeans has increased]: Website. *Ukrinform*. Retrieved from: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3875150-na-zitomirsini-zbilsili-posivni-plosi-pid-kukurudzu-sonasnik-ta-sou.html

18. Mazur, O., Mazur, O., Tymoshchuk, T., Didur, I., & Tsyhanskyi, V. (2024). Study of legume-rhizobia symbiosis in soybean for agroecosystem resilience. *Scientific Horizons*, 27(11), 68–89. https://doi.org/10.48077/scihor11.2024.68 [in Ukrainian].

19. Pylypchenko, A., Marenych, M., Hanhur, V., Tymoshchuk, T., Malynka, L. (2023). Features of forming the productivity of modern hemp varieties using organic cultivation technology. *Scientific Horizons*, 2023. Vol. 26(7). Pp. 54–65. https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.54 [in Ukrainian].

20. Marzano, Sh.-Y. L., Villamil, M. B, Wander, M. M, Ugarte, C. M, Wen, L. W, Eastburn, D. M. (2015). Organic transition effects on soilborne diseases of soybean and populations of Pseudomonadaceae. *Agronomy Journal*. Vol. 107 (3). Pp. 1087–1097. https://doi.org/10.2134/agronj14.0318.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 15.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 630*1/633
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-10

Дідур І. М.
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *didurihor@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-6612-6592*

Ткачук О. П.
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *tkachukop@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-0647-6662*

Панцирева Г. В.
доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *apantsyreva@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-0539-5211*

ВПЛИВ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ НА ДИНАМІКУ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ[1]

Анотація

У сучасних реаліях агролісомеліоративна інфраструктура полезахисних насаджень в Україні демонструє недостатню ефективність. Це підтверджується низькою врожайністю сільськогосподарських культур у роки з несприятливими кліматичними умовами. Зважаючи на наслідки глобального потепління, майже кожен аграрний рік стає екстремальним, тому функціональний потенціал полезахисних лісосмуг може бути значно посилений. Водночас на сьогодні майже відсутні дослідження, які б уточнювали межі впливу полезахисних лісосмуг на врожайність сільськогосподарських культур у контексті змін клімату. Отже, запропоновані нами завдання набувають особливої актуальності.

Мета роботи – дослідити вплив основних та допоміжних продувних полезахисних лісосмуг на врожайність зерна кукурудзи залежно від віддалі насаджень. Визначено види полезахисних лісосмуг (основні, допоміжні), що примикають до посівів кукурудзи, їх біометричні характеристики: кількість рядів, віддаль дерев у рядах та між рядами, висоту дерев і обхват стовбура. Встановлено динаміку густоти, висоти, показники індивідуальної продуктивності: кількість початків на рослині, їх висоту і діаметр та урожайність зерна кукурудзи на різній відстані від основних і допоміжних полезахисних лісосмуг.

Найбільшу врожайність зерна кукурудзи зафіксовано на відстані 300 метрів від основної продувної полезахисної лісосмуги, що на 21,0 % перевищує показник на відстані 500 метрів. Стабільно високі результати врожайності спостерігались у зоні 100–300 метрів від основної лісосмуги. У середньому врожайність кукурудзи поблизу основної лісосмуги була на 22,6 % вищою порівняно з ділянками біля допоміжної продувної лісосмуги. Максимальна врожайність зерна біля допоміжної лісосмуги зареєстрована на відстані 100 метрів, після чого спостерігалося поступове зниження цього показника.

Ключові слова: *кукурудза, зерно, урожайність, полезахисна лісосмуга, відстань, види, динаміка.*

Вступ. Полезахисні лісосмуги як складник природного середовища територіальних агроекосистем виконують важливі еколого-економічні та соціальні завдання. Вони впливають на водообмін і стан агроекосистем, запобігають ерозії ґрунтів, як водній, так і вітровій, перешкоджають утворенню ярів і зсувів, сприяють закріпленню піщаних територій, регулюють рівень ґрунтових вод і зберігають ландшафти. Окрім того, лісосмуги відіграють поліфункціональну роль у покращенні довкілля, сприяють стабільному отриманню врожаїв сільськогосподарської продукції та підвищенню родючості земель [6].

[1] Наукові дослідження виконані за рахунок коштів гранту Президента України молодим вченим та докторам наук «Розробка фітомеліоративних заходів відновлення деградованих ґрунтів внаслідок бойових дій в контексті гарантування продовольчої та енергетичної безпеки України» (грантоотримувач Олександр Ткачук), наданого Національним фондом досліджень України

© Дідур І. М., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

У сучасних умовах кліматичних змін ефективність виконання лісосмугами їх природоохоронних функцій значно знижується. Змінюються агробіологічні та екологічні умови, необхідні для їх оптимального розвитку. У цьому контексті особливо важливим стає дослідження специфіки функціонування полезахисних лісосмуг у періоди кліматичних екстремумів. Це дозволить забезпечити їхню здатність ефективно виконувати ґрунтозахисну та екосистемно стабілізуючу роль, яка, своєю чергою, сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур [4].

Дослідження науковців підтверджують важливу еколого-економічну функцію лісових полезахисних насаджень у складі агроландшафтів. Вони займають незначну площу, водночас слугуючи ефективним і довговічним засобом біологічної меліорації ґрунтів. Ці насадження запобігають вітровій та водній ерозії, затримують продукти дефляції, сприяють збереженню та покращенню родючості ґрунтів. Як результат, їхній вплив забезпечує підвищення урожайності сільськогосподарських культур у середньому на 15–20 % [7].

В Україні на сільськогосподарських угіддях розташовано 1,2 млн га захисних лісових насаджень цільового призначення, з яких 440 тис. га становлять полезахисні лісосмуги. Однак цього обсягу полезахисних лісосмуг не досить для забезпечення стабільно високих урожаїв у межах усіх сільгоспугідь. На сьогодні наявні агролісомеліоративні насадження охоплюють лише 40 % орних земель [11].

Дослідження показують, що один гектар полезахисних лісосмуг здатний ефективно захищати від 20 до 30 гектарів орних земель. З огляду на ці дані можна стверджувати, що в Україні мільйони гектарів орних земель перебувають під захистом таких насаджень. Це сприяє більш раціональному використанню сільськогосподарських угідь і знижує витрати на виробництво сільськогосподарської продукції [8].

Полезахисні лісосмуги класифікують на основні та допоміжні залежно від їхнього розташування стосовно панівних вітрів. Вони вирізняються не лише своїм розташуванням, а й видовим складом дерев, шириною, кількістю рядів та особливостями догляду. Система основних і допоміжних лісосмуг працює як цілісна мережа лісомеліоративних елементів, де кожний складник доповнює інший та сприяє екологічному захисту аграрних екосистем від негативного впливу природних факторів. Завдяки цьому досягається позитивний екологічний ефект [1; 5].

В Україні приблизно 13 мільйонів гектарів сільськогосподарських угідь захищені полезахисними лісосмугами, що становить 30 % від їх загальної площі. Якщо врахувати інші види лісосмуг – прияружні, придорожні, пригосподарські, а також ті, що розташовані біля джерел води, прилеглих до полів, садів, розсадників, лісових і степових ділянок, то загалом захищені сільськогосподарські ландшафти охоплюють 40 % території. Водночас частка захисних лісових насаджень на сільськогосподарських землях становить лише 1,5 %, хоча за науковими рекомендаціями ця площа мала б досягати не менше 3–3,5 % [10].

У сучасних реаліях агролісомеліоративна інфраструктура полезахисних насаджень в Україні демонструє недостатню ефективність. Це підтверджується низькою врожайністю сільськогосподарських культур у роки з несприятливими кліматичними умовами. Зважаючи на наслідки глобального потепління, майже кожен аграрний рік стає екстремальним, тому функціональний потенціал полезахисних лісосмуг може бути значно посилений. Водночас на сьогодні майже відсутні дослідження, які б уточнювали межі впливу полезахисних лісосмуг на врожайність сільськогосподарських культур у контексті змін клімату. Отже, запропоновані нами завдання набувають особливої актуальності [12–15].

Мета роботи – дослідити вплив основних та допоміжних продувних полезахисних лісосмуг на врожайність зерна кукурудзи залежно від віддалі насаджень.

Польові дослідження проводилися протягом 2022–2024 років на території Вінницького району Вінницької області, що належить до Лісостепу Правобережного України. Дослідження охоплювало близько 25 полезахисних лісосмуг. Ґрунти в цьому регіоні представлені родючими чорноземами, які мають ознаки опідзолення та вилугування. Рельєф місцевості переважно широко хвилястий рівнинний, з наявністю низин, що зумовлено розташуванням у межах Придніпровської височини. Територія не зазнає значного розчленування, річки мають неглибокі долини, а меліоративна мережа тут розвинена не досить. Ґрунтова ерозія залишається маловираженою, рівень залягання ґрунтових вод знаходиться на глибині близько 7 метрів.

Згідно з планом дослідження, було проведено аналіз наявних полезахисних лісосмуг, які прилягали до посівів кукурудзи на зерно. Розглядали їх конструкцію (продувну, ажурну, щільну) та розташування щодо напрямку переважаючих вітрів (основне, допоміжне). Окрім цього, здійснювалася оцінка за видовим складом: основні і другорядні породи дерев, поодинокі види, а також чагарники. Досліджувалися метричні параметри лісосмуг, зокрема кількість рядів дерев, відстань між ними та всередині рядів, ширина і висота лісосмуги, а також обхват стовбура на висоті 1,3 метра.

Це дало змогу дослідити вплив полезахисних лісосмуг на врожайність та біометричні характеристики кукурудзи. Зокрема, було проаналізовано вплив основних і допоміжних лісосмуг на посіви кукурудзи на різних відстанях: 1 м, 10 м, 100 м, 200 м, 300 м, 400 м та 500 м від лісосмуг у перпендикулярному напрямку. На цих відстанях визначали такі показники: густоту продуктивних стебел (шт./м^2), висоту рослин (см), масу тисячі насінин (г), кількість початків на одну рослину (шт.), довжину та діаметр початку кукурудзи (см), а також урожайність зерна (ц/га). Для отриманих даних виконували математико-статистичні розрахунки із застосуванням аналізу кореляційно-регресійної залежності та оцінювання статистичних відхилень.

Дослідження здійснювали на окреслених тестових ділянках у межах кожної лісосмуги довжиною по 100 м,у чотирьох повтореннях. Під час роботи визначали кількість рядів дерев у кожній лісосмузі, інтервали між деревами в рядах та між рядами, загальну ширину й висоту лісосмуги, а також обхват стовбурів дерев на висоті 1,3 м. Для цих вимірювань застосовували стандартизовані методи [3].

Спостереження за посівами кукурудзи гібриду Амарос проводили на різних відстанях перпендикулярно до основної та допоміжної полезахисних лісосмуг: 1, 10, 100, 200, 300, 400 і 500 метрів. Для точності вимірювань усі відстані відмічали за допомогою мірної стрічки. На визначених точках закладали облікові ділянки площею 1 м² із шестиразовим повторенням.

Дослідження проводили на стадії повної стиглості зерна. Зокрема, визначали густоту продуктивних стебел на облікових ділянках площею 1 м^2 у шестиразовій повторності. Висоту рослин вимірювали тричі, беручи до уваги десять послідовно зростаючих екземплярів рослин. Маса тисячі насінин встановлювалась шляхом зважування. Урожайність зерна оцінювали шляхом лущення початків кукурудзи за стандартного рівня вологості із площі 1 м^2, також у шестиразовій повторності з подальшим перерахунком на 1 га [9].

Виклад основного матеріалу дослідження. Полезахисні лісосмуги за конструкцією поділяються на продувні, ажурні та щільні залежно від частки просвітів у їх поперечному перерізі. Кожен тип лісосмуг має свої характерні особливості, які впливають як на позитивний ефект для агроекосистем, так і на їхню будову та біометричні параметри.

За класифікацією залежно від розташування полезахисних лісосмуг стосовно домінуючого напряму вітрів їх поділяють на основні, які розташовуються перпендикулярно до напрямку переважаючих вітрів, та допоміжні, що розміщуються перпендикулярно до основних лісосмуг або паралельно до напрямку переважаючих вітрів.

Дослідженнями встановлено, що до посівів кукурудзи примикали продувні основні та допоміжні захисні лісосмуги. Аналіз видової структури дерев у цих лісосмугах показав, що ясен ланцетолистий (*Fraxinus lanceolata* Bor., також відомий як *F. viridis* Michx.) є головною деревною породою. У всіх досліджених допоміжних продувних лісосмугах не виявлено інших деревних видів, тоді як у основних продувних лісосмугах другорядною породою виступав дуб звичайний (*Quercus robur* L.).

Поодинокою породою в продувній основній лісосмузі була липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill), тоді як продувна допоміжна лісосмуга не містила окремих порід дерев. Жодна з досліджуваних продувних полезахисних лісосмуг не мала у своєму складі кущів. Отже, встановлено, що продувні полезахисні лісосмуги характеризуються найменшим рівнем видової різноманітності. Крім того, всі основні полезахисні лісосмуги мали більш насичений видовий склад порівняно з допоміжними.

Дослідження метричних параметрів полезахисних лісосмуг виявило, що основна продувна полезахисна лісосмуга складалася з 5 рядів дерев, тоді як допоміжна мала 4 ряди. Спостереження за відстанню між рядами дерев у полезахисних лісосмугах показали, що проєктовані параметри відповідають фактичним. Таким чином, ряди дерев добре проглядаються. Зокрема, найменша відстань між рядами дерев зафіксована в основних продувних лісосмугах і становить 1,0 м. Натомість у продувних допоміжних полезахисних лісосмугах ця відстань значно більша – 3,0 м.

Відстань між деревами у рядах полезахисних лісосмуг на етапі їх створення та в реальних умовах має істотні розбіжності. Наприклад, у продувній основній полезахисній лісосмузі запроєктована відстань між деревами становила 2,0 м, тоді як фактична досягла 5,0 м. Це означає, що із п’яти посаджених дерев збереглися лише два, що становить 60 % зрідження дерев у рядах. У продувних допоміжних полезахисних лісосмугах ситуація схожа: запроєктована відстань між деревами становила 2,0 м, але фактична – 4,0 м. Тут із п’яти висаджених дерев збереглися у середньому лише 2,5 дерева, що відповідає 50 % зрідження.

Ширина основної продувної полезахисної лісосмуги виявилася найменшою серед усіх досліджуваних і становила 7 метрів. Допоміжна продувна лісосмуга була ширшою на 5 метрів, досягаючи 12 метрів. Висота всіх вивчених полезахисних лісосмуг була приблизно однаковою, коливаючись між 14 і 15 метрами. Найбільший обхват стовбура зафіксовано у дерев основної продувної лісосмуги – 1,7 метра, що перевищувало цей показник допоміжної на 0,2 метра.

Дослідження зміни густоти посівів кукурудзи залежно від дистанції до основної полезахисної лісосмуги показало варіацію від 71,4 до 100 тис. рослин на гектар. Максимальна густота спостерігалася на відстанях 400 і 500 м від лісосмуги, тоді як мінімальна була зафіксована на відстані 10 м. Водночас найчастіше траплялася густота 85,7 тис. рослин на гектар, яка спостерігалась на відстанях 1, 100, 200 та 300 м від полезахисної лісосмуги (табл. 1).

Висота рослин кукурудзи варіювалася в межах 200–340 см. Найвищі рослини спостерігалися на відстані 400 і 500 м від полезахисної лісосмуги, де густота насаджень була найбільшою. Найменші показники висоти зафіксовано у кукурудзи, що зростала на відстані 1 м від лісосмуги, де дерева створювали конкуренцію за світло. Зі збільшенням відстані від лісосмуги висота рослин поступово збільшувалася.

На всіх відстанях від полезахисної лісосмуги на кожній рослині кукурудзи спостерігалось утворення лише одного початку. Водночас вони відрізнялися за довжиною та діаметром. Довжина початків варіювалася в межах від 17 до 23 см. Найдовші початки були виявлені на відстані 300–400 м від лісосмуги, тоді як найкоротший – на відстані 1 м. Було помічено тенденцію до збільшення довжини початка зі збільшенням відстані від 1 м до 300–400 м, після чого спостерігалося зменшення цього показника.

Таблиця 1. Показники продуктивності посівів кукурудзи залежно від відстані до основної полезахисної лісосмуги, сер. 2022–2024 рр., *M* ± *m*

Показники продуктивності	Відстань від полезахисної лісосмуги, м						
	1	10	100	200	300	400	500
Густота рослин, тис. шт./га	85,7 ± 0,1	71,4 ± 0,2	85,7 ± 0,1	85,7 ± 0,1	85,7 ± 0,2	100,0 ± 0,1	100,0 ± 0,1
Висота рослин, см	200 ± 7	270 ± 12	290 ± 8	320 ± 5	330 ± 4	340 ± 5	340 ± 6
Кількість початків на рослині, шт.	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,1	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,2
Довжина початку, см	17 ± 3	20 ± 2	22 ± 4	22 ± 3	23 ± 3	23 ± 2	21 ± 2
Діаметр початку, см	5 ± 1	8 ± 2	8 ± 1	8 ± 2	8 ± 1	6 ± 2	7 ± 2
Маса тисячі насінин, г	235 ± 3	236 ± 2	236 ± 3	236 ± 3	235 ± 4	231 ± 4	228 ± 4

Діаметр качана кукурудзи варіював у межах 5–8 см залежно від відстані до полезахисної лісосмуги. Найбільший діаметр відзначався на відстані 10–300 м, тоді як найменший – на відстані 1 м. Починаючи з 400 м від лісосмуги діаметр качана починав поступово зменшуватись.

Маса тисячі насінин кукурудзи варіювалася в межах від 228 до 236 г. Найбільшу масу зафіксовано у рослин, що росли на відстані 10–200 м від полезахисної лісосмуги, тоді як найменша маса спостерігалася на відстані 500 м. Виявлено тенденцію до збільшення маси тисячі насінин на відстані від 1 м до 10 м від лісосмуги, після чого цей показник стабілізується і знижується починаючи з відстані 300 м.

Дослідження параметрів посівів кукурудзи поблизу допоміжної полезахисної лісосмуги показало, що густота рослин варіювала в межах від 57,1 до 85,7 тис. рослин/га. Найвищу густоту спостерігали на відстані 1–100 м від лісосмуги, тоді як найнижчі показники були зафіксовані на відстанях 200 м та 500 м. При цьому густота рослин кукурудзи біля основної полезахисної лісосмуги виявилася на 16,3 % вищою порівняно з показниками біля допоміжної лісосмуги (табл. 2).

Висота рослин кукурудзи поблизу допоміжної полезахисної лісосмуги варіювалася в межах 220–320 см. Найвищі рослини спостерігалися на відстанях 100 та 300 метрів, тоді як найнижчі – лише на відстані 1 метра. Відзначалося поступове збільшення висоти кукурудзи від 1 до 100 метрів, після чого на відстані понад 400 метрів висота зменшувалася. Порівняно з цим кукурудза біля основної полезахисної лісосмуги була вищою у середньому на 5 %. Загалом середня висота рослин перевищувала висоту біля допоміжної лісосмуги на 4,9 %.

Таблиця 2. Показники продуктивності посівів кукурудзи залежно від відстані до допоміжної полезахисної лісосмуги, сер. 2022–2024 рр., *M* ± *m*

Показники продуктивності	Відстань від полезахисної лісосмуги, м						
	1	10	100	200	300	400	500
Густота рослин, тис. шт./га	85,7 ± 0,1	85,7 ± 0,1	85,7 ± 0,2	57,1 ± 0,2	71,4 ± 0,2	71,4 ± 0,2	57,1 ± 0,2
Висота рослин, см	220 ± 4	270 ± 5	320 ± 7	300 ± 4	320 ± 6	280 ± 5	280 ± 5
Кількість початків на рослині, шт.	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,2	1 ± 0,2
Довжина початку, см	16 ± 3	17 ± 2	23 ± 3	23 ± 2	23 ± 3	17 ± 3	19 ± 3
Діаметр початку, см	6 ± 2	7 ± 1	7 ± 2	7 ± 2	7 ± 1	6 ± 2	7 ± 2
Маса тисячі насінин, г	235 ± 4	236 ± 3	236 ± 3	236 ± 3	235 ± 4	231 ± 3	228 ± 4

Кількість початків кукурудзи біля допоміжної лісосмуги була такою ж, як і біля основної полезахисної лісосмуги, по одному на рослину. Довжина початків біля допоміжної лісосмуги варіювалася в межах 16–23 см. Найдовші початки спостерігалися на відстані 100–300 м від лісосмуги, тоді як найкоротші знаходилися за 1 м від неї. Виявлено тенденцію до збільшення довжини початків у міру віддалення від лісосмуги на перших 100 метрах, після чого показник стабілізувався на відстані 100–300 м, а далі знову зменшувався. Було з'ясовано, що середня довжина одного початку кукурудзи, яка росла біля основної полезахисної лісосмуги, перевищувала довжину початків біля допоміжної лісосмуги на 6,1 %.

Діаметр початків кукурудзи становив 6–7 см. Найменший діаметр зафіксовано на відстанях 1 і 400 м, тоді як на інших відстанях він залишався на рівні 7 см. У середньому діаметр початків кукурудзи біля допоміжної лісосмуги був меншим на 5,4 % порівняно з діаметром біля основної лісосмуги.

Маса тисячі насінин кукурудзи біля основної полезахисної лісосмуги дорівнювала 228–236 г. Найвищі показники маси насіння фіксувалися на відстані 10–200 м, тоді як найнижчі – на відстані 400 м. Зафіксована закономірність: зростання маси насіння від 1 до 10 м, стабілізація на максимальних значеннях у діапазоні 10–200 м і подальше зниження. Встановлено, що маса тисячі насінин не залежала від типу полезахисної лісосмуги, яка межувала із площами посіву кукурудзи.

Дослідження рівня урожайності кукурудзи залежно від відстані до полезахисних лісосмуг виявило такі результати: біля основної лісосмуги урожайність зерна варіювалася від 2,37 т/га на відстані 1 м до 9,03 т/га на відстані 300 м. Відзначено тенденцію поступового зростання урожайності в межах від 1 м до 300 м, після чого

спостерігалося її зниження у діапазоні від 400 до 500 м. Найсуттєвіше підвищення врожайності зафіксовано у разі переміщення від 10 м до 100 м від лісосмуги – на 33,5 %, а в межах 1–10 м – на 58,2 %. Урожайність зерна кукурудзи на відстані 100 та 200 м була однаковою – по 8,53 т/га. Збільшення на 5,5 % було зареєстроване у разі переходу від 200 до 300 м. Натомість на ділянках від 300 до 400 м урожайність знизилася на 19,2 %, а в інтервалі від 400 до 500 м – ще на 2,3 % (рис. 1.).

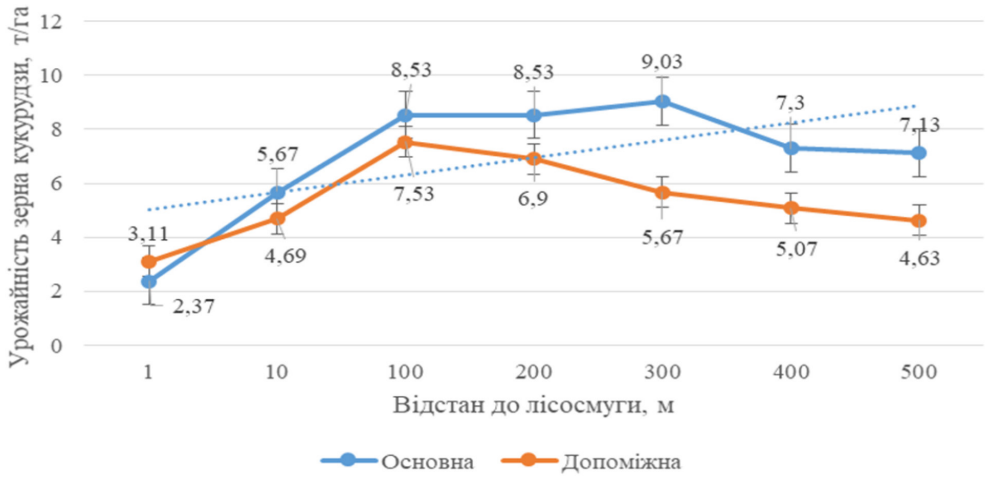


Рис. 1. Динаміка врожайності кукурудзи залежно від відстані від полезахисних лісосмуг, т/га, сер. 2022–2024 рр.

Поруч із допоміжною полезахисною лісосмугою урожайність зерна кукурудзи варіювалася від 3,11 т/га на відстані 1 метра до 7,53 т/га на відстані 100 метрів. Водночас середня урожайність кукурудзи поблизу основної полезахисної лісосмуги була на 22,6 % вищою, ніж біля допоміжної. Цікаво, що лише на відстані 1 метра від допоміжної лісосмуги урожайність перевищувала показник на такій самій відстані від основної на 23,8 %. У межах різних відстаней від допоміжної лісосмуги спостерігалися такі зміни в урожайності кукурудзи: від 1 до 10 метрів урожайність зросла на 33,7 %, далі від 10 до 100 метрів – збільшилася ще на 37,7 %. Однак із віддаленням більш ніж на 100 метрів спостерігався спад: зменшення на 8,4 % між 100 і 200 метрами, на 17,8 % між 200 і 300 метрами, ще на 10,6 % між 300 і 400 метрами, та на додаткові 8,7 % на відстанях між 400 і 500 метрами [2].

Між урожайністю зерна кукурудзи та відстанню від основної полезахисної лісосмуги встановлено помірний позитивний кореляційний зв'язок (r = 0,4962) із коефіцієнтом детермінації R^2 = 0,2462. Це означає, що зі збільшенням відстані від лісосмуги показник урожайності кукурудзи підвищується. Встановлено значний позитивний кореляційний зв'язок між урожайністю зерна кукурудзи та такими показниками: висотою рослин поблизу основної полезахисної лісосмуги (r = 0,8450), довжиною початку (r = 0,9413) і діаметром початку (r = 0,7582). Також виявлено високий позитивний кореляційний зв'язок між урожайністю зерна кукурудзи та параметрами біля допоміжної полезахисної лісосмуги: висотою рослин (r = 0,8785) і довжиною початку (r = 0,8638). Крім того, зафіксовано середній позитивний кореляційний зв'язок із діаметром початку (r = 0,5879) та масою тисячі насінин (r = 0,3360).

Висновки. Найбільшу врожайність зерна кукурудзи зафіксовано на відстані 300 метрів від основної продувної полезахисної лісосмуги, що на 21,0 % перевищує показник на відстані 500 метрів. Стабільно високі результати врожайності спостерігались у зоні 100–300 метрів від основної лісосмуги. У середньому врожайність кукурудзи поблизу основної лісосмуги була на 22,6 % вищою порівняно з ділянками біля допоміжної продувної лісосмуги. Максимальна врожайність зерна біля допоміжної лісосмуги зареєстрована на відстані 100 метрів, після чого спостерігалося поступове зниження цього показника.

Перспективами подальших досліджень буде вивчення впливу віддалі розміщення полезахисних лісосмуг на інші сільськогосподарські культури. Це дозволить встановити оптимальну віддаль посівів від полезахисних лісосмуг, на якій формуватиметься найвища врожайність.

Список використаних джерел

1. Вдовенко С. А., Матусяк М. В., Тисячний О. П. Вплив рубок догляду на формування конструктивних властивостей полезахисних лісових смуг в умовах НДГ «Агрономічне». *Аграрні інновації*. 2023. № 20. С. 13–18. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.2

2. Вітер Н. Г. Агробіологічні та екологічні умови функціонування полезахисних лісосмуг в умовах зміни клімату Лісостепу Правобережного : дисертація доктора філософії : 201 «Агрономія». Вінниця. 2025. 182 с.

3. Воробйов Д. В. Методика лісотипологічних досліджень. Київ : Урожай, 1967. 330 с.

4. Дідух Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. № 2. С. 34–44.

5. Лобченко Г. О. Просторова оптимізація системи полезахисних лісових смуг. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. Вип. 198. Ч. 2. С. 182–190.
6. Лукіша В. В. Екологічні функції полезахисних лісових насаджень. *Екологічні науки*. 2013. № 1. С. 56–64.
7. Максименко М. В., Заїченко Я. С. Агроекологічне значення тривалого існування системи лісосмуг. *Наукові праці Уманського університету садівництва*, 2009. Вип. 71. С. 229–236.
8. Миколайко В. П., Кирилюк В. П., Козинська П. І. Полезахисні лісові смуги як землі сільськогосподарського призначення. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 84–93. DOI: https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208814
9. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вища школа, 1994. 334 с.
10. Опенько І. А. Еколого-економічні засади раціонального використання та охорони земель під полезахисними лісовими насадженнями : монографія. Київ : «Компринт», 2016. С. 183.
11. Піддубна Д. Полезахисні лісові смуги та інші захисні насадження – невід'ємні складові органічного виробництва. *Підприємництво, господарство і право*. 2016. № 1. С. 85–91.
12. Ткачук О. П., Вітер Н. Г. Вплив полезахисних лісосмуг на продуктивність пшениці озимої в умовах глобального потепління. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3 (34). С. 182–197. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-3-16
13. Ткачук О. П., Панкова С. О. Сільськогосподарські чинники впливу на екологічний стан полезахисних лісосмуг Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 28 (1). С. 183–194. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-13
14. Didur I., Tkachuk O., Pantsyreva H., Mazur K., Chabaniuk Ya., Chepernaty Ye., Shkatula Yu., Pelekh L., Hetman N., Kozak Yu. Features of the distribution of types of forest polyprotective forest belts in the Forest-Steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2025. Vol. 15 (2). P. 125–136. DOI: https://doi.org/10.31407/ijees15.217
15. Tkachuk O., Pantsyreva H., Mazur K., Chabanuk Y., Zabarna T., Pelekh L., Bronnicova L., Viter N. Ecological problems of the functioning of field protective forest belts of Ukrainian Forest-Steppe. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. № 26 (1). P. 149–161. DOI: https://doi.org/10.12912/27197050/195735

Didur I. M.
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *didurihor@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-6612-6592*

Tkachuk O. P.
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *tkachukop@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-0647-6662*

Pantsyreva G. V.
Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Forestry and Horticulture,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *apantsyreva@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-0539-5211*

INFLUENCE OF FIELD PROTECTION STRIPS ON THE DYNAMICS OF CORN GRAIN YIELD

Abstract

In modern realities, the agroforestry and amelioration infrastructure of shelterbelts in Ukraine demonstrates insufficient efficiency. This is confirmed by the low yield of agricultural crops in years with adverse climatic conditions. Given the consequences of global warming, almost every agricultural year becomes extreme, so the functional potential of shelterbelts can be significantly enhanced. At the same time, there are almost no studies today that would clarify the limits of the impact of shelterbelts on the yield of agricultural crops in the context of climate change. Therefore, the tasks we have proposed are of particular relevance.

The aim of the work is to investigate the influence of the main and auxiliary windbreak forest belts on the yield of corn grain depending on the distance of the plantations. The types of forest belts (main, auxiliary) adjacent to corn crops were determined, their biometric characteristics: the number of rows, the distance of trees in the rows and between the rows, the height of trees and the girth of the trunk. The dynamics of density, height, indicators of individual productivity were established: the number of heads per plant, their height and diameter, and the yield of corn grain at different distances from the main and auxiliary forest belts.

The highest corn grain yield was recorded at a distance of 300 meters from the main windbreak forest strip, which is 21.0 % higher than at a distance of 500 meters. Consistently high yield results were observed in the zone 100–300 meters from the main forest strip. On average, corn yield near the main forest strip was 22.6 % higher compared to areas near the auxiliary windbreak forest strip. The maximum grain yield near the auxiliary forest strip was recorded at a distance of 100 meters, after which a gradual decrease in this indicator was observed.

Key words: *corn, grain, yield, field shelterbelt, distance, species, dynamics.*

References

1. Vdovenko, S. A., Matusyak, M. V., Tysyachnyy, O. P. (2023). Vplyv rubok dohlyadu na formuvannya konstruktyvnykh vlastyvostey polezakhysnykh lisovykh smuh v umovakh NDH "Ahronomichne" [The influence of maintenance felling on the formation of structural properties of field shelterbelts in the conditions of the Agronomichesky Research and Development Institute]. *Ahrarni innovatsiyi – Agrarian Innovations*. № 20, pp. 13–18. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.2 [in Ukrainian].

2. Viter, N. G. (2025). Ahrobiolohichni ta ekolohichni umovy funktsionuvannia polezakhysnykh lisosmuh v umovakh zminy klimatu Lisostepu Pravoberezhnoho: dysertatsiia doktora filosofii: 201 Ahronomiia [Agrobiological and ecological conditions of the functioning of field shelterbelts in the conditions of climate change in the Right-Bank Forest-Steppe: PhD thesis: 201 Agronomy]. Vinnytsia. 182 p. [in Ukrainian].

3. Vorobyov, D. V. (1967). Metodyka lisotypolohichnykh doslidzhen' [Methodology of forest typological research]. Kyiv : Urozhay. 330 p. [in Ukrainian].

4. Didukh, Ya. P. (2009). Ekolohichni aspekty hlobal'nykh zmin klimatu: prychyny, naslidky, diyi [Ecological aspects of global climate change: causes, consequences, actions]. *Visnyk NAN Ukrayiny – Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. № 2, pp. 34–44 [in Ukrainian].

5. Lobchenko, H. O. (2014). Prostorova optymizatsiya systemy polezakhysnykh lisovykh smuh [Spatial optimization of the system of field shelterbelts]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny – Scientific Bulletin of the National University of Life Resources and Nature Management of Ukraine*. Issue 198. Part 2. Pp. 182–190 [in Ukrainian].

6. Lukisha, V. V. (2013). Ekolohichni funktsiyi polezakhysnykh lisovykh nasadzhen' [Ecological functions of field protection forest plantations]. *Ekolohichni nauky – Ecological Sciences*. № 1. Pp. 56–64 [in Ukrainian].

7. Maksymenko, M. V., Zayichenko, Ya. S. (2009). Ahroekolohichne znachennya tryvaloho isnuvannya systemy lisosmuh [Agroecological significance of the long-term existence of the forest belt system]. *Naukovi pratsi Umans'koho universytetu sadivnytstva – Scientific works of the Uman University of Horticulture*. Issue 71. Pp. 229–236 [in Ukrainian].

8. Mykolayko, V. P., Kyrylyuk, V. P., Kozyns'ka, P. I. (2020). Polezakhysni lisovi smuhy yak zemli sil's'kohospodars'koho pryznachennya [Field protection forest strips as agricultural lands]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced nature management*. № 2. Pp. 84–93. 1. https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208814 [in Ukrainian].

9. Moyseychenko, V. F., Yeshchenko, V. O. (1994). Osnovy naukovykh doslidzhen' v ahronomiyi [Fundamentals of Scientific Research in Agronomy]. Kyiv : Vyshcha shkola. 334 p. [in Ukrainian].

10. Open'ko, I. A. (2016). Ekoloho-ekonomichni zasady ratsional'noho vykorystannya ta okhorony zemel' pid polezakhysnymy lisovymy nasadzhennyamy: monohrafiya [Ecological and economic principles of rational use and protection of lands under field protection forest stands: monograph]. Kyiv : "Komprynt", pp. 183 [in Ukrainian].

11. Piddubna, D. (2016). Polezakhysni lisovi smuhy ta inshi zakhysni nasadzhennya – nevid'yemni skladovi orhanichnoho vyrobnytstva [Field protection forest strips and other protective plantings are integral components of organic production]. *Pidpryyemnytstvo, hospodarstvo i pravo – Entrepreneurship, Economy and Law*. № 1. Pp. 85–91 [in Ukrainian].

12. Tkachuk, O. P., Viter, N.H. (2024). Vplyv polezakhysnykh lisosmuh na produktyvnist' pshenytsi ozymoyi v umovakh hlobal'noho poteplinnya [The influence of forest shelterbelts on the productivity of winter wheat under global warming conditions]. *Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*. № 3 (34). Pp. 182–197. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-3-16 [in Ukrainian].

13. Tkachuk, O. P., Pankova, S. O. (2023). Sil's'kohospodars'ki chynnyky vplyvu na ekolohichnyy stan polezakhysnykh lisosmuh Lisostepu Pravoberezhnoho [Agricultural factors influencing the ecological state of field shelterbelts of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*. № 28 (1). Pp. 183–194. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-13 [in Ukrainian].

14. Didur, I., Tkachuk, O., Pantsyreva, H., Mazur, K., Chabaniuk, Ya., Chepernaty, Ye., Shkatula, Yu., Pelekh, L., Hetman, N., Kozak, Yu. (2025). Features of the distribution of types of forest polyprotective forest belts in the Forest-Steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. Vol. 15 (2). P. 125–136. https://doi.org/10.31407/ijees15.217 [in Ukrainian].

15. Tkachuk, O., Pantsyreva, H., Mazur, K., Chabanuk, Y., Zabarna, T., Pelekh, L., Bronnicova, L., Viter, N. (2025). Ecological problems of the functioning of field protective forest belts of Ukrainian Forest-Steppe. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. № 26 (1). P. 149–161. https://doi.org/10.12912/27197050/195735 [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 31.12.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.15:631.52:631.816.8
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-11

Іващук В. П.
здобувач наукового ступеня доктора філософії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *ivp_agroservis@ukr.net*
ORCID: *0009-0001-5890-6230*

Небаба К. С.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *agronebaba@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4529-3623*

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

Анотація

Ефективність поєднання різних систем мінерального живлення зі стимуляторами росту для окремих гібридів кукурудзи залишається не досить вивченою, особливо з огляду на сучасні агрокліматичні виклики та необхідність підвищення продуктивності за умов зменшення антропогенного навантаження. Тому дослідження оптимальних комбінацій гібридів, добрив і стимуляторів росту є актуальним для наукового обґрунтування ефективних і ресурсозберігаючих технологій вирощування кукурудзи.

У статті наведено результати трирічних польових досліджень (2023–2025 рр.), спрямованих на вивчення впливу гібридних особливостей, систем мінерального живлення та застосування стимуляторів росту на врожайність зерна кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. Дослідження проводили на опідзолених чорноземах Хмельницької області з використанням середньораннього гібриду Pioneer P8834 та середньостиглого гібриду КВС Олтеніо. У досліді вивчали базове мінеральне удобрення (Поліфоска 8:24:24), його поєднання з різними нормами КАС (150 і 300 кг/га), а також ефективність застосування стимуляторів росту Sterk BIO та AMINO.

Встановлено, що рівень урожайності істотно залежав від погодних умов років досліджень, гібридних особливостей та інтенсивності системи живлення. Найнижчі показники врожайності формувалися на контрольних варіантах без застосування стимуляторів росту, тоді як їх використання забезпечувало стабільний приріст урожайності незалежно від фону мінерального живлення. Найбільший ефект відзначено на варіантах із застосуванням стимулятора AMINO. Підвищення норми азотного живлення за рахунок внесення КАС зумовлювало істотне зростання врожайності зерна обох гібридів, а максимальні показники були отримані за норми КАС 300 кг/га у поєднанні зі стимуляторами росту.

Гібрид КВС Олтеніо у всіх варіантах досліду перевищував за урожайністю Pioneer P8834, що свідчить про його вищий генетичний потенціал продуктивності. Отримані результати свідчать про позитивний вплив інтегрованих систем живлення та стимуляторів росту на продуктивність гібридів кукурудзи, причому більш високі показники урожайності спостерігалися у середньостиглого гібриду КВС Олтеніо порівняно зі середньораннім Р8834. Значення $НІР_{05}$ для факторів А (гібрид), В (мінеральне живлення) та С (стимулятори росту) підтверджують статистично значущий ефект більшості досліджуваних факторів та їх комбінацій на врожайність.

Ключові слова: *кукурудза на зерно, гібриди, мінеральне живлення, регулятори росту, урожайність.*

Вступ. Кукурудза (*Zea mays L.*) є однією з провідних зернових культур у світі та важливим елементом сучасних агротехнологій, оскільки потенціал урожайності сучасних гібридів значною мірою визначається взаємодією генетичних, агрономічних та екологічних факторів. Підвищення продуктивності кукурудзи має стратегічне значення для забезпечення продовольчої безпеки та економічної ефективності агровиробництва, особливо в умовах зростаючих потреб населення і зміни кліматичних умов. Відомо, що мінеральне живлення суттєво впливає на формування продуктивності гібридів кукурудзи, оскільки забезпечує рослини необхідними макро- та мікроелементами для реалізації їх біологічного потенціалу врожайності зерна та зеленої маси [1; 12]. Зокрема, азот, фосфор і калій відіграють ключову роль у розвитку кореневої системи, фотосинтезі та формуванні зерна, що прямо відображається на кількісних та якісних показниках урожайності [2; 16].

Водночас регулятори росту та стимулятори росту рослин здатні модифікувати морфофізіологічні процеси, впливаючи на інтенсивність фотосинтезу, формування листкової поверхні, розвиток кореневої системи та стійкість до абіотичних стресів [6]. Попередні дослідження показали, що комбіноване застосування мінеральних

© Іващук В. П., Небаба К. С., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

добрив і біологічних стимуляторів росту підвищує ефективність використання поживних речовин і збільшує врожайність, одночасно покращуючи морфо-фізіологічні показники рослин [8].

Однак ефективність різних систем мінерального живлення у поєднанні зі стимуляторами росту для конкретних гібридів кукурудзи ще не досить вивчена, особливо з урахуванням сучасних агрокліматичних викликів та потреб сільськогосподарського виробництва у підвищенні продуктивності у разі мінімізації негативного впливу на довкілля [9; 13]. Крім того, вибір оптимальних комбінацій гібридів, добрив і стимуляторів росту дозволяє адаптувати агротехнології до різних ґрунтово-кліматичних умов та підвищити ефективність виробництва без додаткових витрат ресурсів. Тому проведення експериментальних досліджень у цьому напрямі є актуальним та необхідним для наукового обґрунтування раціональних технологічних прийомів вирощування кукурудзи в умовах сучасного агровиробництва [4].

Мета дослідження – визначити вплив гібридів кукурудзи, систем мінерального живлення та застосування стимуляторів росту на врожайність зерна, а також розробити рекомендації щодо оптимізації агротехнологічних заходів для підвищення ефективності виробництва кукурудзи в умовах Лісостепу Західного.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися на полях ТОВ «НВА «Перлина Поділля», розташованих у Білогірському районі Хмельницької області, що входить до Лісостепової зони. Ґрунти дослідного поля – опідзолені чорноземи з високим природним вмістом гумусу та поживних елементів, що забезпечує їхню високу потенційну родючість.

Посівна площа елементарної ділянки становила 50 м^2, облікової – 48 м^2. Попередник – соя. Гібриди кукурудзи висівали зерновою сівалкою, шириною міжрядь 70 см, з глибиною загортання насіння 5–6 см. Норма висіву – 70 тис/га схожих насінин.

Гібрид кукурудзи P8834 (Pioneer) – середньоранній зерновий гібрид з групою стиглості ФАО 280, створений компанією Corteva Agriscience під брендом Pioneer і адаптований для вирощування у помірно континентальних умовах Лісостепу та інших зон із подібним кліматом. Він належить до простих гібридів із зубовидним типом зерна і відзначається потенційно високою продуктивністю, стабільністю продуктивності у різних ґрунтово-кліматичних умовах, а також добрим стартовим ростом і формуванням міцного стебла з високим кріпленням качана. P8834 характеризується високою вологовіддачею наприкінці вегетації, що сприяє зниженню вологості зерна під час збирання, а також достатньою посухостійкістю та стійкістю до стеблового вилягання, що робить його придатним для зон із нестійким зволоженням. Гібрид показує добрі агрономічні властивості: рівномірне формування качанів, гарну засвоюваність поживних речовин і пристосованість до різних технологій обробітку ґрунту, зокрема традиційної та мінімальної. Рекомендована густота рослин для зернових посівів становить приблизно 70–75 тис. рослин/га за достатнього зволоження та 60–65 тис. рослин/га за умов нестачі вологи, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів і досягати високої врожайності у разі дотримання агротехнічних вимог. P8834 широко використовується в практиці господарств завдяки поєднанню високого потенціалу урожайності, стабільності та адаптивності до стресових умов вирощування [3; 5].

Гібрид кукурудзи КВС Олтеніо (KWS, група стиглості ФАО 330) є середньостиглим зерновим гібридом із високою генетичною адаптивністю до змінних ґрунтово-кліматичних умов, що робить його придатним для вирощування в умовах Лісостепу України. Цей гібрид характеризується стабільною продуктивністю та високою посухостійкістю, що забезпечує формування врожаїв у широкому діапазоні вологозабезпечення й агрофонів. Потужна коренева система і еректоїдний тип розміщення листків сприяють ефективному використанню ресурсів, рівномірному розвитку рослин і формуванню високої продуктивності за різних агротехнічних умов. КВС Олтеніо демонструє швидку вологовіддачу, що полегшує достигання зерна, і має високий потенціал урожайності – приблизно до 18 т/га за оптимальних умов вирощування та інтенсивної технології, що підтверджується польовими результатами в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Рекомендована густота стояння на момент збирання залежно від зволоження варіюється: за достатнього вологозабезпечення – приблизно 70–80 тис. рослин/га, а за середнього та недостатнього зволоження – відповідно 55–65 тис. та 45–55 тис. рослин/га. Завдяки поєднанню стійкості до посухи, стабільності врожаю та гарної вологовіддачі КВС Олтеніо є перспективним гібридом для впровадження у сільськогосподарське виробництво в умовах нестабільних погодних факторів та різних систем живлення і обробітку ґрунту [3; 5].

Урожайність кукурудзи гібридів Олтеніо та P8834 визначали на контрольних ділянках, з яких обмолочували всі качани, очищали зерно від домішок і зважували після сушіння до вологості 14 %. Урожайність розраховували за формулою:

$$Y = \frac{M \cdot 10\,000}{S},$$

де (Y) – урожайність (кг/га), (M) – маса зерна після сушіння (кг), (S) – площа ділянки (м^2). Результати подані у т/га, нормовані на стандартну вологість 14 %.

Урожайність зерна кукурудзи є одним із ключових показників ефективності виробництва та визначає економічну віддачу від вирощування цієї культури. Вона безпосередньо впливає на забезпечення продовольчої та кормової безпеки, а також є основою для оцінки продуктивності різних гібридів і технологій обробітку ґрунту. Урожайність кукурудзи залежить від багатьох факторів, серед яких генетичні особливості гібриду, агротехнічні

прийоми, система мінерального живлення, застосування стимуляторів росту, густота посіву, рівень зволоження та кліматичні умови [7; 14].

Особливе значення для формування високого врожаю має комбіноване застосування мінеральних добрив та біологічних стимуляторів росту, оскільки вони забезпечують рослинам необхідні макро- та мікроелементи у критичні фази розвитку. Ефективна система живлення сприяє формуванню міцного стебла, оптимального листкового апарату, рівномірного розвитку качанів та високого накопичення сухої маси зерна. Використання стимуляторів росту підвищує інтенсивність фотосинтезу, покращує засвоєння поживних речовин та підвищує стресостійкість рослин до посухи та коливань температури [10].

Врахування цих факторів дозволяє не лише збільшити кількісні показники врожайності, а й підвищити стабільність та якість зерна, що особливо важливо у змінних кліматичних умовах та у разі інтенсивного вирощування кукурудзи. Тому дослідження взаємодії гібридів з різними системами мінерального живлення та стимуляторами росту є актуальним для оптимізації технології вирощування та підвищення продуктивності зернових гібридів кукурудзи [11; 15].

Отримані результати свідчать про істотний вплив погодних умов років досліджень, систем мінерального живлення та застосування стимуляторів росту на формування урожайності зерна кукурудзи. Впродовж 2023–2025 рр. спостерігалася певна мінливість урожайності в розрізі років, що зумовлено різними гідротермічними умовами вегетаційного періоду. Загалом більш високі показники врожайності формувалися у 2023 та 2025 роках, тоді як у 2024 році урожайність була дещо нижчою для обох гібридів, незалежно від варіанту живлення, що свідчить про менш сприятливі умови вирощування.

Для гібриду Pioneer P8834 найменшу урожайність зерна зафіксовано на варіанті – контроль з фоновим внесенням Поліфоски 8:24:24, де середнє значення за три роки становило 10,12 т/га. Застосування стимуляторів росту на фоні базового живлення сприяло підвищенню урожайності на 0,39–0,55 т/га, причому більш ефективним виявився препарат AMINO. Подальше посилення мінерального живлення шляхом внесення КАС 150 кг/га забезпечило істотне зростання урожайності до 11,16–12,10 т/га, а максимальні показники для цього гібриду були отримані під час внесення КАС 300 кг/га у поєднанні зі стимуляторами росту, де середня урожайність досягала 12,12–12,32 т/га.

Гібрид КВС Олтеніо у всіх варіантах досліду характеризувався вищим рівнем урожайності, що свідчить про його сильніший потенціал продуктивності. На контрольному варіанті мінерального живлення без застосування стимуляторів середня урожайність становила 10,86 т/га, тоді як використання Sterk BIO та AMINO забезпечувало приріст відповідно на 0,60 та 0,77 т/га. Внесення КАС 150 кг/га у поєднанні зі стимуляторами росту підвищувало урожайність до 12,25–12,41 т/га, а максимальні показники були зафіксовані у варіантах з КАС 300 кг/га, де середня урожайність досягала 12,83–12,98 т/га (табл. 1).

Таблиця 1. Урожайність зерна гібридів кукурудзи за різних систем мінерального живлення та стимуляторів росту, т/га (2023–2025 рр.)

Гібрид	Мінеральне живлення	Стимулятори росту	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє
Піонер 8834	Поліфоска 8:24:24 (фон)	контроль	10,76	9,33	10,25	10,12
		Sterk BIO	10,98	9,87	10,68	10,51
		AMINO	11,12	10,02	10,87	10,67
	Фон + КАС 150 кг/га	контроль	11,63	10,78	11,07	11,16
		Sterk BIO	12,88	11,16	11,90	11,98
		AMINO	12,97	11,36	11,98	12,10
	Фон + КАС 300 кг/га	контроль	12,78	11,17	11,75	11,90
		Sterk BIO	12,94	11,47	11,97	12,12
		AMINO	13,12	11,61	12,23	12,32
ОЛТЕНІО	Фон – Поліфоска 8:24:24	контроль	11,56	10,55	10,48	10,86
		Sterk BIO	12,16	10,97	11,24	11,46
		AMINO	12,30	11,16	11,44	11,63
	Фон + КАС 150 кг/га	контроль	12,42	11,05	11,12	11,53
		Sterk BIO	13,04	11,88	11,84	12,25
		AMINO	13,15	12,07	12,00	12,41
	Фон + КАС 300 кг/га	контроль	13,31	11,39	13,18	12,63
		Sterk BIO	13,50	11,61	13,37	12,83
		AMINO	13,72	11,69	13,54	12,98
$НІР_{05}$	*A*	*0,53*	*0,37*	*0,34*		
	B	*0,23*	*0,46*	*0,68*		
	C	*0,11*	*0,36*	*0,27*		

Порівняльний аналіз свідчить, що підвищення рівня мінерального живлення мало вирішальний вплив на формування врожаю, тоді як стимулятори росту забезпечували додатковий, але стабільний приріст урожайності в усіх роках досліджень. Найвищу ефективність показало поєднання інтенсивного мінерального живлення з використанням стимулятора AMINO, що підтверджує доцільність інтегрованого підходу до живлення кукурудзи.

Значення HIP_{05} для факторів А (гібрид), В (мінеральне живлення) та С (стимулятори росту) підтверджують статистично достовірний вплив кожного з досліджуваних факторів на врожайність зерна кукурудзи, а також їхню взаємодію. Отримані результати свідчать про доцільність диференційованого підходу до вибору гібриду та системи живлення з урахуванням агроекологічних умов вирощування.

Висновки. За результатами трирічних досліджень установлено, що урожайність зерна кукурудзи істотно залежала від гібридних особливостей, рівня мінерального живлення та застосування стимуляторів росту. Підвищення норми мінерального живлення за рахунок внесення КАС зумовлювало стабільне зростання урожайності обох гібридів у всі роки досліджень, причому найбільш високі показники формувалися за внесення КАС 300 кг/га. Застосування стимуляторів росту Sterk BIO та AMINO забезпечувало додатковий приріст урожайності незалежно від фону живлення, при цьому препарат AMINO виявився більш ефективним. Гібрид КВС Олтеніо характеризувався вищим потенціалом продуктивності порівняно з Pioneer P8834 у всіх варіантах досліду. Найбільшу врожайність зерна забезпечувала інтегрована система живлення, що поєднувала базове удобрення, підвищені норми КАС та застосування стимуляторів росту, що підтверджує доцільність комплексного підходу до оптимізації технології вирощування кукурудзи в умовах Лісостепу.

Список використаних джерел

1. Гангур В. В., Єремко Л. С., Руденко В. В. Вплив елементів технології вирощування на продуктивності гібридів формування кукурудзи різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 117. С. 37–43. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6

2. Грабовський М. Б., Вахній С. П., Лозінський М. В., Панченко Т. В., Басюк П. Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 33–42. URL: https://surl.li/gdnphm

3. Григорів Я. Я., Турак Ю. О. Особливості вирощування кукурудзи в сучасних умовах (оглядова). *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 137. С. 70–76. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.9

4. Іванишин О. С. Показники структури урожаю зерна кукурудзи залежно від гібриду, норми добрив та мікродобрива в умовах Лісостепу Західного. *Young Scientist*. 2021. № 3 (91). С. 15–19. https://doi.org.10.32839/2304-5809/2021-3-91-4

5. Інформаційно-аналітична система «Аграрії разом». URL: https://agrarii-razom.com.ua/ (дата звернення: 25.12.2025).

6. Ласло О. О., Олепір Р. В. Ефективність комплексного удобрення в технології вирощування кукурудзи. *Журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 170–177. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.18

7. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2-б. С. 52–58. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06

8. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Оцінка показників індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи за допосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2018. Т. 2. № 1. С. 101–108. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0157

9. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76. URL: http://vsau.vin.ua/repository/getfile.php/28307.pdf

10. Тоцький В. М., Лень О. І. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та основного обробітку ґрунту. *Селекція і насінництво*. 2020. № 117. С. 199–205. https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207173

11. Турак Ю. О., Григорів Я. Я. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення в західному регіоні України. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 12. С. 248–256. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.25

12. Khomina V., Lapchynskyi V., Nebaba K., Pustova Z., Plahtiy D. Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, No. 10. P. 79–90. https://doi.org.10.48077/scihor10.2024.79

13. Rasheed A., Jie H., Ali B., He P., Zhao L., Ma Yu., Xing H., Qari S. H., Hassan M. U., Hamid M. R., Jie Yu. Breeding Drought-Tolerant Maize *(Zea mays)* Using Molecular Breeding Tools: Recent Advancements and Future Prospective. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. No. 6. P. 1459. https://doi.org/10.3390/agronomy13061459.

14. Shahini E., Myalkovsky R., Nebaba K., Ivanyshyn O., Liubytska D. Economic and biological characteristics and productivity analysis of sunflower hybrids. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26, No. 8. P. 83–95. https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.83

15. Sheoran S., Kaur Y., Kumar S., Shukla S., Rakshit S., Kumar R. Recent Advances for Drought Stress Tolerance in Maize *(Zea mays L.)*: Present Status and Future Prospects. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.872566

16. Wang F., Wang L., Yu X., Gao J., Ma D., Guo H., Zhao H. Effect of Planting Density on the Nutritional Quality of Grain in Representative High-Yielding Maize Varieties from Different Eras. *Agriculture*. 2023. Vol. 13. No. 9. P. 1835. https://doi.org/10.3390/agriculture13091835

Ivashchuk V. P.
PhD Candidate,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *ivp_agroservis@ukr.net*
ORCID: *0009-0001-5890-6230*

Nebaba K. S.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production, Breeding and Seed Science,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *agronebaba@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4529-3623*

PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS UNDER DIFFERENT MINERAL NUTRITION SYSTEMS AND GROWTH STIMULANTS

Abstract

The effectiveness of combining different mineral nutrition systems with plant growth stimulants for individual maize hybrids remains insufficiently studied, particularly in view of current agroclimatic challenges and the need to increase productivity while reducing anthropogenic pressure. Therefore, research aimed at identifying optimal combinations of hybrids, fertilizers, and growth stimulants is relevant for the scientific substantiation of efficient and resource-saving maize cultivation technologies.

The article presents the results of three-year field studies (2023–2025) focused on evaluating the effects of hybrid characteristics, mineral nutrition systems, and the application of plant growth stimulants on maize grain yield under the conditions of the Western Forest-Steppe. The research was conducted on podzolized chernozem soils in the Khmelnytskyi region using the medium-early hybrid Pioneer P8834 and the medium-maturity hybrid KWS Oltenio. The experiment investigated basic mineral fertilization (Polyphoska 8:24:24), its combination with different rates of UAN (150 and 300 kg/ha), as well as the effectiveness of the growth stimulants Sterk BIO and AMINO.

It was established that grain yield was significantly influenced by weather conditions during the study years, hybrid characteristics, and the intensity of the nutrition system. The lowest yield levels were recorded in the control treatments without growth stimulants, whereas their application provided a stable yield increase regardless of the mineral nutrition background. The greatest effect was observed in treatments with the AMINO growth stimulant. Increasing nitrogen supply through UAN application resulted in a significant increase in grain yield of both hybrids, with the highest values obtained at a UAN rate of 300 kg/ha combined with growth stimulants.

The KWS Oltenio hybrid consistently outperformed Pioneer P8834 in grain yield across all experimental treatments, indicating its higher genetic yield potential. The obtained results demonstrate the positive effect of integrated nutrition systems and growth stimulants on maize hybrid productivity. The $LSD_{0.05}$ values for factors A (hybrid), B (mineral nutrition), and C (growth stimulants) confirm the statistically significant effects of most studied factors and their interactions on grain yield.

Key words: *grain maize, hybrids, mineral nutrition, growth regulators, yield.*

References

1. Hangur, V. V., Yeremko, L. S., & Rudenko, V. V. (2021). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist' hybridiv kukurudzy riznykh hrup stihlosti [Influence of cultivation technology elements on the productivity of maize hybrids of different maturity groups]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 117, 37–43. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6 [in Ukrainian].

2. Hrabovskyi, M. B., Vakhniy, S. P., Lozinskyi, M. V., Panchenko, T. V., & Basyuk, P. L. (2021). Zernova produktyvnist' hybridiv kukurudzy zalezhno vid zastosuvannia kompleksnykh mineral'nykh dobryv [Grain productivity of maize hybrids depending on the application of complex mineral fertilizers]. *Agrobiologiia*, 2, 33–42. Retrieved from: https://surl.li/gdnphm [in Ukrainian].

3. Hryhoriv, Ya. Ya., & Turak, Yu. O. (2024). Osoblyvosti vyroshchuvannia kukurudzy v suchasnykh umovakh (ohliadova) [Features of maize cultivation under modern conditions: A review]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 137, 70–76. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.9 [in Ukrainian].

4. Ivanyshyn, O. S. (2021). Pokaznyky struktury urozhaiu zernia kukurudzy zalezhno vid hybridu, normy dobryv ta mikrodobryva v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Indicators of maize grain yield structure depending on hybrid, fertilizer rate, and micronutrients in the Western Forest-Steppe]. *Young Scientist*, 3(91), 15–19. https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-3-91-4 [in Ukrainian].

5. Informatsiino-analitychna systema "Ahrarii razom". Retrieved from: https://agrarii-razom.com.ua/ (data zvernennia: 25.12.2025).

6. Laslo, O. O., & Olepir, R. V. (2025). Effektivnist' kompleksnoho udobrennia v tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy [Efficiency of integrated fertilization in maize cultivation technology]. *Zhurnal pryrodnychih nauk*, 11, 170–177. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.18 [in Ukrainian].

7. Len, O. I., Totskyi, V. M., Hangur, V. V., & Yeremko, L. S. (2021). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnoho obrobitku hruntu na produktyvnist' hybridiv kukurudzy [Effect of fertilization systems and main soil tillage on maize hybrid productivity]. *Visnyk Poltavs'koi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 2-b, 52–58. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06 [in Ukrainian].

8. Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2018). Otsinka pokaznykiv indyvidual'noi produktyvnosti roslyn kukurudzy za doposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenovoho pidzhyvlennia [Assessment of maize plant individual productivity indicators

under pre-sowing seed treatment and foliar feeding]. *Zernovi kul'tury*, *2*(1), 101–108. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0157 [in Ukrainian].

9. Palamarchuk, V. D., & Demchuk, B. S. (2021). Rol' pozakorenevykh pidzhyvlenn' u suchasnykh tekhnolohiyakh vyroshchuvannia zernovoi kukurudzy [The role of foliar feeding in modern maize cultivation technologies]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 20, 60–76. http://vsau.vin.ua/repository/getfile.php/28307.pdf [in Ukrainian].

10. Totskyi, V. M., & Len, O. I. (2020). Produktyvnist' hybridiv kukurudzy zalezhno vid systemy udobrennia ta osnovnoho obrobitku hruntu [Maize hybrid productivity depending on fertilization systems and main soil tillage]. *Selektsiia i nasinnictvo*, 117, 199–205. https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207173 [in Ukrainian].

11. Turak, Yu. O., & Hryhoriv, Ya. Ya. (2025). Produktyvnist' hybridiv kukurudzy zalezhno vid systemy udobrennia v zakhidnomu rehioni Ukrainy [Productivity of maize hybrids depending on fertilization systems in the Western region of Ukraine]. *Ukrains'kyi zhurnal pryrodnych nauk*, 12, 248–256. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.25 [in Ukrainian].

12. Khomina, V., Lapchynskyi, V., Nebaba, K., Pustova, Z., & Plahtiy, D. (2024). Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*, *27*(10), 79–90. https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79 [in English].

13. Rasheed, A., Jie, H., Ali, V., He, P., Zhao, L., Ma, Y., Xing, H., Qari, S. H., Hassan, M. U., Hamid, M. R., & Jie, Y. (2023). Breeding drought-tolerant maize (Zea mays) using molecular breeding tools: Recent advancements and future prospective. *Agronomy, 13*(6), 1459. https://doi.org/10.3390/agronomy13061459 [in English].

14. Shahini, E., Myalkovsky, R., Nebaba, K., Ivanyshyn, O., & Liubytska, D. (2023). Economic and biological characteristics and productivity analysis of sunflower hybrids. *Scientific Horizons, 26*(8), 83–95. https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.83 [in English].

15. Sheoran, S., Kaur, Y., Kumar, S., Shukla, S., Rakshit, S., & Kumar, R. (2022). Recent advances for drought stress tolerance in maize (*Zea mays L.*): Present status and future prospects. *Frontiers in Plant Science*, 13. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.872566 [in English].

16. Wang, F., Wang, L., Yu, X., Gao, J., Ma, D., Guo, H., & Zhao, H. (2023). Effect of planting density on the nutritional quality of grain in representative high-yielding maize varieties from different eras. *Agriculture, 13*(9), 1835. https://doi.org/10.3390/agriculture13091835 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 05.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.854.78:632:661.152.5:632.952
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-12

Качинська І. В.
здобувачка третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти – доктор філософії
кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** irakacinnska@gmail.com*
***ORCID:** 0009-0007-7058-4709*

Григор'єв В. М.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** grygoriyev@gmail.com*
***ORCID:** 0000-0002-8567-5466*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНГІЦИДІВ ТА МІКРОДОБРИВ ПРОТИ ХВОРОБ ПЕРІОДУ ВЕГЕТАЦІЇ СОНЯШНИКУ

Анотація

У статті наведено результати досліджень із комплексного застосування мікродобрив та фунгіцидів для визначення їх впливу на розвиток основних хвороб періоду вегетації гібридів соняшнику в умовах південної частини Лісостепу Західного.

За досліджувані роки на рослинах соняшнику спостерігали прояв десяти хвороб грибного походження, проте найбільше поширення та розвиток мали септоріоз – розвиток на варіантах без застосування пестицидів у фазі наливу зерна (ВВСН 75) 31,3–33,7 %, фомоз – 8,1–8,9 %, іржа 17,6–25 %, та в 2025 році біла гниль кошиків 7,3–9,1 %.

Кліматичні умови вегетаційного періоду 2023–2025 рр. відрізнялися за кількістю опадів протягом вегетаційного періоду та температурними особливостями, що в значній мірі впливало на розвиток хвороб соняшнику. Найбільш сприятливим для поширення хвороб виявився 2025 рік з надмірно високою кількістю опадів.

Ефективність дії фунгіциду Фокс – 0,8 л/га за обприскування в фазі зірочки (ВВСН 51), у фазі повного цвітіння (ВВСН 65) проти септоріозу становила – 86,1–87,5 %, фомозу 85,1–89,1 %, іржі 87,2–90,6 %. У фазі наливу насіння (ВВСН 75) внаслідок повторного зараження спорами грибів ефективність фунгіциду проти септоріозу знизилась до 64,2–66,3 %, фомозу 63,9–70,7 %, іржі 63,2–65,4 %. Друге внесення фунгіциду Пропульс дозволило в значній мірі проконтролювати розвиток всіх хвороб. Так ефективність дії проти септоріозу становила 88,5–90,2 %, фомозу 90,5 – 91,4 %, іржі – 90,3–91,2 %, білої гнилі кошиків – 76,2–80,2 %.

Серед досліджуваних гібридів ЛГ5478, НК Бріо та Каньйон істотної різниці в ураженні септоріозом та фомозом не виявлено. Гібрид Каньйон менше уражувався іржею – розвиток 17,6 %, тоді як гібриди ЛГ5478 та НК Бріо на 23,0 та 25 %, відповідно.

Поєднання фунгіцидного обприскування з листковим підживленням мікродобривом Соняшник Аміно Хелат дозволило підвищити ефективність дії фунгіцидів у фазі наливу насіння (ВВСН 75) за одноразового внесення фунгіцидів на 7,9–15,2 %, а за дворазового внесення на 3,1–5,6 %. Дворазове листкове підживлення мікродобривом Соняшник Аміно Хелат на 13,6–18,4 % та 4,2–7,2 %

***Ключові слова:** соняшник, хвороби, гібриди, фунгіциди, мікродобрива, септоріоз, фомоз, іржа, біла гниль.*

Вступ. В Україні соняшник відіграє ключову роль як провідна олійна культура. Протягом багатьох років країна утримує чільні позиції у світовому виробництві та первинній переробці насіння цієї культури. При цьому вирощування даної культури залишається економічно вигідним [10].

В останні роки відмічається зростання обсягів виробництва насіння соняшнику у Лісостепу України. Переміщення вирощування культури до регіонів з більшим забезпеченням вологою та підвищення насичення сівозмін соняшником призвело до суттєвого погіршення фітосанітарного стану посівів, що проявляється у підвищенні ураження хворобами [1].

В умовах України рослини соняшнику здані уражувати більше 70 видів збудників [3; 4]. Особливу небезпеку мають хвороби, що викликаються грибами, серед яких домінують біла (*збудник Sclerotinia sclerotiorum*) та сіра (*Botrytis cinerea* Fr.) гнилі, іржа (*Puccinia helianthi* Schw.), вертицільоз (*Verticillium dahlia* Kleb.), пероноспороз (*Plasmopara helianthi* Novot), фомоз (*Photma oleracea*), альтернаріоз (*Alternaria alternata*), септоріоз (*Septoria helianthi Ell*. et Kell) та іржа (*Puccinia helianthi*) [2; 3; 7].

Хвороби здатні уражувати всі органи соняшнику протягом усього вегетаційного періоду. Недобір врожаю від них може становити 30–50 %, а в роки епіфітотій – перевищує 70 % [7]. Ступінь поширення та розвитку

© Качинська І. В., Григор'єв В. М., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

хвороб залежить від особливостей агрокліматичної зони вирощування соняшнику та погодно-кліматичних умов року. Так в зоні Лісостепу та Полісся України найбільш поширеними хворобами є септоріоз, фомоз, альтернаріоз, біла гниль та іржа [1; 5]. В умовах південного Степу України небезпеку посівам становлять сіра та біла гнилі, фомоз, несправжня борошниста роса, іржа, альтернаріоз, септоріоз та фомопсис [2; 7].

Ефективність захисту посівів соняшнику від хвороб визначається якістю і своєчасністю впровадження технологічних заходів: в першу чергу встановлення оптимальних строків та визначення кількості обробок фунгіцидами. Рекомендована кількість обробок може варіюватися від однієї до трьох залежно від умов і ступеня загрози (фази ВВСН 30, ВВСН 51 та ВВСН 65) [8; 12].

Технічна ефективність в значній мірі залежить від виду збудника, фунгіциду та кратності обробок. Дослідженнями С.В. Ретьмана та Н. Г. Базикіної [8] фунгіциди Піктор – 0,5 л/га, Ретенго – 0,75 л/га та Амістар Екстра – 0,75 л/га забезпечили високу технічну ефективність проти альтернаріозу – 77–86 % та септоріозу – 78–92 % (на 15-ту добу після обробки), на 30-ту добу ефективність фунгіцидів була вищою за 70 %. За дворазового внесення ефективність проти септоріозу (через 15 діб) становила 96 %, а проти альтернаріозу – 78–87 %, на 30-й день після обробки ефективність фунгіцидів проти хвороб була на рівні 72–82 %. Найбільш ефективним проти септоріозу виявився фунігіцид Амістар Екстра. Іншими дослідженнями відмічена висока ефективність Таносу та Аканто Плюс (при застосуванні у фазі 8–10 листків та у фазі розкриття бутону) проти фомозу, сірої та білої гнилі, фомопсису та септоріозу, що становила 94,9–99,0 % [11].

При вирощуванні сільськогосподарських культур, зокрема і соняшнику, важливо задовольнити потреби рослин у необхідній кількості елементів живлення, особливо своєчасно і в оптимальному співвідношенні. Задля кращого використання рослинами соняшнику макроелементів з мінеральних добрив та ґрунту, стимулювання фізіологічних процесів розвитку необхідне забезпечення їх мікродобривами. Мікродобрива за листкового підживлення в найшвидші терміни проникають в рослини, впливаючи на збільшення площі листкової поверхні, тривалості вегетації культури, підвищенні імунітету до збудників хвороб та є невід'ємною складовою частиною підвищення продуктивності культури [4].

Мета роботи. В сучасних умовах використання фунгіцидів у посівах соняшнику є основним заходом контролю хвороб, що сприяє максимальній реалізації біологічного потенціалу гібридів соняшнику. Листкове підживлення мікродобривами фактор, що все частіше застосовується у технології вирощування культури, проте його вплив на розвиток хвороб соняшнику залишається недостатньо дослідженим. Відтак, дослідження закономірностей розвитку хвороб гібридів соняшнику залежно від обприскування фунгіцидами та листкового підживлення мікродобривами є актуальним.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в 2023–2025 рр. в умовах Науково-дослідного центру «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», у південній частині Лісостепу Західного.

Дослід проводили за такою схемою: Фактор А. Гібриди соняшнику. 1. Каньйон; 2. НК Бріо; 3. ЛГ5478. Фактор В. Мікродобрива. 1. Контроль без мікродобрив; 2. Соняшник Аміно Хелат – (внесення у фазу 4–5 листків) 3. Соняшник Аміно Хелат – (1 внесення у фазу 4–5 листків; 2 – у фазу зірочки); Фактор С. Фунгіциди. 1. Контроль (без застосування фунгіцидів); 2. Фокс® (Трифлоксістробін, 150 г/л + протіоконазол, 175 г/л.), внесення у фазу зірочки – 0,8 л/га; 3. Фокс® внесення у фазу зірочки – 0,8 л/га та Пропульс® (флуопірам, 125 г/л та + протіоконазол, 125 г/л), у фазу «середина цвітіння» – 1 л/га.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем глибокий середньосуглинковий, що характеризується такими показниками: вміст гумусу – 2,78 %, pH сольової витяжки – 6,05, вміст рухомого азоту (амонійного) – 8,8 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 89,5 мг/кг ґрунту, рухомого калію – 64,8 мг/кг ґрунту.

Попередником у досліді була пшениця озима. Технологія вирощування соняшнику загальноприйнята для зони Правобережного Лісостепу, крім елементів, що вивчалися.

Обліки хвороб та визначення ефективності фунгіцидів проводили згідно із загальноприйнятими методиками [11].

Площа облікової ділянки становила 52 м^2, повторність – триразова. Розміщення варіантів – послідовне. Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик польового досліду.

Всі результати оброблялися за допомогою дисперсійного аналізу в MS Excel та Statistica.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кліматичні умови вегетаційного періоду 2023–2025 рр. відрізнялися як за кількістю опадів протягом вегетаційного періоду та температурними особливостями, як між собою, так і багаторічними даними, що в значній мірі впливало на розвиток хвороб соняшнику. Слід відмітити, що незначна кількість опадів у травні 2023 та 2024 р. (12,1 мм та 15 мм) за температури 14,7 °С та 15,9 °С не сприяли інтенсивному ураженню хворобами рослин соняшнику. На відміну від дощового травня 2025 р., коли випало 77 мм опадів, проте низькі температури – 13,7 °С дещо стримували інтенсивний розвиток більшості хвороб. Кількість опадів у червні 2023 р. та 2025 р. становили 53 та 63 мм відповідно, що було менше багаторічної норми (80,7 мм), не в значній мірі посилювали розвиток хвороб. У 2024 році опадів випало лише 32 мм, що не сприяло ураженню хворобами в першій половині вегетації соняшнику. Проте у липні в усі досліджувані роки випадала достатня кількість опадів (70,6 та 75,7 мм у 2023 та 2024 роках, та 99 мм – у 2025 р.), що в поєднанні з високими температурами сприяло інтенсивному прояву та розвитку хвороб листкового апарату. В умовах серпня 2024 та 2025 роках відмічалась незначна кількість опадів (12,0 та 19,2 мм), тоді як у 2023 – 77,8 мм.

За досліджувані роки на рослинах соняшнику спостерігали прояв десяти хвороб грибного походження, проте найбільше поширення та розвиток мали септоріоз, фомоз, іржа та біла гниль кошиків.

Септоріоз (*Septoria helianthi* Ell. Et Kell.) в умовах достатнього зволоження проявляється щорічно, розвиток найбільш інтенсивний за вологої, теплої погоди. Ознаки септоріозу у вигляді характерних плям здатні появлятися на рослинах вже у фазі 5–6 листків, що фіксували в умовах 2025 року. В послідуючі періоди вегетації розвиток хвороби стрімко зростав протягом всіх років досліджень. Так, у фазі повного цвітіння (ВВСН 65) на контрольному варіанті він становив 15,0–16,4 %, а у фазі наливу зерна (ВВСН 75) був в межах 31,3–33,7 % (табл. 1). Серед досліджуваних гібридів ЛГ5478 уражувався в більшій мірі – розвиток 33,7 %, тоді як даний показник у гібридів НК Бріо та Каньйон становив 31,6 та 31,3 %, відповідно.

Фунгіциди за обприскування ними рослин дозволили в значній мірі обмежити розвиток септоріозу. Так, ефективність дії фунгіциду Фокс в фазі повного цвітіння (ВВСН 65) становила 84,3–85,5 %, у фазі наливу насіння знизилась до 64,2–66,3 %. За дворазового внесення фунгіцидів Фокс та Пропульс у фазі наливу насіння (ВВСН 75) розвиток хвороби був у межах 3,1–3,7 %. Технічна ефективність проти хвороби становила 88,5–90,2 %.

Таблиця 1. Ефективність дії фунгіцидів та мікродобрив проти септоріозу та фомозу соняшнику, %, (2023–2025 рр.)

Гібрид (фактор А)	Мікродобрива (фактор В)	Фунгіциди (фактор С)	Хвороба							
			септоріоз				фомоз			
			повне цвітіння ВВСН 65		налив насіння ВВСН 75		повне цвітіння ВВСН 65		налив насіння ВВСН 75	
			розвиток хвороби,%	ефективність дії, %	розвиток хвороби,%	ефективність дії, %	розвиток хвороби,%	ефективність дії, %	розвиток хвороби,%	ефективність дії, %
Каньйон	без мікродобрив	1	16,4		31,3		2,5		8,1	
		2	2,6	84,3	10,5	66,3	0,3	87,8	2,7	67,1
		3	2,4	85,2	3,7	88,5	0,4	85,1	0,8	90,5
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	12,4		27,8		2,3		7,4	
		2	1,5	88,2	8,2	71,6	0,2	91,3	1,9	74,4
		3	1,5	87,9	2,3	93,4	0,2	89,9	0,3	95,5
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	13,5		23,4		2,2		6,9	
		2	1,0	92,3	6,1	76,4	0,1	93,8	1,6	76,7
		3	1,1	92,1	1,6	94,2	0,2	92,3	0,2	97,1
НК Бріо	без мікродобрив	1	15,2		31,6		3,4		8,9	
		2	2,2	85,5	11,3	64,2	0,5	86,1	3,2	63,9
		3	2,4	84,2	3,1	90,2	0,4	89,1	0,8	91,4
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	14,2		29,8		3,1		8,3	
		2	1,7	87,8	9,6	70,4	0,3	90,3	2,4	70,6
		3	1,9	86,6	2,3	94,7	0,2	93,5	0,4	95,2
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	14,4		28,1		2,8		7,9	
		2	1,3	91,0	8,2	73,0	0,3	90,6	2,0	75,2
		3	1,2	91,6	2,0	94,8	0,2	91,8	0,3	95,8
ЛГ5478	без мікродобрив	1	15,0		33,7	0,0	2,8		8,5	
		2	2,2	85,5	11,4	66,1	0,4	87,1	2,5	70,7
		3	2,1	86,2	3,7	89,1	0,4	87,1	0,8	91,0
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	14,2		29,9		2,5		7,8	
		2	1,7	88,3	9,4	73,1	0,2	90,7	1,7	78,6
		3	1,6	88,7	2,1	94,0	0,2	92,0	0,4	95,3
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	13,4		30,0		2,4		7,1	
		2	1,3	90,6	8,6	75,8	0,2	93,0	1,3	82,1
		3	1,1	91,8	1,7	94,2	0,2	91,5	0,3	95,8

Примітка: Контроль (без застосування фунгіцидів); 2. Фокс® – 0,8 л/га; 3. Фокс® – 0,8 л/га, Пропульс® – 1 л/га.

Ефективність дії фунгіцидів проти септоріозу листя за одноразового внесення в фазі зірочки та сумісного застосування з мікродобривом Соняшник Аміно Хелат при обліках у фазі повного цвітіння (ВВСН 65) зростала на 2,7–4,6 %, при обліках у фазі наливу насіння (ВВСН 75) – 7,9–10,6 %. За дворазового підживлення мікродобривами спостерігався синергетичний ефект, особливо за одноразового внесення, що проявився у зменшенні інтенсивності розвитку септоріозу на 13,6–15,2 %.

Аналіз розвитку фомозу засвідчив досить низький рівень ураження рослин у фазі повного цвітіння (ВВСН 65) – 2,5–3,4 %, що зростав до 8,1–8,9 % у фазі наливу насіння (ВВСН 75). Серед досліджуваних гібридів дещо менший розвиток хвороби був у гібриду Каньйон – 8,1 %, тоді як в гібридів НК Бріо та ЛГ5478 – 8,9 %. Менше ураження гібриду Каньйон можна пояснити вищою стійкістю до ураження даною хворобою.

Одноразове внесення фунгіциду Фокс сприяло обмеженню розвитку хвороби до рівня 0,2–0,6 % (ефективність дії 86,1–87,8 %) у фазі повного цвітіння (ВВСН 65), в послідуючий період фаза наливу насіння (ВВСН 75) розвиток становив 2,5–3,2 % (ефективність дії 63,9–70,7 %). На варіантах з дворазовим внесенням фунгіцидів ефективність дії була в межах 90,5–91,4 %. Поєднання фунгіцидного обприскування з листковим підживленням мікродобривом Соняшник Аміно Хелат дозволило підвищити ефективність дії фунгіцидів у фазі наливу насіння на 10,4–11,2 %, за дворазового внесення на 14,3–17,7 %.

Таблиця 2. Ефективність дії фунгіцидів та мікродобрив проти іржі (2023–2025 рр.) та білої гнилі кошиків соняшнику, (2023 р.), %

Гібрид (фактор А)	Мікродобрива (фактор В)	Фунгіциди (фактор С)	Хвороба					
			іржа				біла гниль кошиків*	
			повне цвітіння ВВСН 65		налив насіння ВВСН 75		налив насіння ВВСН 75	
			розвиток хвороби,%	ефективність дії, %	розвиток хвороби,%	ефективність дії, %	розвиток хвороби,%	ефективність дії, %
Каньйон	без мікродобрив	1	3,4		17,6		9,1	
		2	0,3	89,9	6,2	63,22	4,1	54,9
		3	0,3	89,6	1,5	91,22	1,8	80,2
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3		19,3		8,7	
		2	0,3	91,2	5,8	69,89	3,8	56,3
		3	0,2	92,3	0,9	95,1	1,5	82,8
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	2,3		19,1		8,2	
		2	0,1	93,9	5,1	73,34	3,5	57,3
		3	0,1	94,3	0,9	95,03	1,3	84,1
НК Бріо	без мікродобрив	1	3,9		23		7,3	
		2	0,5	88	8	65,41	3,5	52,1
		3	0,4	90,6	2,2	90,27	1,58	78,4
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3,3		21,9		7	
		2	0,3	92,2	5,6	74,46	3,2	54,3
		3	0,2	92,8	1,1	94,79	1,3	81,4
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3		20,8		6,7	
		2	0,2	94,2	4,7	77,45	2,9	56,7
		3	0,2	94,4	1	94,97	1,1	83,6
ЛГ5478	без мікродобрив	1	3,6		25		8,4	
		2	0,5	87,2	8,8	64,98	3,9	53,6
		3	0,4	88,9	2,3	90,66	2	76,2
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3,2		24		8,8	
		2	0,3	91,5	7,1	70,31	3,8	56,8
		3	0,2	92,6	1,6	93,5	1,7	80,7
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	2,7		22,8		8,3	
		2	0,2	93,6	5,9	74,34	3,5	57,8
		3	0,2	93,9	1,4	94,02	1,5	81,9

Примітка: Контроль (без застосування фунгіцидів); 2. Фокс® – 0,8 л/га; 3. Фокс® – 0,8 л/га, Пропульс® – 1 л/га.

Ураження рослин іржею (*Pccinia helianthi* Schw) відмічалось у другий період вегетації соняшнику. У період повного цвітіння (ВВСН 65) на листках спостерігались уредопустули з уредоспорами гриба. Розвиток хвороби на контрольному варіанті у цій фазі становив 3,4–3,9 % за 100 % ураження рослин (табл. 2). Хвороба інтенсивно

розвивалась і в послідуючі фази, так розвиток у фазу формування насіння соняшнику (ВВСН 75) становив 17,6–25 %. Гібриди в різній ступені уражувались хворобою, зокрема у фазі ВВСН 75 у гібриду Каньйон розвиток становив – 17,6 % у НК Бріо – 23,0 %, а у ЛГ5478 – 25,0 %.

Ефективність фунгіцидів проти іржі була вищою, ніж проти септоріозу та фомозу. Зокрема ефективність дії фунгіциду Фокс у фазі повного цвітіння (ВВСН 65) становила 87,2–90,6 % у послідуючий період фаза наливу насіння (ВВСН 75) – 63,2–65,4 %. У варіантах з внесенням фунгіциду Пропульс розвиток хвороби у фазі наливу насіння (ВВСН 75) становив 1,5–2,3 % (ефективність дії 94 –95 %).

Поєднання фунгіцидного обприскування з листковим підживленням мікродобривом Соняшник Аміно Хелат дозволило підвищити ефективність дії фунгіцидів проти іржі у фазі наливу насіння (ВВСН 75) за одноразового внесення фунгіцидів на 10,5–11,2 %, а за дворазового внесення на 14,4–18,4 %.

Біла гниль уражувала рослини соняшнику протягом усього вегетаційного періоду була представлена прикореневою, стебловою та кошиковою формою, проте поширення та ступінь розвитку хвороби визначався особливостями погодних умов вегетації. В умовах 2023 та 2024 років відмічався незначний прояв хвороби, уражувались поодинокі рослини. Тоді як в умовах 2025 року ураження хворобою носило більш інтенсивний характер, особливого поширення набула кошикова форма за розвитку 7,3–9,1 %. Тому ефективність дії фунгіцидів доцільно провести саме у цьому році. За внесення фунгіциду Фокс 0,8 л/га розвиток хвороби був в межах 3,5–4,1 %, ефективність дії у фазі наливу насіння (ВВСН 75), залежно від гібриду, становила 52,1–54,9 %. Друге внесення фунгіциду Пропульс дозволило в значній мірі проконтролювати розвиток хвороби – ефективність дії 76,2–80,2 % (табл. 3).

Таблиця 3. Ефективність дії фунгіцидів та мікродобрив проти іржі (2023–2025 рр.) та білої гнилі кошиків соняшнику, (2023 р.), %

Гібрид (фактор А)	Мікродобрива (фактор В)	Фунгіциди (фактор С)	Хвороба					
			іржа				біла гниль кошиків*	
			повне цвітіння ВВСН 65		налив насіння ВВСН 75		налив насіння ВВСН 75	
			розвиток хвороби,%	ефективність дії, %	розвиток хвороби,%	ефективність дії, %	розвиток хвороби,%	ефективність дії, %
Каньйон	без мікродобрив	1	3,4		17,6		9,1	
		2	0,3	89,9	6,2	63,2	4,1	54,9
		3	0,3	89,6	1,5	91,2	1,8	80,2
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3,0		19,3		8,7	
		2	0,3	91,2	5,8	69,9	3,8	56,3
		3	0,2	92,3	0,9	95,1	1,5	82,8
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	2,3		19,1		8,2	
		2	0,1	93,9	5,1	73,3	3,5	57,3
		3	0,1	94,3	0,9	95,0	1,3	84,1
НК Бріо	без мікродобрив	1	3,9		23,0		7,3	
		2	0,5	88,0	8,0	65,4	3,5	52,1
		3	0,4	90,6	2,2	90,3	1,58	78,4
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3,3		21,9		7	
		2	0,3	92,2	6,0	72,7	3,2	54,3
		3	0,2	92,8	1,1	94,8	1,3	81,4
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3,0		20,8		6,7	
		2	0,2	94,2	4,7	77,5	2,9	56,7
		3	0,2	94,4	1,0	95,0	1,1	83,6
ЛГ5478	без мікродобрив	1	3,6		25,0		8,4	
		2	0,5	87,2	8,8	65,0	3,9	53,6
		3	0,4	88,9	2,3	90,7	2	76,2
	1 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	3,2		24,0		8,8	
		2	0,3	91,5	7,1	70,3	3,8	56,8
		3	0,2	92,6	1,6	93,5	1,7	80,7
	2 внесення Соняшник Аміно Хелат	1	2,7		22,8		8,3	
		2	0,2	93,6	5,9	74,3	3,5	57,8
		3	0,2	93,9	1,4	94,0	1,5	81,9

Примітка: Контроль (без застосування фунгіцидів); 2. Фокс® – 0,8 л/га; 3. Фокс® – 0,8 л/га, Пропульс® – 1 л/га.

Серед досліджуваних гібридів в меншій мірі уражувався НК Бріо – 7,3 %, дещо сильніший розвиток хвороби був ЛГ5478 – 8,4 % та Каньйон – 9,1 %.

Найвища ефективність дії фунгіцидів проти кошикової форми білої гнилі спостерігалась у варіанті з двохразовим внесенням фунгіцидів та мікродобрив у гібриду Каньйон – 84,1 %.

Висновки. Найбільше поширення та розвиток мали хвороби: септоріоз – розвиток на варіантах без застосування пестицидів у фазі наливу зерна (ВВСН 75) 31,3–33,7 %, фомоз – 8,1–8,9 %, іржа – 17,6–25 %, та в 2025 році біла гниль кошиків 7,3–9,1 %.

Серед досліджуваних гібридів ЛГ5478, НК Бріо та Каньйон істотної різниці в ураженні септоріозом та фомозом не виявлено. Гібрид Каньйон менше уражувався іржею – розвиток 17,6 %, тоді як гібриди ЛГ5478 та НК Бріо на 23,0 та 25,0 % відповідно.

Ефективність дії фунгіциду Фокс–0,8 л/га за обприскування у фазі зірочки (ВВСН 51), при обліках у фазі повного цвітіння (ВВСН 65) проти септоріозу становла – 84,2–86,2 %, фомозу 85,1–89,1 %, іржі 89,6–90,6 %. У фазі наливу насіння (ВВСН 75) внаслідок повторного зараження спорами грибів ефективність фунгіциду проти септоріозу знизилась до 64,2–66,3 %, фомозу – 63,9–70,7 %, іржі – 63,2–65,4 %. Друге внесення фунгіциду Пропульс дозволило в значній мірі обмежити розвиток всіх хвороб. Так ефективність дії проти септоріозу становила 88,5–90,2 %, фомозу – 90,3–91,4 %, іржі – 90,3 – 91,2 %, білої гнилі кошиків – 76,2–80,2 %.

Поєднання фунгіцидного обприскування з листковим підживленням мікродобривом Соняшник Аміно Хелат дозволило підвищити ефективність дії фунгіцидів у фазі наливу насіння (ВВСН 75) за одноразового внесення фунгіцидів на 7,9–15,2 %, а за дворазового внесення на 3,1–5,6 %. За дворазового листкового підживлення мікродобривом Соняшник Аміно Хелат на 13,6–18,4 % та 4,2–7,2 % відповідно.

Перспективи подальших досліджень полягають в обґрунтуванні господарської та економічної ефективності застосування досліджуваних систем інтегрованого захисту з урахуванням вартості додаткових обробок та збереженого врожаю.

Список використаних джерел

1. Андрійчук Т. О., Скорейко А. М., Кувшинов О. Я. Оцінка фітосанітарного стану посівів соняшнику в західному Лісостепу України. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 73–84. https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.73-84

2. Балан Г. О. Порівняльний аналіз видового складу збудників хвороб соняшнику в умовах. Причорноморського Степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Вип. 88. 2018. С. 32–40. URL: http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2134/1/%d0%91%d0%b0%d0%bb%d0%b0%d0%bd.pdf (дата звернення: 21.01.2026).

3. Балан Г. О., Ткачик С. О. Ідентифікаційна оцінка патогенної мікобіоти селекційних зразків соняшнику однорічного в умовах Причорноморського Степу України. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. № 28. С. 182–194. https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211072

4. Домарацький О. О., Сидякіна О. В., Іванів М. О., Добровольський А. В. Біопрепарат нового покоління групи Хелафіт у технології вирощування гібридів соняшнику на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 98. С. 51–56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn_2017_98_11 (дата звернення: 21.01.2026).

5. Марков І. Л. Хвороби соняшнику. *Агроном*. 2008. № 1. С. 94–108.

6. Мельничук Ф. С., Марченко О. А., Васильєв А. А. Вплив зрошення на фітопатогенний ко-плекс на соняшнику в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116. С. 32–41. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.5

7. Поспєлов С. В., Поспєлова Г. Д., Нечипоренко Н. І., Міщенко О. В., Черняк О. О., Скляр С. С., Іванічко О. В. Аналіз фітопатогенного стану посівів соняшнику в період вегетації за різних агрокліматичних умов. *Вісник ПДАА*. 2021. № 4. С. 133–141. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.17

8. Ретьман С. В., Базикіна Н. Г. Фунгіцидний захист соняшнику від основних хвороб листя. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 5–6. С. 9–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kizr_2019_5-6_5 (дата звернення: 21.01.2026).

9. Трибель, С. О., Сігарьова, Д. Д., Секун, М. П. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів; за ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ. 2001. 428 с.

10. Шевченко А. А., Петренко О. П., Гелас В. М. Стратегічний розвиток вирощування соняшнику в Україні: виклики та перспективи. *Економічний вісник Причорномор'я. 2024*. Вип. 5. С. 133–145. https://doi.org/10.37000/ebbsl.2024.05.11

11. Шелудько О. Д., Малярчук В. М., Борищук Р. В Найдьонов В. Г., Нижеголенко В. М. Нові фунгіциди для захисту посівів соняшнику від грибних хвороб. *Зрошуване землеробство*. 2010. Вип. 54. С. 300–309. URL: https://izpr.ks.ua/archive/2010/54/48.pdf (дата звернення: 21.01.2026).

12. Berghuis B., Friskop A., Gilley M., Halvorson J., Hansen B., Fitterer S., Carruth D., Schatz B., Benson B., Humann R., Markell S. Evaluation of Fungicide Efficacy on Sunflower Rust (*Puccinia helianthi*) on Oilseed and Confection Sunflower. *Plant Health Progress*. Vol. 23, No. 2. P. 140–146. https://doi.org/10.1094/PHP-05-21-0085-RS

Kachynska I. V.
Postgraduate Student at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *irakacinnska@gmail.com*
ORCID: *0009-0007-7058-4709*

Hryhoriev V. M.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor, Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *grygoriyev@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-8567-5466*

EFFECTIVENESS OF FUNGICIDES AND MICROFERTILIZERS AGAINST DISEASES DURING THE SUNFLOWER VEGETATION PERIOD

Abstract

The article presents the results of studies on the complex use of microfertilizers and fungicides to determine their impact on the development of the main diseases of the growing season of sunflower hybrids in the conditions of the southern part of the Western Forest–Steppe.

During the studied years, ten diseases of fungal origin were observed on sunflower plants, but the most widespread and developed were septoria –development on variants without the use of pesticides in the grain filling phase (BBCH 75) 31,3–33,7 %, fomosis – 8.1–8.9 %, rust 17,6–25 %, and in 2025 white rot of baskets 7,3–9,1 %.

The climatic conditions of the growing season 2023–2025 differed both in the amount of precipitation during the growing season and in temperature characteristics, which significantly affected the development of sunflower diseases. The most favorable for the development of diseases was 2025 with excessively high rainfall.

The effectiveness of the fungicide Fox – 0,8 l/ha for spraying in the asterisk phase (BBCH 51) in the full flowering phase (BBCH 65) against septoria was – 86,1–87,5 %%, phomosis 85,1–89,1 %, rust 87,2–90,6 %. In the seed filling phase (BBCH 75) due to repeated infection with fungal spores, the effectiveness of the fungicide against septoria decreased to 64,2–66,3 %, phomosis 63,9–70,7 %, rust 63,2–65,4 %. The second application of the fungicide Propuls allowed to significantly control the development of all diseases. Thus, the effectiveness of the action against septoria was 88,5–90,2 %, phomosis 90,5–91,4 %, rust – 90,3–91,2 %, white rot of baskets – 76,2–80,2 %.

Among the studied hybrids LG5478, NK Brio and Canyon, no significant difference in the damage by septoria and phomosis was found. The Canyon hybrid was less affected by rust – development of 17.6 %, while the hybrids LG5478 and NK Brio by 23,0 and 25,0 %, respectively.

The combination of fungicide spraying with foliar feeding with the microfertilizer Sunflower Amino Chelate allowed to increase the effectiveness of fungicides in the seed filling phase (BBCH 75) with a single application of fungicides by 7,9–15,2 %, and with two single applications by 3,1–5,6 %. Two–time foliar feeding with the microfertilizer Sunflower Amino Chelate by 13,6–18,4 %, and 4,2–7,2 %

Key words: *sunflower, diseases, hybrids, fungicides, microfertilizers, septoria, fomosis, rust, white rot*

References

1. Andriichuk, T. O., Skoreiko, A. M., Kuvshynov, O. Ya. (2021). Otsinka fitosanitarnoho stanu posiviv soniashnyku v zakhidnomu Lisostepu Ukrainy. [Assessment of the phytosanitary condition of sunflower crops in the western Forest-Steppe of Ukraine]. *Zakhyst i karantyn roslyn – Plant protection and quarantine*, 67, 73–84. https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.73-84 [in Ukrainian].

2. Balan, H. O. (2018). Porivnialnyi analiz vydovoho skladu zbudnykiv khvorob soniashnyku v umovakh. Prychornomorskoho Stepu Ukrainy. [Comparative analysis of the species composition of sunflower disease pathogens in the conditions of the Black Sea Steppe of Ukraine]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria – Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*, 88, 32–40. URL: http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2134/1/%d0%91%d0%b0%d0%bb%d0%b0%d0%bd.pdf [in Ukrainian].

3. Balan, H. O., Tkachyk, S. O. (2020). Identyfikatsiina otsinka patohennoi mikobioty selektsiinykh zrazkiv soniashnyku odnorichnoho v umovakh Prychornomorskoho Stepu Ukrainy. [Identification assessment of pathogenic mycobiota of annual sunflower breeding samples in the conditions of the Black Sea Steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 182–194. https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211072 [in Ukrainian].

4. Domaratskyi, O. O., Sydiakina, O. V., Ivaniv, M. O., Dobrovolskyi, A. V. (2020). Biopreparat novoho pokolinnia hrupy Khelafit u tekhnolohii vyroshchuvannia hibrydiv soniashnyku na Pivdni Ukrainy. [New generation biopreparation of the Helafit group in the technology of growing sunflower hybrids in the South of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk –Tavria Scientific Bulletin*, 98, 51–56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tnveconn_2017_98_11 [in Ukrainian].

5. Markov, I. L. (2008). Khvoroby soniashnyka. [Sunflower diseases]. *Ahronom – Agronomist*, 1, pp. 94–108 [in Ukrainian].

6. Melnychuk, F. S., Marchenko, O. A., & Vasyliev, A. A. (2020). Vplyv zroshennia na fitopatohennyi kompleks na soniashnyku v umovakh Lisostepu Ukrainy. [The influence of irrigation on the phytopathogenic complex on sunflower in the conditions of the

forest-steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Herald*, 116, 32–41. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.5 [in Ukrainian]

7. Pospelov, S. V., Pospielova, G. D., Nechiporenko, N. I., Mishchenko, O. V., Cherniak, O. O., Skliar, S. S., & Ivanichko, O. V. (2021). Analiz fitopatohennoho stanu posiviv soniashnyku v period vehetatsii za riznykh ahroklimatychnykh umov. [Analysis of sunflower areas' phyto-pathogenic con-dition during vegetation period under different agroclimatic conditions]. *Visnyk Poltavskoi derzhav-noi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, pp. 133–141. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.17 [in Ukrainian].

8. Retman, S. V., Bazykina, N. H. (2019). Funhitsydnyi zakhyst soniashnyku vid osnovnykh khvorob lystia. [Fungicidal protection of sunflower against major leaf diseases]. *Karantyn i zakhyst roslyn – Quarantine and plant protection*. No. 5–6. pp. 9–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ Kizr_2019_5-6_5 [in Ukrainian].

9. Trybel, C. O Siharova, D. D., Sekun M. P., Ivashchenko O. O. ta in. (2001). Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv. [Methods of testing and application of pesticides]. K. : Svit. 448 p. [in Ukrainian].

10. Shevchenko, A. A., Petrenko, O. P., Helas, V. M. (2024). Stratehichnyi rozvytok vyroshchuvannia soniashnyku v Ukraini: vyklyky ta perspektyvy. [Strategic development of sunflower cultivation in Ukraine: challenges and prospects]. *Ekonomichnyi visnyk Prychornomoria – Economic Bulletin of the Black Sea Region*, 5, 133–145. https://doi.org/10.37000/ebbsl.2024.05.11 [in Ukrainian].

11. Sheludko, O. D., Maliarchuk, V. M., Boryshchuk, R. V Naidonov, V. H., Nyzheholenko, V. M. (2010). Novi funhitsydy dlia zakhystu posiviv soniashnyka vid hrybnykh khvorob. [New fungicides for protecting sunflower crops from fungal diseases]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 54, 300–309. URL: https://izpr.ks.ua/archive/2010/54/48.pdf [in Ukrainian].

12. Berghuis, B., Friskop, A., Gilley, M., Halvorson, J., Hansen, B., Fitterer, S., Carruth, D., Schatz, B., Benson, B., Humann, R., & Markell, S. (2022). Evaluation of Fungicide Efficacy on Sunflower Rust (*Puccinia helianthi*) on Oilseed and Confection Sunflower. *Plant Health Progress*, Vol. 23, No. 2, pp. 140–146. https://doi.org/10.1094/PHP-05-21-0085-RS [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 02.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 632.954:632.51:633.15
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-13

Кобернюк О. Т.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** elenakobernuk03@gmail.com*
***ORCID:** 0000-0002-1380-7976*

Тарасюк В. А.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** valeratarasuk003@gmail.com*
***ORCID:** 0000-0002-4207-1013*

Ровінська О. О.
здобувачка 4-го курсу ОС «Бакалавр», спеціальності 201 «Агрономія»,
кафедра землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** rovinskaoleksandra2005@gmail.com*
***ORCID:** 0009-0009-1074-0495*

ВПЛИВ ГЕРБІЦИДІВ НА СЕГЕТАЛЬНУ РОСЛИННІСТЬ АГРОФІТОЦЕНОЗУ КУКУРУДЗИ

Анотація

Важливим агротехнічним заходом під час вирощування кукурудзи є ефективний захист посівів від бур'янів. Польові дослідження з вивчення забур'яненості агрофітоценозу кукурудзи здійснювались впродовж 2023–2024 років у науково-дослідному центрі «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». У посівах гібриду кукурудзи ДУБЛІККС було виявлено 14 видів однорічних бур'янів та 8 видів багаторічних бур'янів. У структурі малорічних бур'янів переважали ярі пізні – 45 % (щириця звичайна (Amaranthus retroflexus L.), нетреба звичайна (Xanthium strumarium L.), амброзія полинолиста (Ambrosia artemisiifolia L.), мишій сизий (Setaria glauca L.), молочай-сонцегляд (Euphorbia helioscopia L.), плоскуха звичайна (Echinochloa cruss-galli (L.) Roem.), і ярі ранні – 32 % (гірчак почечуйний (Polygonum persicaria L.), лобода біла (Chenopodium album L.), гірчиця польова (Sinapis arvensis L.) та ін.). Серед багаторічних бур'янів найбільш поширені були коренепаросткові (берізка польова (Convolvulus arvensis L.) та осот рожевий (Cirsium arvense L.)), кореневищні (пирій повзучий (Elytrigia repens L.) та хвощ польовий (Equisetum arvense L.). Незначну частку видового складу бур'янів займали багаторічні стрижнекореневі бур'яни (полин звичайний (Artemisia vulgaris L.) та щавель кінський (Rumex confertus Willd. L.). З урахуванням різних типів забур'яненості посівів вивчалось поєднання ґрунтових і страхових гербіцидів. У результаті досліджень виявлено, що страхові гербіциди забезпечують вищу урожайність, ніж ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд 500 SC. При цьому ефективність їх у поєднанні з ґрунтовим гербіцидом значно підвищується, що забезпечило підвищення урожайності на 0,26–0,97 т/га у 2023 році та на 0,07–0,77 т/га у 2024 році. Найбільш ефективного контролю сегетальної рослинності агрофітоценозу кукурудзи було досягнуто у разі застосування страхових гербіцидів Лаудіс та Елюміс у поєднанні з ґрунтовим гербіцидом Примекстра TZ Голд 500 SC, що забезпечувало контроль ярих ранніх бур'янів на 94–100 %, ярих пізніх – на 85–100 %, багаторічних бур'янів – на 82–100 % та максимальну урожайність на рівні 11,0–14,29 т/га.

***Ключові слова:** гербіциди, діючі речовини, бур'яни, біологічна ефективність гербіцидів, кукурудза, агрофітоценоз, сегетальна рослинність.*

Вступ. Кукурудза є однією з найуразливіших культур до бур'янів в агрофітоценозах: вона пригнічує їх удесятеро гірше, ніж пшениця озима і втричі гірше, ніж соняшник [7]. Критично важливий період формування конкурентних взаємин – фаза 2–7 листків культури (ВВСН 12–17). Саме на цьому етапі визначається інтенсивність взаємодії між культурними рослинами та сегетальною рослинністю, що суттєво впливає на подальший стан агрофітоценозу та формування врожайності [2; 12]. Шкодочинність бур'янів у посівах кукурудзи надзвичайно висока. За наявності на 1 м^2 15 рослин гірчака повзучого врожайність знижується на 80 %, 12 шт/ м^2 плоскухи звичайної – на 29 %, 10 шт/ м^2 амброзії полинолистої – на 34–41 % [1]. Найбільш шкідливими бур'янами у посівах

© Кобернюк О. Т., Тарасюк В. А., Ровінська О. О., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

кукурудзи є осот рожевий та жовтий, берізка польова, гірчиця польова, лобода біла, щириця біла та звичайна, пирій повзучий, а також амброзія полинолиста, які знижують її врожайність на 30–50 % [6].

У вирішенні проблеми забур'яненості агрофітоценозів кукурудзи розробка ефективних заходів з регулювання присутності бур'янового компонента і використання гербіцидів є одним із ключових елементів у технології її вирощування [3; 5].

Більшість аграріїв у технології вирощування кукурудзи використовує ґрунтові гербіциди. Але слід мати на увазі, що період дії ґрунтових гербіцидів у середньому триває впродовж 40 днів та вони не діють проти багаторічної злакової бур'янової рослинності. Окрім цього, постійно з'являються нові хвилі сходів бур'янів і ґрунтові гербіциди не завжди здатні стримувати їх появу [1]. Тож, застосування страхових гербіцидів – обов'язковий елемент технології вирощування кукурудзи.

Сучасний асортимент гербіцидів для кукурудзи суттєво розширився за рахунок поєднання діючих речовин у різних комбінаціях та співвідношеннях [1]. Виробники гербіцидів розробляють препарати, орієнтуючись на стійкість рослин кукурудзи до діючих речовин та необхідність селективної дії на конкретний бур'ян.

Дослідження в польових умовах доводять, що універсального рішення не існує, оскільки кожне поле індивідуальне і має свої особливості, які варто брати до уваги під час вибору схеми гербіцидного захисту. Насамперед система захисту залежить від типу забур'яненості, тобто від того, які види бур'янів переважають.

Так, дослідження, які були проведені на полях Вінницького національного аграрного університету, показали, що застосування ґрунтового препарату Харнес (1,5 л/га) зменшило забур'яненість посівів кукурудзи на 90 % порівняно із контролем. Але на цьому варіанті розвивалися багаторічні та пізні ярі бур'яни і створювали загрозу урожайності кукурудзи. Поєднання досходового застосування гербіциду Харнес (2,5 л/га) та післясходового застосування гербіциду МайсТер® Пауер (1,25 л/га) забезпечило якісний фітотоксичний вплив на основні види бур'янів у посівах кукурудзи. Зокрема, однодольні бур'яни знищувались на 99 %, а дводольні – на 92–100 %. Такий варіант забезпечив прибавку урожайності зерна кукурудзи за два роки досліджень на 4,2 та 4,5 т/га [4].

У дослідженнях Інституту зернового господарства впродовж 2007–2009 рр. комбінований гербіцид Примекстра TZ Голд відзначився слабкою фітотоксичною дією. Найбільш ефективне знищення й пригнічення бур'янів спостерігалось на ділянках із внесенням таких гербіцидів, як Харнес + Діален супер, та післясходових препаратів: Каллісто + Мілагро, МайсТер® Пауер, Таск [8].

Також, за даними М. С. Шевченко, застосування ґрунтового гербіциду Герб у поєднанні зі страховим гербіцидом Таск забезпечувало зниження біологічної маси бур'янової рослинності до 37–85 г/м^2, тоді як на контролі вона становила 306–390 г/м^2 [11].

Слід наголосити, що у разі тривалого використання гербіцидів одного і того самого спектра дії у деяких видів бур'янів виникає резистентність. Зважаючи на це, захист посівів від бур'янів повинен базуватись на регламентованому використанні найбільш екологічно прийнятих і біологічно активних гербіцидів [9; 10].

Саме тому **метою дослідження** було обґрунтування доцільності використання ґрунтового та страхових гербіцидів для найбільш ефективного контролю сегетальної рослинності в посівах кукурудзи для покращення умов її росту, розвитку та підвищення врожайності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження ефективності різних гербіцидів проводились у науково-дослідному центрі «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» на дослідних ділянках гібриду кукурудзи ДУБЛІККС з ФАО 320 селекції фірми «RAGT» (Франція). Під час розробки системи захисту посіву кукурудзи враховували видовий склад бур'янів дослідних ділянок. За період 2023–2024 років на цих ділянках виявлено 14 видів однорічних бур'янів та 8 видів багаторічних бур'янів. У структурі малорічних бур'янів переважали ярі пізні – 45 % (щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus L.*), нетреба звичайна (*Xanthium strumarium L.*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia L.*), мишій сизий (*Setaria glauca L.*), молочай-сонцегляд (*Euphorbia helioscopia L.*), плоскуха звичайна (*Echinochloa cruss-galli (L.) Roem.*), і ярі ранні – 32 % (гірчак почечуйний (*Polygonum persicaria L.*), лобода біла (*Chenopodium album L.*), гірчиця польова (*Sinapis arvensis L.*) та ін.). Серед багаторічних бур'янів найбільш поширеними були коренепаросткові (берізка польова (*Convolvulus arvensis L.*) та осот рожевий (*Cirsium arvense L.*)), кореневищні (пирій повзучий (*Elytrigia repens L.*) та хвощ польовий (*Equisetum arvense L.*). Незначну частку видового складу бур'янів займали багаторічні стрижнекореневі бур'яни (полин звичайний (*Artemisia vulgaris L.*) та щавель кінський (*Rumex confertus Willd. L.*). У 2023 році кількість ярих ранніх бур'янів була 165 шт/м^2 (49,2 %), ярих пізніх – 127 шт/м^2 (37,9 %), коренепаросткових і кореневищних – 30 шт/м^2 (9,1 %). 2024 рік за забур'яненістю відрізнявся незначно: кількість ярих ранніх становила 186 шт/м^2 (56,7 %), пізніх ярих – 87 шт/м^2 (27,1 %), кореневищних і коренепаросткових – 23 шт/м^2 (7,1 %). Оскільки ділянки засмічені і однорічними, і багаторічними бур'янами, то вивчались страхові гербіциди як окремо, так і в поєднанні з ґрунтовими. З ґрунтових використовували гербіцид Примекстра TZ Голд 500 SC. Серед страхових гербіцидів використали МайсТер® Пауер, який на ринку засобів захисту один з найчастіше використовуваних, і два нових гербіциди, які теж мають широкий спектр дії щодо бур'янів, – Лаудіс та Елюміс. Окрім цього, у схему досліду було введено суміш препаратів Десперадо + Таскон з аналогічними діючими речовинами, але значно дешевших від їх аналогів.

Варіанти досліду та норми внесення гербіцидів:

1. Ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд 500 SC, к.с. (*312,5 г/л S–метолахлор + 187,5 г/л тербутилазин*) – 4,5 л/га.
2. Страховий гербіцид МайсТер® Пауер, о.д. (*31,5 г/л форамсульфурон + 1,0 г/л йодосульфурон + 10 г/л тієнкарбазон-метил + 15 г/л ципросульфамід (антидот)* – 1,3 л/га.
3. Ґрунтовий Примекстра TZ Голд 500 SC + страховий МайсТер® Пауер.
4. Страховий гербіцид Лаудіс, в.г. (*200 г/кг темботріон + 100 г/кг ізоксадіфен (антидот)* + прилипач Меро – 0,5 кг/га + 1,5 л/га.
5. Ґрунтовий Примекстра TZ Голд 500 SC + страховий гербіцид Лаудіс.
6. Страховий гербіцид Елюміс, м.д. (*30 г/л нікосульфурон + 75 г/л мезотріон*) – 2 л/га.
7. Ґрунтовий Примекстра TZ Голд 500 SC + страховий гербіцид Елюміс.
8. Суміш страхових гербіцидів Десперадо, к.с. (*480 г/л мезотріон*)+ Таскон, в.г. (750 г/кг нікосульфурон)+ прилипач Oil AD – 0,25 л/га + 0,07 кг/га + 0,5 л/га.
9. Ґрунтовий Примекстра TZ Голд 500 SC + суміш страхових гербіцидів (Десперадо + Таскон + прилипач Oil AD).

У дослідах застосовували 4-разове повторення, розміщення варіантів –рандомізоване. Загальна площа ділянки 28 м^2 (4 рядки довжиною 10 м, міжрядля – 0,7 м), облікова площа – 14 м^2 (два середніх рядки). Дослідження полягали у визначенні видового складу бур'янів та визначення їх кількості методом закладання пробник ділянок. Динаміку кількості і видового складу визначали 1 червня (6 тижнів після сівби – приблизний мінімальний термін дії ґрунтового гербіциду), 20 червня і 20 липня для визначення впливу страхових гербіцидів. Пізніше забур'яненість не визначали, оскільки бур'яни в цей період уже не мають такої шкодочинності у посівах кукурудзи. Ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд вносили під передпосівну культивацію на глибину до 5 см. Для досягнення оптимального ефекту страхові гербіциди застосовували у ранні фази розвитку кукурудзи (ВВСН 12–16) або від 2 до 5–6 листків культури. Але основним чинником вибору часу застосування препаратів є фаза розвитку бур'янів.

Біологічна ефективність гербіцидів виражається у відсотках загиблих бур'янів конкретного виду від загальної їх кількості у польовому фітоценозі. Важливо, щоб було стовідсоткове знищення бур'янів, проте багато чинників впливають на біологічну ефективність гербіцидів. Це і погодні умови, і фаза розвитку бур'янів, і умови внесення гербіцидів, і селективність самого препарату.

На дослідних ділянках у видовому складі переважали однорічні бур'яни, які поділяються на ярі ранні та ярі пізні. Результати досліджень показують, що ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд практично повністю контролював лободу білу та гірчицю польову, але його ефективність на гірчаку почечуйному становила лише 74 %. Тобто цей ярий ранній бур'ян виявився стійкішим до ґрунтового гербіциду внаслідок того, що його сходи з'являються пізніше, ніж сходи лободи та гірчиці польової (табл. 1).

Усі інші гербіциди на ярі ранні бур'яни мали подібну дію – більше 90 % бур'янів цієї групи гинули. МайсТер® Пауер та суміш гербіцидів Десперадо і Таскон мали ефективність на рівні 88–89 % на гірчаку почечуйному. Варто відзначити, що страхові гербіциди практично повністю контролюють ранні ярі бур'яни, підвищуючи свій вплив під час внесення по ґрунтовому гербіциду до стовідсоткового рівня біологічної ефективності. Стійкіший бур'ян з групи ранніх ярих – гірчак почечуйний: максимальний контроль цього бур'яну відбувався під час використання страхових гербіцидів Лаудіс та Елюміс (90–92 %), а у разі внесення усіх страхових гербіцидів по фону ґрунтового Примекстра TZ Голд досягався практично однаковий ефект – 94–97 % контролю чисельності гірчака.

Таблиця 1. Вплив досліджуваних гербіцидів на ярі ранні бур'яни, % знищених (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіанти досліду	Гірчак почечуйний	Лобода біла	Гірчиця польова
Примекстра TZ Голд	74	97	94
МайсТер® Пауер	88	99	96
Примекстра TZ Голд + МайсТер® Пауер	95	100	100
Лаудіс	90	94	96
Примекстра TZ Голд + Лаудіс	94	99	100
Елюміс	92	94	96
Примекстра TZ Голд + Елюміс	97	100	100
Десперадо + Таскон + прилипач Oil AD	89	94	96
Примекстра TZ Голд + Десперадо + Таскон + прилипач Oil AD	94	100	100

Пізні ярі бур'яни мають більшу шкодочинність в агрофітоценозі кукурудзи, тому що їхні сходи з'являються разом з кукурудзою, мають кілька хвиль і є сильними конкурентами для культурних рослин через надзвичайно швидкий ріст. Результати досліджень показують, що ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд виявився ефективним проти небагатьох ярих пізніх бур'янів. Так, лише щириця звичайна і плоскуха звичайна знищувались на 82–85 %, а амброзія полинолиста і нетреба звичайна практично не вражались цим гербіцидом, загибель їх становила лише 10–12 % (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив досліджуваних гербіцидів на ярі пізні бур'яни, % знищених (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіанти досліду	Молочай-сонцегляд	Щириця звичайна	Амброзія полинолиста	Нетреба звичайна	Мишій сизий	Плоскуха звичайна
Примекстра TZ Голд	68	85	12	10	76	82
МайсТер® Пауер	85	96	58	69	92	90
Примекстра TZ Голд + МайсТер® Пауер	86	99	76	78	99	97
Лаудіс	79	94	78	75	94	92
Примекстра TZ Голд + Лаудіс	85	100	89	87	99	100
Елюміс	86	92	73	80	95	93
Примекстра TZ Голд + Елюміс	93	98	85	89	100	100
Десперадо + Таскон + прилипач Oil AD	82	94	76	86	93	96
Примекстра TZ Голд + Десперадо + Таскон + прилипач Oil AD	89	100	82	95	100	100

Страхові гербіциди виявляються більш ефективними стосовно ярих пізніх бур'янів. Так, МайсТер® Пауер знищував амброзію полинолисту та нетребу звичайну на рівні 58–69 %, а інші бур'яни – на 85–96 %. Слід відзначити, що ефективність дії препарату посилюється на фоні ґрунтового гербіциду, особливо саме на амброзії полинолистій та нетребі звичайній – на 18 та 9 % відповідно. Препарати Лаудіс та Елюміс мають подібну дію на бур'яни, контролюючи найбільш поширені щирицю звичайну, мишій сизий та плоскуху звичайну більше ніж на 92 %. Проте Лаудіс знищує молочай-сонцегляд на 79 %, амброзію та нетребу – на 78 і 75 % відповідно.

По ґрунтовому гербіциду контроль цих бур'янів зростає до 85–89 %. Препарат нового покоління Елюміс теж не справляється з амброзією полинолистою і нетребою звичайною – біологічна ефективність препарату була на рівні 73–80 %, збільшуючись до 85–89 % у разі внесення по ґрунтовому гербіциду Примекстра TZ Голд. Молочай-сонцегляд цей препарат також контролює не досить – біологічна ефективність становить 86 %. Як і інші страхові гербіциди, практично стовідсотково контролюються Елюмісом найбільш поширені на дослідах щириця звичайна, плоскуха звичайна та мишій сизий, особливо у разі внесення по ґрунтовому гербіциду.

Біологічна ефективність суміші гербіцидів Десперадо та Таскон на основних бур'янах була аналогічною до дії гербіцидів Лаудіс та Елюміс і кращою за МайсТер® Пауер. Проте на молочай-сонцегляд та амброзію полинолисту ця суміш діяла менш ефективно порівняно з препаратами Елюміс та Лаудіс, наближаючись по дії у разі внесення по ґрунтовому гербіциду до таких же величин.

Отже, за біологічною ефективністю на ярі пізні бур'яни загалом усі страхові гербіциди мають подібну дію, контролюючи на 92–96 % найбільш поширені щирицю звичайну, мишій сизий і плоскуху звичайну. Ефективність дії препаратів підсилюється у разі внесення по ґрунтовому гербіциду Примекстра TZ Голд до стовідсоткового рівня контролю цих бур'янів.

Кореневищні бур'яни, хоча й менше поширені кількісно, шкодочинність мають значно вищу. Тому контролювати їхню чисельність загалом важче. Ґрунтовий гербіцид практично не впливає на них, оскільки швидкий ріст багаторічних рослин і використання поживних речовин та вологи з нижніх шарів ґрунту зменшує поглинання препаратів.

Так, у наших дослідженнях біологічна ефективність препарату Примекстра TZ Голд стосовно багаторічних бур'янів становила лише 18–45 %. Найбільший вплив препарат мав на пирій повзучий внаслідок того, що він один з перших проростає на полі, коли ще дія препарату вища. Найнижча ефективність ґрунтового гербіциду спостерігалась щодо полину звичайного, хвоща польового та осоту рожевого (табл. 3).

Страховий гербіцид МайсТер® Пауер ефективно знищував щавель кінський, мав високу дію на пирій повзучий, осот рожевий і берізку польову. Проте він слабо контролював хвощ польовий і полин звичайний – не вище 64 і 73 % відповідно. Внесення цього препарату по ґрунтовому гербіциду підвищувало ефективність на 11–14 %.

Препарат Лаудіс має вищу дію на бур'яни всіх груп порівняно з МайсТер® Пауер. Так, осот рожевий він контролював на 96 %, а пирій повзучий, берізку польову та стрижнекореневі бур'яни контролював на 85–87 %, підвищуючи дію по ґрунтовому гербіциду на 4–10 % (до 90–100 %). Проте гербіцид Лаудіс має низьку ефективність у боротьбі з хвощем польовим – 72 % у разі внесення лише цього препарату і 82 % у разі внесення по ґрунтовому гербіциду.

Страховий гербіцид Елюміс добре контролює коренепаросткові та стрижнекореневі бур'яни (біологічна ефективність на рівні 87–89 % з підвищенням до 90–96 % у разі внесення його по ґрунтовому гербіциду). Проте він менш ефективний від гербіциду Лаудіс на кореневищних бур'янах (знищення 84 % пирію повзучого та лише 69 % хвоща польового). При цьому також виявлено, що у разі внесення його по ґрунтовому гербіциду Примекстра TZ Голд ефективність практично не змінилась – лише на 4 %.

Поєднання гербіцидів Десперадо і Таскон, у яких діючі речовини практично такі ж, як у гербіциду Елюміс, також ефективніше проявлялось на коренепаросткових і стрижнекореневих бур'янах, знищуючи їх на 86 % (полин звичайний) та 90–92 % (осот рожевий, берізка польова і щавель кінський). На кореневищних бур'янах ефективність цих препаратів досягала 86–87 %, що краще ніж інші страхові гербіциди. При цьому ефективність у поєднанні з ґрунтовим гербіцидом збільшувалась на 9 %.

Таблиця 3. Вплив досліджуваних гербіцидів на багаторічні бур'яни, % знищених (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіанти досліду	Кореневищні		Коренепаросткові		Стрижнекореневі	
	пирій повзучий	хвощ польовий	осот рожевий	берізка польова	полин звичайний	щавель кінський
Примекстра TZ Голд	45	22	24	40	18	36
МайсТер® Пауер	85	64	86	88	73	90
Примекстра TZ Голд + МайсТер® Пауер	90	78	92	90	84	93
Лаудіс	87	72	96	87	85	85
Примекстра TZ Голд + Лаудіс	96	82	100	93	90	90
Елюміс	84	69	87	89	87	88
Примекстра TZ Голд + Елюміс	88	73	94	96	90	95
Десперадо + Таскон + прилипач Oil AD	87	86	92	90	86	90
Примекстра TZ Голд + Десперадо + Таскон + прилипач Oil AD	96	95	98	97	95	98

Отже, досліджувані препарати мають неоднакову дію на багаторічні бур'яни – ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд слабо контролює пирій повзучий і берізку польову і практично не контролює інші бур'яни. Стійкішим до гербіцидів страхової групи виявився хвощ польовий, контрольований на 86 % лише поєднанням Десперадо і Таскона, а іншими – на 64–72 %. Полин звичайний також виявився стійким до МайсТер® Пауер (ефективність препарату становила 73 %). Страхові гербіциди добре контролюють осот рожевий, берізку польову і щавель кінський – на рівні 86–90 %. Виявлено частково ґрунтову дію суміші препаратів Десперадо і Таскон, які більшою мірою підвищували біологічну ефективність під час внесення їх по ґрунтовому гербіциду Примекстра TZ Голд.

Регулювання сегетальної рослинності в агрофітоценозах кукурудзи впливає на конкурентну здатність рослин, сприяє збереженню елементів живлення, вологи, кращому освітленню культурних рослин, що позитивно впливає на фотосинтез та накопичення органічної речовини, і, як наслідок, сприяє підвищенню урожайності культури. Загалом, у зв'язку з погодними умовами урожайність кукурудзи в 2024 році була нижчою порівняно з 2023 роком. На рис. 1 відображено урожайність кукурудзи в роки досліджень у разі застосування різних схем гербіцидного захисту посівів. Контрольним варіантом було внесення ґрунтового гербіциду Примекстра TZ Голд.

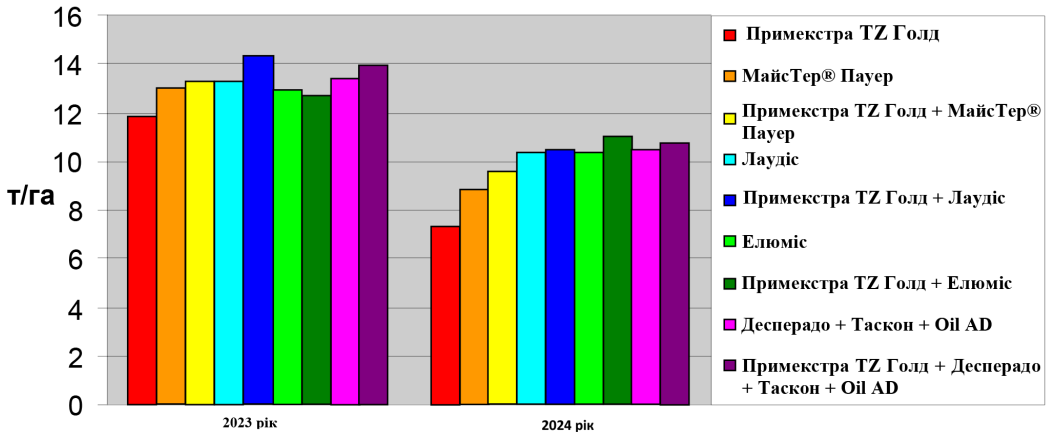


Рис. 1. Урожайність кукурудзи залежно від застосування гербіцидів (2023 та 2024 роки)

У результаті досліджень виявлено, що страхові гербіциди забезпечують вищу урожайність, ніж ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд. При цьому ефективність їх у поєднанні з ґрунтовим гербіцидом значно підвищується, що забезпечило підвищення урожайності на 0,26–0,97 т/ га у 2023 році та на 0,07–0,77 т/га у 2024 році. Кращим варіантом у 2023 році виявилося поєднання ґрунтового гербіциду Примекстра TZ Голд зі страховим Лаудіс, що дало можливість отримати урожайність на рівні 14,29 т/га. У 2024 році найвища урожайність кукурудзи була під час застосування ґрунтового гербіциду Примекстра TZ Голд у поєднанні зі страховим Елюміс – 11,0 т/га. Це свідчить про загалом подібний вплив цих страхових гербіцидів.

Гербіцид Лаудіс призначений для боротьби з однорічними злаковими та дводольними бур'янами у посівах кукурудзи та має високу біологічну ефективність. Він діє на бур'яни уже через 2–3 дні, але максимальний ефект (повна загибель бур'янів) досягається через 2 тижні за сонячної погоди і дещо триваліший період у разі похмурої погоди. Гербіцид Елюміс теж призначений для контролю однорічних злакових та дводольних бур'янів, має широке вікно застосування – 2–8 (10) листків культури, але ще й відзначається частковою ґрунтовою дію, що попереджує появу нових хвиль бур'янів.

Також слід відзначити нетрадиційне використання суміші гербіцидів Десперадо і Таскон, які в поєднанні з ґрунтовим гербіцидом Примекстра TZ Голд забезпечили близьку до максимальної урожайність кукурудзи:

в 2023 році – 13,94 т/га, в 2024 році – 10,75 т/га. Важливими перевагами гербіциду Десперадо є контроль широкого спектра бур'янів, проблемних для гербіцидів інших хімічних груп, пролонгована дія, що має вплив на другу хвилю бур'янів та широке вікно застосування. Важливою є можливість поєднання його в бакових сумішах. Тому використання Десперадо з гербіцидом Таскон, який теж контролює широкий спектр бур'янів, у тому числі знищує їх кореневища, має м'яку дію на кукурудзу і не має післядії, дозволяє розширити можливості суміші гербіцидів.

Висновки. З огляду на результати досліджень найбільш ефективного контролю сегетальної рослинності агрофітоценозу кукурудзи було досягнуто під час застосування страхових гербіцидів Лаудіс та Елюміс у поєднанні з ґрунтовим гербіцидом Примекстра TZ Голд, що забезпечувало контроль ярих ранніх бур'янів на 94–100 %, ярих пізніх – на 85–100 %, багаторічних бур'янів – на 82–100 % та максимальну урожайність на рівні 11,0–14,29 т/га. Також дуже ефективно проявила себе суміш гербіцидів Десперадо і Таскон у поєднанні з ґрунтовим гербіцидом Примекстра TZ Голд, що забезпечило урожайність на рівні 10,75–13,94 т/га. Таким чином, перспектива подальшого дослідження полягає у вивченні впливу різних комбінацій ґрунтових та страхових гербіцидів на забур'яненість агрофітоценозу кукурудзи з огляду на видовий склад та стійкість бур'янів, фітотоксичність гербіцидів та рентабельність їх застосування.

Список використаних джерел

1. Лозенко С. Конкуренція на полі. *Агрономія сьогодні. Кукурудза*, 2019. № 13. С. 53–59.

2. Макух Я. П., Козаченко Д. М. Вплив сегетальної рослинності на формування продуктивності кукурудзи та її структурних елементів. *Новітні агротехнології*, 2025. Т. 13, № 3. https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.344969. ISSN 2410-1303.

3. Мовчан І. Б. Підвищення ефективності хімічних методів боротьби з бур'янами на кукурудзі на зерно в умовах правобережного Лісостепу України. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 2014. 2 (10(68), 45–49. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23529

4. Окрушко С. Є. Регулювання чисельності бур'янів у посівах кукурудзи. *Молодий вчений: сільськогосподарські науки*, 2019. № 2 (66). С. 319–322. https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-2-66-69

5. Петриченко В., Борона В., Задорожний В. Проблема стійкості та ефективного контролю бур'янів кукурудзи. *J Herbologia*, 2005. № 6. С. 35–40.

6. Сторчоус І. Без тиску на кукурудзу. *Агробізнес Сьогодні*, 2019. № 5 (396), березень. С. 78–79.

7. Сторчоус І. М. Вибір стратегії контролю бур'янів у посівах кукурудзи. *Агроном*, 25.03.2021. URL: https://www.agronom.com.ua/vybir-strategiyi-kontrolyu-bur-yaniv-u-posivah-kukurudzy/

8. Ткаліч Ю. І., Бокун О. І. Хімічне та механічне контролювання бур'янів в агрофітоценозах кукурудзи. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*, 2012. № 3. С. 41–44. URL: https://journal-grain-crops.com/uk/arhiv/view/5b276b0dd6ed4.pdf

9. Циков В. С., Матюха Л. П., Ткаліч Ю. І. Покращити захист посівів кукурудзи від бур'янів – першочергове завдання. *Агроном*, 2007. № 2. С. 36–39.

10. Циков В. С., Матюха Л. П. Бур'яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ : ТОВ Енем, 2006. 86 с.

11. Шевченко М. С., Шевченко О. М. Технологічні засоби підвищення продуктивності сільськогосподарських культур на основі регулювання забур'яненості. *Бюлетень Інституту зернового господарства*, 2008. № 35. С. 63–69.

12. Шкатула Ю. М., Остапчук Р. В. Ефективність гербіцидів в агроценозах кукурудзи. *Наукові доповіді НУБіП України*, 2023. № 5/105. https://doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.009. ISSN 2223-1609.

Koberniuk O. T.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *elenakobernuk03@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-1380-7976*

Tarasiuk V. A.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *valeratarasuk003@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-4207-1013*

Rovinska O. O.
4th-year Bachelor's student,
Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *rovinskaoleksandra2005@gmail.com*
ORCID: *0009-0009-1074-0495*

THE EFFECT OF HERBICIDES ON SEGETAL VEGETATION IN THE CORN AGROPHYTOCENOSIS

Abstract

An important agrotechnical measure in corn cultivation is the effective protection of crops from weeds. Field studies on the weed infestation of the corn agrophytocenosis were carried out in 2023–2024 at the Podillia Research Center of Podillia State University. In crops of the DUBLICKS corn hybrid, 14 species of annual weeds and 8 species of perennial weeds were identified. The structure of annual weeds was dominated by late spring species, accounting for 45 % (Amaranthus retroflexus L., Xanthium strumarium L., Ambrosia artemisiifolia L., Setaria glauca L., Euphorbia helioscopia L., Echinochloa crus-galli (L.) Roem.), and early spring species, accounting for 32 % (Polygonum persicaria L., Chenopodium album L., Sinapis arvensis L., etc.). Among perennial weeds, the most common were root-sprouting species (Convolvulus arvensis L. and Cirsium arvense L.) and rhizomatous species (Elytrigia repens L. and Equisetum arvense L.). A small proportion of the weed species composition was represented by perennial taproot weeds (Artemisia vulgaris L. and Rumex confertus Willd.). Taking into account different types of weed infestation in crops, combinations of soil-applied and post-emergence (insurance) herbicides were studied. The results showed that post-emergence herbicides provided higher yields compared to the soil-applied herbicide Primextra TZ Gold 500 SC. At the same time, their effectiveness significantly increased when combined with the soil herbicide, ensuring a yield increase of 0.26–0.97 t/ha in 2023 and 0.07–0.77 t/ha in 2024. The most effective control of segetal vegetation in the corn agrophytocenosis was achieved using the post-emergence herbicides Laudis and Elumis in combination with the soil-applied herbicide Primextra TZ Gold 500 SC, which ensured control of early spring weeds at 94–100 %, late spring weeds at 85–100 %, and perennial weeds at 82–100 %, as well as a maximum yield of 11.0–14.29 t/ha.

Key words: *herbicides, active ingredients, weeds, biological effectiveness of herbicides, corn, agrophytocenosis, segetal vegetation.*

References

1. Lozenko, S. (2019). Konkurentsiya na poli [Competition in the field]. *Agronomy today*, *Corn*, 13, 53–59 [in Ukrainian].

2. Makukh, Ya. P., & Kozachenko, D. M. (2025). Vplyv sehetal'noyi roslynnosti na formuvannya produktyvnosti kukurudzy ta yiyi strukturnykh elementiv [The influence of segetal vegetation on the formation of corn productivity and its structural elements]. *New agricultural technologies*. Vol. 13, 3. https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.344969 [in Ukrainian].

3. Movchan, I. B. (2014). Pidvyshchennya efektyvnosti khimichnykh metodiv borot'by z bur'yanamy na kukurudzi na zerno v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [Increasing the effectiveness of chemical methods of weed control in grain corn in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *East European Journal of Advanced Technologies*, 2 (10(68), 45–49. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23529 [in Ukrainian].

4. Okrushko, S. E. (2019). Rehulyuvannya chysel'nosti bur'yaniv u posivakh kukurudzy [Regulation of the number of weeds in corn crops]. *Young Scientist: Agricultural Sciences*, 2 (66), 319–322. https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-2-66-69 [in Ukrainian].

5. Petrychenko, V., Borona, V., & Zadorozhny, V. (2005). Problema stiykosti ta efektyvnoho kontrolyu bur'yaniv kukurudzy [The problem of resistance and effective control of corn weeds]. *J Herbologia*, 6, 35–40 [in Ukrainian].

6. Storchous, I. (2019). Bez tysku na kukurudzu [No pressure on corn]. *Agribusiness Today*, 5 (396), March, 78–79 [in Ukrainian].

7. Storchous, I. M. (2021). Vybir stratehiyi kontrolyu bur'yaniv u posivakh kukurudzy [Choosing a weed control strategy in corn crops]. *Agronom*, 03/25/2021. Retrieved from: https://www.agronom.com.ua/vybir-strategiyi-kontrolyu-bur-yaniv-u-posivah-kukurudzy/ [in Ukrainian].

8. Tkalich, Yu. I., & Bokun, O. I. (2012). Khimichne ta mekhanichne kontrolyuvannya bur'yaniv v ahrofitotsenozakh kukurudzy [Chemical and mechanical control of weeds in corn agrophytocenoses]. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the NAAS of Ukraine*, 3, 41–44. Retrieved from: https://journal-grain-crops.com/uk/arhiv/view/5b276b0dd6ed4.pdf [in Ukrainian].

9. Tsykov, V. S., Matyukha, L. P., & Tkalich, Yu. I. (2007). Pokrashchyty zakhyst posiviv kukurudzy vid bur'yaniv – pershocherhove zavdannya [Improving the protection of corn crops from weeds is a priority task]. *Agronom*, 2, 36–39 [in Ukrainian].

10. Tsykov, V. S., & Matyukha, L. P. (2006). Bur'yany: shkodochynnist' i systema zakhystu [Weeds: harmfulness and protection system]. Dnipropetrovsk: Enem LLC, 86 p. [in Ukrainian].

11. Shevchenko, M. S., & Shevchenko, O. M. (2008). Tekhnolohichni zasoby pidvyshchennya produktyvnosti sil's'kohospodars'kykh kul'tur na osnovi rehulyuvannya zabur'yanenosti [Technological means of increasing the productivity of agricultural crops based on weed control]. *Bulletin of the Institute of Grain Economy*, 35, 63–69 [in Ukrainian].

12. Shkatula, Yu. M., & Ostapchuk, R. V. (2023). Efektyvnist' herbitsydiv v ahrotsenozakh kukurudzy [The effectiveness of herbicides in corn agrocenoses]. *Scientific reports of the NUBiP of Ukraine*, 5/10. https://doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.009 [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 26.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 636.4.084.12:636.4.083.37
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-14

Коваленко О. А.
здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії,
кафедра прикладної біології, розведення та генетики тварин
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *o.a.kovalenko@nubip.edu.ua*
ORCID: *0009-0002-4182-6696*

Лихач А. В.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *avlykhach@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0472-6162*

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПОРОСЯТ ЗА РАННЬОГО ВІДЛУЧЕННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ РІДКИХ ЗАМІННИКІВ МОЛОКА ТА ПРЕСТАРТЕРІВ

Анотація

Забезпечення продовольчої безпеки зумовлює необхідність підвищення продуктивності свинарства шляхом упровадження інноваційних технологій. Ефективним підходом є скорочення підсисного періоду і раннє відлучення поросят у 21-добовому віці, що підвищує інтенсивність використання свиноматок й оптимізує роботу маточників. Водночас раннє відлучення супроводжується поствідлучним стресом, порушеннями травлення і зниженням резистентності, зумовленими незрілістю ферментативної системи й чутливістю слизової тонкого кишківника до різкої зміни типу годівлі. У статті представлено результати науково-господарського досліду з оптимізації технології вирощування поросят-сисунів генотипу ♀(ВБ × Л) × ♂«PIC 410» за раннього відлучення (21-а доба). Обґрунтовано доцільність впровадження «технологічного містка» у формі рідкої підгодівлі для нівелювання «поствідлучного стресу». Досліджено вплив алгоритму поетапного привчання молодняку до рослинних кормів, що включав ручну випойку замінника молока «Piglait Blue» (3–12-а доба) та рідкого престартера (12–22-а доба). Встановлено, що застосування рідкої фази підгодівлі забезпечило статистично вірогідне ($P < 0,001$) зростання середньодобових приростів на 16,6 % (189,50 г проти 162,50 г у контролі). Найбільш показовим індикатором ефективності став показник живої маси гнізда під час відлучення, який у дослідній групі досяг 66,91 кг, що на 15,2 % перевищує результат контролю. Використання рідкої підгодівлі дозволило підвищити збереженість поросят на 3,19 % і скоротити кількість випадків аліментарної діареї у 3,75 раза (з 30 до 8 випадків) завдяки поступовій адаптації ферментної системи. Етологічний моніторинг підтвердив прискорення адаптації поросят до споживання додаткового корму: перші підходи до годівниці зафіксовано на 2,2 доби раніше ($P < 0,05$), а загальний час споживання корму зріс у 2,5 раза ($P < 0,01$). Доведено, що прецизійна годівля рідкими продуктами є ключовим фактором реалізації генетичного потенціалу сучасних гіперплідних генотипів свиней в умовах промислових комплексів. Перспективи подальших досліджень полягають у моніторингу динаміки росту та конверсії корму піддослідних тварин на етапах дорощування і відгодівлі для визначення пролонгованого впливу рідкого старту.

Ключові слова: *збереженість, замінник молока, кормова поведінка, поросята-сисуни, продуктивність, раннє відлучення (21-а доба), рідкий престартер, свиноматка, технологія.*

Вступ. Сучасний вектор розвитку світового свинарства тісно пов'язаний з інтенсифікацією виробничих процесів, що зумовлено стрімким зростанням населення світу та відповідним збільшенням попиту на продукти тваринного походження, зокрема високоякісну свинину [7; 8; 14].

Забезпечення продовольчої безпеки вимагає від виробників пошуку нових шляхів підвищення продуктивності галузі свинарства, що стає можливим лише за умови впровадження інноваційних технологічних рішень. Одним із найбільш ефективних методів підвищення інтенсивності використання маточного поголів'я є скорочення підсисного періоду та перехід до раннього відлучення поросят (у 21-добовому віці). Це дозволяє суттєво збільшити кількість опоросів на свиноматку за рік та оптимізувати використання приміщень маточника. Однак впровадження раннього відлучення створює низку серйозних технологічних та біологічних викликів. Головною проблемою залишається явище – «стрес після відлучення» і перехід на сухий тип годівлі гранульованими стартерними комбікормами, що характеризується різким гальмуванням темпів росту молодняку, розладами травлення та зниженням резистентності організму до патогенів. На 21-у добу ферментативна система поросят ще перебуває

© Коваленко О. А., Лихач А. В., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

на стадії адаптації, а слизова оболонка тонкого кишківника вкрай чутлива до зміни консистенції та складу корму. Різкий перехід від рідкого материнського молока до сухого рослинного престартера часто призводить до ворсинчастої атрофії кишківника, що критично знижує абсорбційну здатність шлунково-кишкового тракту (ШКТ) [9; 10; 16–18].

Питання підвищення продуктивності свиней за інтенсивних технологій вивчалися багатьма вітчизняними та закордонними вченими [12; 13; 16; 17], якими підкреслюється, що стратегії забезпечення благополуччя тварин через покращення комфорту та гігієни годівлі є ключовими факторами прибутковості галузі. Попри значну кількість досліджень, питання ефективної компенсації дефіциту поживних речовин у гіперплідних гніздах за раннього відлучення залишається відкритим, особливо в аспектах етологічної адаптації поросят до рідкої підгодівлі. Проблема технології вирощування молодняку набуває особливої гостроти у зв'язку з поширенням концепції «гіперплідності». Використання сучасних генотипів дозволяє отримувати гнізда з високою кількістю поросят, що часто перевищує фізіологічні можливості свиноматки, її рівень молочності. За таких умов збереженість поросят та їхня жива маса на момент відлучення безпосередньо залежать від якості додаткової підгодівлі [18; 19].

На сьогодні в умовах багатьох господарств ручне приготування і випойка рідких продуктів залишаються актуальною практикою. Попри високу трудомісткість порівняно з автоматизованими системами, ручна випойка дозволяє технологу здійснювати прецизійний контроль за якістю приготування сумішей, температурою випойки та санітарним станом індивідуальних годівниць. Рідкі замінники молока та престартери за своєю фізичною формою є ближчими до природного корму – молока свиноматки, що мінімізує етологічний дисонанс у поросят під час відлучення [15; 18].

Отже, низкою досліджень [16; 18; 19] встановлено, що рідка форма корму забезпечує: високий рівень гідратації організму, що є критичним для запобігання діареї; легше засвоєння поживних речовин завдяки кращій розчинності компонентів; стимуляцію раннього споживання корму через імітацію акту смоктання. Таким чином, використання рідких продуктів виступає «технологічним містком», який згладжує негативні наслідки раннього відлучення. Це сприяє не лише підвищенню живої маси молодняку, а й покращенню їхнього благополуччя, що є важливим аспектом сучасного свинарства.

Мета роботи – дослідити ефективність застосування рідких замінників молока та престартерів у технології вирощування поросят за раннього відлучення (21-а доба), оцінивши їхній вплив на відтворювальні ознаки свиноматок, інтенсивність росту та етологічні особливості поведінки молодняку в умовах промислового комплексу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Науково-господарський дослід проведено в умовах промислового свинокомплексу ПП «Думітраш» Миколаївської області на свиноматках та поросятах-сисунах генотипу ♀(ВБ × Л) × ♂«*PIC* 410» протягом 2025 р. Для проведення експерименту за методом груп-аналогів було сформовано дві групи свиноматок (по 18 голів у кожній) з підсисними поросятами (табл. 1).

У кожній групі в підсисний період поросята перебували в індивідуальних станках на повністю ґратчастій підлозі розміром 2,4 × 1,8 м з фіксацією свиноматки по центру станка. Як джерело локального обігріву для піддослідних тварин використовували комбінацію джерел локального обігріву – інфрачервону лампу розжарювання, електричний нагрівальний килимок і брудер. Дослід починався з моменту опоросу свиноматок і закінчувався відлученням поросят. Тривалість підсисного періоду становила 21-у добу.

Таблиця 1. Схема проведення науково-господарського досліду

Група	*n* (свиноматок /поросят)	Технологія вирощування поросят-сисунів
I Контрольна	18/244	Традиційна технологія: підсисний період до 21 дня з використанням стандартного гранульованого престартера *ad libitum*» з 5-ї доби життя
II Дослідна	18/240	Експериментальна технологія: використання рідких замінників молока та престартерів згідно з алгоритмом

Під час формування груп враховували вік свиноматок, номер опоросу, кількість поросят у гнізді та їхню живу масу під час народження. В цеху опоросу маткам усіх груп забезпечувалася годівля уволю (за винятком доби опоросу – 1,0 кг/на голову) і використовувався комбікорм «Лактуючі свиноматки» (ОР – основний раціон). Харчова цінність наданого раціону виглядає таким чином: у розрахунку на один кілограм маси продукції міститься 19,5 % сирого протеїну та забезпечується метаболічною енергією у кількості 15,3 МДж. Для підгодівлі поросят контрольної та дослідної груп у цеху опоросу використовувався престартерний комбікорм від ТОВ «Агровет Продакшн» (Україна), у вигляді гранул із самогодівниць, який надавався від 5-ої до 21-ої доби. Харчова цінність цього комбікорму становить 18,7 % сирого протеїну. Основний раціон для підсисних свиноматок у піддослідних групах представляв комбікорм власного виробництва. Склад основного раціону «Лактуючі свиноматки» включав 43,5 % пшениці, 15,71 % ячменю, 16,5 % соєвого шроту, 3 % соняшникового шроту, 15 % гороху, 2,8 % соняшникової олії, 3,49 % білково-мінерально-вітамінного комплексу (за рецептом *Right Frank Limited Ukraine*).

Алгоритм годівлі поросят дослідної групи. *І період (3–12-а доба)*: з метою підвищення збереженості поголів'я та компенсації дефіциту материнського молока з 3-ї доби розпочинали ручну випойку рідкого замінника молока (ЗМ) «*Piglait Blue*» виробництва компанії «*Nukamel*» (Нідерланди). Поживність продукту (%) за інформацією виробника: сирий протеїн – 20,0; сирий жир – 15; сира клітковина до 0,2; зола – 7,8; лактоза – 35,0. Норма

випойки становила 180–200 г готового розчину на голову за добу. Паралельно у годівниці вносили гранульований престартер «Юнік» (ТОВ «Агровет Продакшн») у кількості 50–60 г/гол. для ознайомлення тварин із твердою фракцією корму. *II період (12–17-а доба)*: проводили випойку рідкого престартера (РП) у чистому вигляді. Робочий розчин готували у співвідношенні 160 г сухого концентрату на 1 л води за температури 40 °С. *III період (18–22-а доба)*: для підготовки травного тракту до споживання виключно сухого корму застосовували методику плавного заміщення: 18–19-а доба: суміш 75 % рідкого престартера та 25 % гранул; 20–21-а доба: суміш у співвідношенні 50 % на 50 %; 22-а доба: суміш 25 % рідкого престартера та 75 % гранул. *IV період (з 23-ї доби)*: повний перехід на згодовування гранульованого престартера «Юнік». Така методика спрямована на поступове «тренування» ферментної системи поросят (рис. 1). Плавний перехід від замінника молока через рідку фазу престартера до сухої гранули дозволяє підготувати підшлункову залозу та кишківник до розщеплення складних рослинних білків без ризику виникнення аліментарних діарей, що часто супроводжують раннє відлучення.

Продуктивні ознаки поросят-сисунів указаних груп (див. табл. 1) вивчали за ознаками: кількість поросят під час народження (гол.), жива маса кожного поросяти під час народження і відлучення (21-а доба) (кг), кількість поросят у гнізді під час відлучення (гол.), середньодобовий приріст поросят-сисунів (г), збереженість (%) [3; 4].

Протягом періоду досліджень проводилося спостереження за поведінкою поросят-сисунів зі встановленням часу, витраченого на відпочинок, рух, прийом корму та ін., за загальноприйнятими методиками у свинарстві [3; 7].



Рис. 1. Технологічні умови згодовування престартеру та випоювання замінника молока (фото авторів)

Умови годівлі та утримання тварин відповідали вимогам ВНТП-АПК 02.05 «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)» [2], а також рекомендаціям генетичних компаній. Усі заходи з годівлі, напування, утримання, догляду та ветеринарно-профілактичного забезпечення здійснювали відповідно до чинного законодавства України, зокрема вимог щодо благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання (Закон України «Про ветеринарну медицину», 2021) [5; 6; 11].

Результати досліджень опрацьовано з використанням статистичних методів із залученням комп'ютерної техніки та пакетів прикладного програмного забезпечення *STATISTICA v.* 7.0 (*StatSoft Inc*., США) відповідно до загальноприйнятих методик [1].

Проведений аналіз відтворювальних ознак свиноматок та показників росту поросят-сисунів за використання рідкої фази підгодівлі в підсисний період дозволив встановити низку закономірностей, що мають досить високий рівень статистичної вірогідності (табл. 2).

Формування контрольної та дослідної груп за методом аналогів дозволило досягти високого ступеня вирівняності піддослідних тварин. Багатоплідність свиноматок обох груп перебувала на рівні 13,26–13,33 гол., що є досить оптимальним показником для сучасних генотипів. Варто зауважити, що в дослідній групі середня маса одного поросяти під час народження була дещо нижчою (1,47 кг проти 1,50 кг у контролі), що ставило перед обраною технологією певний виклик щодо компенсації цього відставання в процесі вирощування.

Застосування запропонованого алгоритму рідкої підгодівлі продемонструвало виняткову ефективність. Середньодобовий приріст у дослідній групі становив 189,50 г, що на 16,6 % вище за контроль ($P < 0,001$). Це забезпечило отримання поросят під час відлучення у 21-добовому віці масою 5,26 кг, що на 0,51 кг більше порівняно

Таблиця 2. Продуктивність та збереженість поросят-сисунів, $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Ознака	Група		+/– II до I
	I контрольна	II дослідна	
Кількість гнізд свиноматок, гол.	18	18	–
Кількість поросят під час народження:			
всього, гол.	244	240	–4
на одну свиноматку за опорос, гол.	13,26 ± 0,482	13,33 ± 0,394	0,07
Маса гнізда поросят під час народження, кг	19,89 ± 0,354	19,60 ± 0,430	–0,29
Маса поросяти під час народження, кг	1,50 ± 0,011	1,47 ± 0,008	-0,03
Кількість поросят під час відлучення у віці 21-єї доби, гол.	12,23 ± 0,228	12,72 ± 0,382	0,49
Середня жива маса одного поросяти під час відлучення, кг	4,75 ± 0,232	5,26 ± 0,330	0,51
Жива маса гнізда поросят під час відлучення, кг	58,09 ± 0,362	66,91 ± 0,680	8,82***
Середньодобовий приріст поросят у підсисний період, г	162,50 ± 1,932	189,50 ± 2,230	27,0***
Збереженість поросят, %	92,23 ± 1,344	95,42 ± 1,632	3,19

Примітка: *** – $P < 0{,}001$ (порівняно з тваринами контрольної групи – I група).

з традиційною сухою підгодівлею. У контексті інтенсивних технологій такий результат є критично важливим для мінімізації «відлучного стресу».

Зазначаємо, що найбільш показовим індикатором ефективності став показник живої маси гнізда під час відлучення, який у дослідній групі досяг 66,91 кг. Статистично вірогідне зростання цього показника на 8,82 кг (15,2 %) у разі рівня значущості $P < 0{,}001$ свідчить про системний характер впливу рідкої фази корму на реалізацію генетичного потенціалу молодняку.

Використання рідкої підгодівлі позитивно вплинуло на життєздатність поросят. Показник збереженості в дослідній групі був вищим на 3,19 % (95,42 % проти 92,23 % у контролі). Це дозволило отримати у середньому на 0,49 поросяти більше з кожного гнізда. Такий ефект безпосередньо корелює з аспектом благополуччя тварин, оскільки стабільний доступ до поживних речовин зменшує конкуренцію біля вимені свиноматки та запобігає аліментарному дефіциту.

Отже, прецизійність годівлі рідкими продуктами є ключовим фактором підвищення продуктивності в промисловому свинарстві. Оптимізація годівлі в ранньому віці дозволяє не лише нівелювати відставання у масі під час народження, а і суттєво перевершити традиційні технологічні схеми за основними зоотехнічними показниками.

На рис. 2. представлено порівняльний аналіз вибуття поросят та випадків захворюваності на діарею, де чітко простежується позитивний вплив експериментальної технології на життєздатність молодняку. У контрольній групі кількість вибулих поросят за підсисний період становила 24 голови, тоді як у дослідній групі цей показник вдалося знизити до 11 голів. Таким чином, запровадження схеми рідкої підгодівлі дозволило зменшити падіж поросят більш ніж у 2,1 раза. Це більшою мірою досягнуто завдяки компенсації дефіциту енергії в перші 12 діб життя, що особливо важливо для багатоплідних гнізд, де материнського молока фізіологічно не досить для всіх поросят.

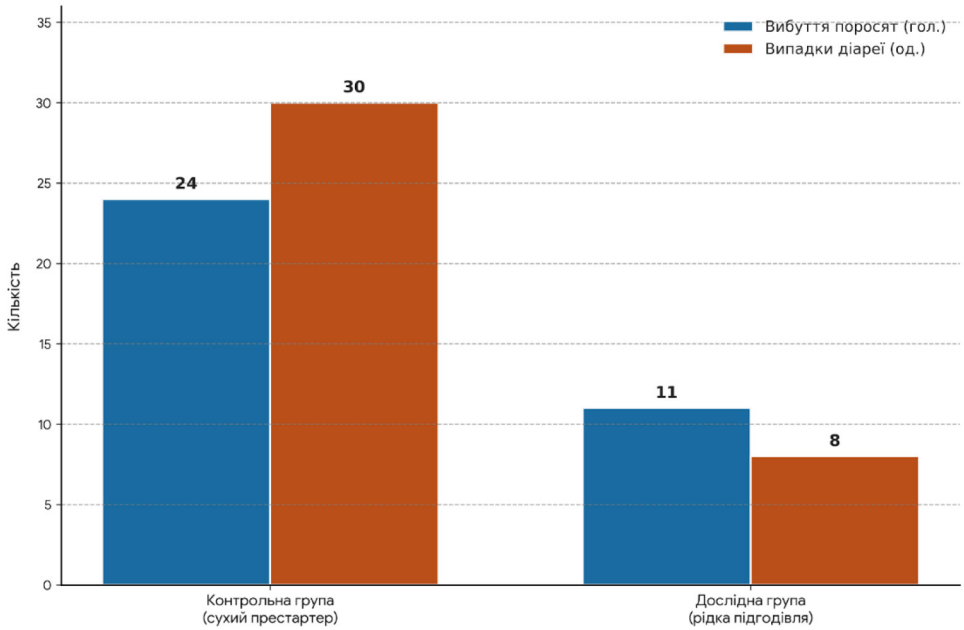


Рис. 2. Вплив технології годівлі на збереженість та здоров'я поросят-сисунів

Встановлено, що у контрольній групі, де використовувався виключно сухий престартер, зафіксовано 30 випадків розладів травлення. У дослідній групі, завдяки «м'якому» тренуванню ферментної системи через рідку фазу, кількість таких випадків скоротилася до 8. Можна зазначити, що різкий перехід на суху гранулу в контролі провокував подразнення слизової оболонки кишківника та порушення мікробіоценозу. Натомість плавність запропонованої схеми дозволила підшлунковій залозі адаптувати секрецію ферментів без патологічних збоїв.

Аналіз етологічних показників дозволив встановити суттєві відмінності у формуванні кормової поведінки поросят-сисунів залежно від фізичної форми запропонованого корму (сухий – традиційний, рідкий – запропонований). Встановлено, що поросята дослідної групи, які отримували рідкий замінник молока та рідкий престартер, швидше адаптувалися до споживання додаткових поживних речовин порівняно з контрольною групою, де використовувався стандартний гранульований престартер (рис. 3).



Рис. 3. Етологічний профіль кормової поведінки поросят (% до контролю)

Аналіз даних свідчить, що у разі використання рідкої форми підгодівлі поросята починали цікавитися вмістом годівниці на 2,2 доби раніше ($P < 0,05$), ніж під час згодовування гранул. Це можна пояснити тим, що рідкий замінник молока у дослідній групі за своїми органолептичними властивостями та консистенцією є ідентичним до секрету свиноматки, що полегшує ідентифікацію продукту як їжі.

Кількість підходів поросят до годівниці у дослідній групі була на 53,9 % вищою порівняно з контролем. Характерно, що у поросят I групи підходи до годівниці часто мали характер «вивчення» або гри з гранулами, тоді як у II групі спостерігалося активне споживання рідкого продукту.

Загальний час, витрачений на споживання корму, у дослідній групі зріс у 2,5 раза ($P < 0,01$), що свідчить про вищу привабливість рідкої фази підгодівлі для молодняку раннього віку. Особливо помітною різниця в етологічних реакціях стала у період з 14-ої по 21-у добу, коли потреба у поживних речовинах через інтенсивний ріст значно зросла. Поросята, що отримували рідкий престартер ручної випойки, демонстрували спокійнішу поведінку та меншу кількість агресивних контактів біля вимені свиноматки, що опосередковано підтверджує кращий стан їх вгодованості та благополуччя.

Висновки. 1. Встановлено, що застосування рідких замінників молока та престартерів у підсисний період дозволяє ефективно компенсувати дефіцит енергії у багатоплідних гніздах, забезпечуючи зростання середньодобових приростів молодняку на 16,6 % порівняно з традиційною сухою підгодівлею.

2. Встановлено, що поетапний алгоритм випойки виступає дієвим механізмом «тренування» ферментної системи, що підтверджується зростанням живої маси гнізда під час відлучення на 15,2 % та маси одного поросяти на 0,51 кг.

3. Доведено високу превентивну ефективність рідкої фази корму щодо розладів травлення: кількість випадків аліментарної діареї скоротилася на 73,3 %, а падіж поросят зменшився у 2,1 раза, що зумовлено відсутністю подразнення слизової оболонки кишківника сухими гранулами.

4. Виявлено етологічні переваги запропонованої технології, що полягають у прискоренні адаптації поросят до годівниці на 2,2 доби та підвищенні харчової мотивації, що відображається у збільшенні кількості підходів до корму на 53,9 %.

5. Відзначаємо, що ручне приготування та випойка рідких продуктів, попри трудомісткість, забезпечує високу технологічну збереженість поросят-сисунів (95,42 %) та дозволяє отримати додатково 0,49 поросяти на кожне гніздо під час відлучення. Отже, оптимізація технології через рідку підгодівлю є стратегічним інструментом забезпечення благополуччя тварин та підвищення рентабельності свинарства за умов раннього відлучення.

Подальші наукові пошуки будуть спрямовані на вивчення пролонгованого впливу рідкої фази підгодівлі на інтенсивність росту, конверсію корму та забійні показники свиней на етапах дорощування та відгодівлі. Особливу увагу планується приділити дослідженню мікробіоценозу кишківника та імунологічного статусу молодняку для глибшого розуміння механізмів фізіологічної адаптації до раннього відлучення.

Список використаних джерел

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.

2. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. Київ : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf

3. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.

4. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І. І. Ібатуліна, О. М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.

5. Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України № 224 від 08.02.2021 «Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання». Зареєстр. від 18.02.2021 Міністерством юстиції України, № 206/35828.

6. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г. В. Проваторов, В. І. Ладика, Л. В. Бондарчук та ін. Суми : ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.

7. Підвищення ефективності промислового виробництва свинини на основі використання етологічних факторів : монографія / А. В. Лихач, В. Я. Лихач. Миколаїв : Іліон, 2023. 422 с., 92 табл., 84 рис.

8. Царенко О. М., Крятов О. В., Бондарчук Л. В. Ресурсозберігаючі технології виробництва свинини: теорія і практика : навчальний посібник. Суми : Універсальна книга, 2004. 269 с.

9. Baxter E. M., Schmitt O., Pedersen L. J. Managing the litter from hyperprolific sows. *In The suckling and weaned piglet*. Wageningen : Wageningen Academic Publishers. 2020. P. 71–106. doi: https://doi.org/10.3920/978-90-8686-894-0

10. Blavi L., Solà-Oriol D., Llonch P., López-Vergé S., Martín-Orúe S. M., Pérez J. F. Management and feeding strategies in early life to increase piglet performance and welfare around weaning : A review. *Animals*. 2021. Vol. 11(2). P. 302. doi: https://doi.org/10.3390/ani11020302

11. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL (дата звернення: 11.01.2026).

12. Farmer C., Martineau J.P., Méthot S., Bussières D. Comparative study on the relations between backfat thickness in late-pregnant gilts, mammary development and piglet growth. *Translational Animal Science*. 2017. Vol. 1(2). P. 154–159. doi: https://doi.org/10.2527/tas2017.0018

13. Kobek-Kjeldager C., Moustsen V. A., Pedersen L. J., Theil P. K. Impact of litter size, supplementary milk replacer and housing on the body composition of piglets from hyper-prolific sows at weaning. *Animal*. 2021. Vol. 15(1). P. 100007. doi: https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100007

14. Lykhach V., Lykhach A., Lenkov L., Chepil L., Ohiienko M., Pokusa F., Palimaka D., Faustov R., Reznichenko V. Increasing the efficiency of agribusiness: Strategic gene pool management and technological innovations : monograph. Opole–Kyiv : Polska, 2025. 260 p.

15. Maas P. J. Feeding piglets with whole milk replacer. 2016. URL: https://pigua.info/uk/post/pidgodivla-porosat-zaminnikom-cilnogo-moloka-uk

16. Moisei I., Povod M., Gutyj B., Kovalenko O., Lenkov L., Vydryk A., Faustov R., Lunyk Yu., Petrenko R., Vasylenko A. Effectiveness of early feeding of suckling piglets under different feeding systems for prestarters. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. *Series: Agricultural sciences*. 2025. Vol. 27(103). P. 10–23. DOI: https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10302

17. Povod M., Mykhalko O., Verbelchuk T., Gutyj B., Borshchenko V., Koberniuk V. Productivity of sows, growth of piglets and fattening qualities of pigs at different durations of the suckling period. *Scientific Papers Series Management, Economic*

Engineering in Agriculture and Rural Development. 2023. Vol. 23(1). P. 649–459. URL: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23_1/volume_23_1_2023.pdf

18. Reznichenko V., Lykhach V. Sow and piglet productivity improvement in the farrowing department using milk substitutes. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14(4). P. 74–86. DOI: https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.74

19. Tishchenko O. S., Mykhalko O. G., Myronenko O. I., Kuzmenko L. M., Panasova T. G., Zhelizniak I. M., Plechko O. S. Growth, preservation and efficiency of pig fattening under constant and variable in the post-weaning period on rearing and fattening feeding systems. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. *The Series: Livestock*. 2024. Vol. 1. P. 111–121. DOI: https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2024.1.14

Kovalenko O. A.
Postgraduate Student at the Department of Applied Biology, Animal Breeding and Genetics,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *o.a.kovalenko@nubip.edu.ua*
ORCID: *0009-0002-4182-6696*

Lykhach A. V.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at the Department of Applied Biology, Animal Breeding and Genetics,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *avlykhach@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0472-6162*

OPTIMIZATION OF PIGLET REARING TECHNOLOGY FOR EARLY WEANING THROUGH THE APPLICATION OF LIQUID MILK REPLACERS AND PRE-STARTERS

Abstract

Ensuring food security necessitates increasing pig farming productivity through the introduction of innovative technologies. An effective approach is to reduce the suckling period and wean piglets early at 21 days of age, which increases the intensity of sow utilization and optimizes the work of breeding sows. At the same time, early weaning is accompanied by post-weaning stress, digestive disorders, and reduced resistance caused by the immaturity of the enzyme system and the sensitivity of the small intestine mucosa to sudden changes in the type of feeding. The article presents the results of a scientific and economic experiment on optimizing the technology of rearing suckling piglets of the genotype ♀(LW × L) × ♂"PIC 410" during early weaning (21 days). The feasibility of introducing a "echnological bridge" in the form of liquid feeding to level out "weaning stress" is substantiated. The influence of the algorithm for the gradual accustoming of young animals to plant feed, which included manual feeding of the milk substitute "Piglait Blue" (3–12 days) and liquid prestarter (12–22 days), was studied. It was found that the use of liquid feed resulted in a statistically significant ($P < 0.001$) increase in average daily weight gain by 16.6 % (189.50 g vs. 162.50 g in the control group). The most indicative indicator of effectiveness was the live weight of the litter at weaning, which reached 66.91 kg in the experimental group, which is 15.2 % higher than the control result. The use of liquid feed allowed for a 3.19 % increase in piglet survival and a 3.75-fold reduction in the number of cases of alimentary diarrhea (from 30 to 8 cases) due to the gradual adaptation of the enzyme system. Ethological monitoring using the methodology confirmed the acceleration of piglets' adaptation to the consumption of additional feed: the first approaches to the feeder were recorded 2.2 days earlier ($P < 0.05$), and the total feed consumption time increased by 2.5 times ($P < 0.01$). It has been proven that precision feeding with liquid products is a key factor in realizing the genetic potential of modern hyperprolific pig genotypes in industrial complexes. Prospects for further research lie in monitoring the growth dynamics and feed conversion of experimental animals at the rearing and fattening stages to determine the prolonged effect of liquid start.

Key words: *survival rate, milk replacer, feeding behavior, suckling piglets, performance, early weaning (21 days), liquid pre-starter, sow, technology.*

References

1. Kramarenko, S. S., Lugovoy, S. I., Lykhach, A. V. & Kramarenko, O. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn [Analysis of biometric data in animal breeding and selection]*. Mykolayiv : MNAU, 211 [in Ukrainian].

2. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svynarski pidpryiemstva (kompleksy, fermy, mali fermy), VNTP-APK – 02.05 [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK – 02.05].* Kyiv : Minahropolityky Ukrainy, (2005). 98. Retrieved from: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].

3. Ladyka, V. I., Khmelnychiy, L. M. & Povod, M. G. (2023). *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]*. Odesa : Oldi+, 244 [in Ukrainian].

4. Ibatulin, I. I. & Zhukorskyi, O. M. (2017). *Methodology and organization of scientific research in animal husbandry*. Kyiv, 328 [in Ukrainian].

5. Nakaz Ministerstva rozvytku ekonomiky, torhivli ta silskoho hospodarstva Ukrainy № 224 vid 08.02.2021 r. "Pro zatverdzhennia vymoh do blahopoluchchia silskohospodarskykh tvaryn pid chas yikh utrymannia" [On approval of requirements for the welfare of farm animals during their keeping]. Zareiestr. vid 18.02.2021 Ministerstvom yustytsii Ukrainy № 206/35828 [in Ukrainian].

6. Provatorov, H. V., Ladyka, V. I., Bondarchuk, L. V., Provatorova, V. O. & Opara V. O. (2007). *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn [Feeding rates, rations and feed nutrition for different types of farm animals].* Sumy : TOV VDT "Universytetska knyha", 488 [in Ukrainian].

7. Lykhach, V. Ya. & Lykhach, A. V. (2022). *Pidvyshchennia efektyvnosti promyslovoho vyrobnytstva svynyny na osnovi vykorystannia etolohichnykh faktoriv [Improving the efficiency of industrial pork production based on the use of ethological factors: monograph]*. Mykolaiv : Ilion, 422 [in Ukrainian].

8. Tsarenko, O. M., Kriatov, O. V. & Bondarchuk, L. V. (2004). *Resursozberihaiuchi tekhnolohii vyrobnytstva svynyny: teoriia i praktyka [Resource-saving technologies of pork production: theory and practice: a textbook]*. Sumy : Universalna knyha, 269 [in Ukrainian].

9. Baxter, E. M., Schmitt, O., & Pedersen, L. J. (2020). Managing the litter from hyperprolific sows. *In The suckling and weaned piglet*, pp. 71–106. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-894-0

10. Blavi, L., Solà-Oriol, D., Llonch, P., López-Vergé, S., Martín-Orúe, S. M., & Pérez, J.F. (2021). Management and feeding strategies in early life to increase piglet performance and welfare around weaning: A review. *Animals*, 11(2), 302. https://doi.org/10.3390/ani11020302

11. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). Retrieved from: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL

12. Farmer, C., Martineau, J. P., Méthot, S., & Bussières, D. (2017). Comparative study on the relations between backfat thickness in late-pregnant gilts, mammary development and piglet growth. *Translational Animal Science*, 1(2), 154–159. doi: 10.2527/tas2017.0018

13. Kobek-Kjeldager, C., Moustsen V. A., Pedersen, L. J., & Theil, P. K. (2021). Impact of litter size, supplementary milk replacer and housing on the body composition of piglets from hyper-prolific sows at weaning. *Animal*, 15(1), article number 100007. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100007

14. Lykhach, V., Lykhach, A., Lenkov, L., Chepil, L., Ohiienko, M., Pokusa, F., Palimaka, D., Faustov, R., & Reznichenko, V. (2025). Increasing the efficiency of agribusiness: Strategic gene pool management and technological innovations: Monograph, 260 p. Opole-Kyiv: Polska.

15. Maas, P. J. (2016). *Feeding piglets with whole milk replacer*. Retrieved from: https://pigua.info/uk/post/pidgodivla-porosat-zaminnikom-cilnogo-moloka-uk

16. Moisei, I., Povod, M., Gutyj, B., Kovalenko, O., Lenkov, L., Vydryk, A., Faustov, R., Lunyk, Yu., Petrenko, R., & Vasylenko, A. (2025). Effectiveness of early feeding of suckling piglets under different feeding systems for prestarters. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. *Series: Agricultural sciences*, 27(103), 10–23. https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10302

17. Povod, M., Mykhalko, O., Verbelchuk, T., Gutyj, B., Borshchenko, V., Koberniuk, V. (2023). Productivity of sows, growth of piglets and fattening qualities of pigs at different durations of the suckling period. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 23(1), 649–459. Retrieved from: https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.23_1/volume_23_1_2023.pdf

18. Reznichenko, V., & Lykhach, V. (2023). Sow and piglet productivity improvement in the farrowing department using milk substitutes. *Animal Science and Food Technology*, 14(4), 74–86. https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.74

19. Tishchenko, O. S., Mykhalko, O. G., Myronenko, O. I., Kuzmenko, L. M., Panasova, T. G., Zhelizniak, I. M., & Plechko, O. S. (2024). Growth, preservation and efficiency of pig fattening under constant and variable in the post-weaning period on rearing and fattening feeding systems. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. *The Series: Livestock*, 1, 111–121. https://doi.org/10.32782/bsnau.lvst.2024.1.14

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 04.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 631.51:631.53:631.559:631.15:631.3
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-15

Куртєв К. К.
аспірант кафедри польових та овочевих культур,
Одеський державний аграрний університет
Одеса, Україна
E-mail: *kostyantin.kurtev@gmail.com*
ORCID: *0009-0000-7709-4541*

Руденко В. А.
доктор філософії з агрономії,
науковий співробітник,
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично-орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
Одеса, Україна
E-mail: *slavik.deinos@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-8651-7689*

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Анотація

Дослідження проведено в умовах південного Степу Роздільнянського району Одеської області на полях ТОВ «Колос» протягом 2023–2025 рр. Порівнювали чотири системи ґрунтообробітку:

1) стерньовий культиватор Horsch Tiger 6MT;
2) Verti-till обробіток агрегатом Salford 7000;
3) дискатор Qualidisc 7000 як контроль;
4) прямий висів Mzuri Pro-til із Strip-till. Системи вивчали на фоні Classic-технології (гібрид NK Kondi) та Clearfield (гібрид P64LP130).

Мета – детальне вивчення формування генеративних органів соняшнику та оцінка індивідуальної й популятивної продуктивності. Основні методи: динамічний облік приквітників, трубчастих квіток, повноцінних насінин, розрахунок біологічної урожайності та її порівняння з фактичною. Закладка органів починається у фазі 4–6 пар листків. Оптимальний кошик має діаметр 20–25 см і близько 1500 насінин. Суцвіття включає язичкові квітки та трубчасті (фертильні) з протерандрією, що запобігає самозапиленню. Цвітіння триває 20–30 діб.

Кількість приквітників становила 21,7–22,2 шт./рослину з перевагою Clearfield-технології та систем Verti-till, Strip-till. Кількість трубчастих квіток – 1464–1594 шт., повноцінних насінин – 941–1157 шт., реалізація потенціалу – 62,7–71,5 %. Технологія Classic переважала за квітками (+13,6 %) та насінинами (+7,3 %). Системи Strip-till і Verti-till забезпечували найвищу реалізацію (+7,4–8,2 % над контролем) та мінімальну пустозерність (28,6–30,3 %). Біологічна урожайність коливалась у межах 2,29–2,95 т/га з перевагою Classic на 6,0 %. Фактична урожайність (за вологості 7–10 % та засміченості 3–5 %) – 1,39–3,30 т/га. У сприятливих роках 2023–2024 Classic давала перевагу 10,8 % (2,94 проти 2,65 т/га). У посушливому 2025 р. Clearfield переважала на 17,3 %. Максимальну урожайність формував Strip-till в усі роки з прибавкою 10,2–27,0 % залежно від умов і технології.

Реальна продуктивність соняшнику досягає лише 65–70 % від потенційної. Рівень реалізації залежить від погодних умов року та технологічних заходів. Інноваційні системи обробітку оптимізують ріст і розвиток рослин, сприяють формуванню потужного кошика та підвищують посухостійкість. Приквітники слугують раннім маркером продуктивності.

Результати дозволяють рекомендувати Classic-технологію на родючих полях, Clearfield – у разі високої забур'яненості та дефіциту вологи. За обох технологій Strip-till і Verti-till забезпечують найкращі показники, особливо в посушливих умовах Півдня України.

Перспективи подальших досліджень: оцінка впливу технологій на олійність насіння, економічну ефективність, екологічну стійкість; порівняння з іншими гібридами та аналіз довгострокового впливу на ґрунт.

Ключові слова: *Strip-till, Verti-till обробіток ґрунту, посівний комплекс Mzuri Pro-til, Clearfield-технологія, Classic-технологія, потенційна і фактична продуктивність, ступінь реалізації потенціалу, біологічна урожайність.*

Вступ. За останні 25 років у технологічному процесі соняшнику відбулись революційні зміни. Це стосується усіх без винятку сторін: селекційно-генетичні створення принципово нових IMI-стійких гібридів, застосування інтегрованої системи захисту від бур'янів, шкідників і хвороб, інноваційні системи обробітку ґрунту (Strip-till, Verti-till, Mini-till), впровадження системи технічних засобів нового покоління і т. ін. Все це призвело до стрімкого зростання урожайності: з 9–12 на початку 90-х років до 21–24 ц/га у 2020–2023 рр. Такий ріст

© Куртєв К. К., Руденко В. А., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

урожайності відбувався на фоні безпрецедентного зростання посівних площ з 1,4–1,5 до 6,1–6,7 млн га [7]. Таким чином, виробництво соняшнику перетворилось на окрему підгалузь рослинництва – соняшникарство.

За таких обставин поглиблення загальних уявлень про соняшник, подальше удосконалення інновацій – це коло актуальних читань, яким науковці приділяють не досить уваги. Останніми роками лише науково-популярні видання України публікували статті про ефективність Clearfield, Express-Sun, A.I.R.-технологій або рекомендації про застосування Verti-till чи Strip-till систем обробітку ґрунту [1; 3; 4; 6; 8; 9].

Виникла ситуація, коли виробнича практика опинилась попереду аграрної науки. Тому дослідження, пов'язані з оцінкою ефективності інноваційних елементів технології, можна вважати своєчасними і актуальними, тим паче, що така частина біології соняшнику, як формування генеративних органів, взагалі вивчена слабо.

Мета роботи. Метою роботи є поглиблене вивчення процесу формування генеративних органів соняшнику за різних інноваційних систем обробітку ґрунту і технологій вирощування з подальшим визначенням індивідуальної та популятивної продуктивності.

Методика досліджень. Основним методом визначення показників генеративного апарату був динамічний підрахунок приквітників, трубчастих квіток, повноцінних насінин та визначення біологічної урожайності і порівняння її з фактичною. Порівнювали 4 системи ґрунтообробітку (стерньовий культиватор Horsch Tiger-6MT; Verti-till обробіток з допомогою агрегату Salford; дискування дискатором Qualidisc та прямий висів посівним комплексом Mzuri Pro-til із системою обробітку Strip-till). Всі ці системи вивчали на фоні технології Clearfield (гібрид P64LP130) та Classic (гібрид NK Kondi).

Виклад основного матеріалу досліджень. Закладка генеративних органів у соняшника починається з фази 4–6 пар справжніх листків. Від умов цього періоду (фаза початку формування кошика) багато у чому залежить майбутній урожай. Фахівці вважають за оптимум кошик середнього розміру з діаметром 20–25 см [2; 11]. Такий кошик для одержання високого урожаю має давати близько 1500 повноцінних насінин [10].

Суцвіття соняшника має 2 типи квіток: крайові (язичкові) та трубчасті. Перші є безбарвними і слугують лише як принада для комах-запилювачів. Другі – фертильні двостатеві і саме вони утворюють насіння. У процесі формування соняшникових квіток має місце протерандрія – дозрівання пиляків і приймочок у різний час, що унеможливлює самозапилення [5].

Цвітіння соняшнику триває 20–30 діб. Це пов'язано насамперед з різноякісністю рослин, які досягають фази цвітіння у різні строки. Самі ж квітки цвітуть теж довго протягом 8–10 діб.

Кількість трубчастих квіток, як було уже відзначено вище, є визначальним чинником кількості насінин у кошику. Але, на жаль, не всі квітки утворюють насіння. Виникає так звана пустозерність, яка зумовлена відсутністю умов середовища, що відповідають вимогам культури. З точки зору оцінки систем обробітку ґрунту і технологій вирощування визначення обох видів продуктивності дає змогу розкрити механізм впливу вивчених заходів. Аби простежити за всім періодом формування генеративних органів, ми використали весь період – від початку формування кошика до фізіологічної стиглості. Цей період у середньостиглих гібридів соняшнику триває 65–70 діб. Спочатку було зроблено підрахунок приквітників. Багато фахівців вважають, що кількість приквітників дорівнює кількості листя на рослині. Наші підрахунки наведено нижче (табл. 1).

Таблиця 1. Кількість приквітників на одній рослині соняшника

Агрегат для обробітку ґрунту (А)	Рік			Середня за 3 роки
	2023	2024	2025	
Гібрид P64LP130 Clearfield (В)				
HorschTiger 6MT	24	22	18	21,3
Salford 7000	26	24	19	23,0
Qualidisc 7000	23	23	18	21,3
Mzuri Pro-til 6T	25	25	19	23,0
Середня по фактору А	24,5	23,5	18,5	22,2
Гібрид NK Kondi Classic (В)				
HorschTiger 6MT	25	23	16	21,3
Salford 7000	26	24	17	22,3
Qualidisc 7000	23	22	16	20,3
Mzuri Pro-til 6T	27	25	17	23,0
Середня по фактору А	25,3	23,5	16,5	21,7

Висновок багатьох дослідників, що кількість приквітників є генетично детермінованою ознакою, у нас не знайшов підтвердження, бо коливання по роках у гібрида P64LP130 становило від 18 до 26, а у NK Kondi – від 16 до 27.

Загалом за цим показником перевага була на боці Clearfield-технології, а по системах обробітку лідирували Verti-till та Strip-Till.

Таким чином, кількість приквітників може слугувати раннім маркером продуктивності кошика, коли рахувати квітки ще немає можливості. Безумовно, така рання діагностика індивідуальної продуктивності не може мати високого рівня точності, але для попереднього прогнозу цього цілком досить.

Під час розкриття приквітників з'являються перші язичкові квіти, які своїм яскравим кольором приваблюють комах-запилювачів. Через 2–3 доби починають розкриватись трубчасті квітки, які відрізняються нектаронистістю і починається процес запилення, який послідовно охоплює периферійну частину кошику і розповсюджується до середини. Приблизно на середині цвітіння ми проводили облік кількості квіток у кошику. Результати цих підрахунків представлено у таблиці 2.

Таблиця 2. Особливості формування потенціальної продуктивності і рівень її реалізації за різних систем обробітку ґрунту і технології вирощування (середні за 2023–2025 рр.)

Агрегат для обробітку ґрунту (А)	Кількість на 1 рослину		Реалізація потенціалу, %
	трубчастих квіток	повноцінних насінин	
Гібрид P64LP130 Clearfield (В)			
HorschTiger 6MT	1493	941	62,7
Salford 7000	1543	1081	69,7
Qualidisc 7000	1464	952	63,2
Mzuri Pro-til 6T	1571	1126	71,4
Середні по фактору А	1517	1025	66,8
Гібрид NK Kondi Classic (В)			
HorschTiger 6MT	1534	1065	65,5
Salford 7000	1591	1111	69,1
Qualidisc 7000	1532	1066	64,1
Mzuri Pro-til 6T	1594	1157	71,5
Середні по фактору А	1565	1100	67,6

Насамперед треба відзначити перевагу технології Classic з усіх показників: по кількості трубчастих квіток вона становила 13,6, а по утворених насінинах – 7,3 %. У кінцевому рахунку зросла і реалізація потенціалу з 66,8 до 67,6 %.

Більш високий рівень ефективності з точки зору реалізації потенційної продуктивності показали системи обробітку ґрунту Strip-till та Verti-till. Порівняно з контролем перевага Strip-till обробітку становила 8,2 % у гібриду P64LP130 і 7,4 % – у NK Kondi. І все це на фоні зростання обох складників: кількості квіток і кількості повноцінних насінин. Все це – наслідок оптимізації умов росту і розвитку рослин за рахунок такого обробітку ґрунту.

Різниця між 100 % і рівнем реалізації потенціалу – це пустозерність, яка у нашому досліді коливалась у межах 28,5–36,8 %, тобто третина всіх трубчастих квіток утворила повноцінні насінини.

Співвідношення кількості закладених трубчастих квіток, утворених повноцінних насінин та % пустозерності добре прослідкується на наведеній діаграмі (рис. 1).

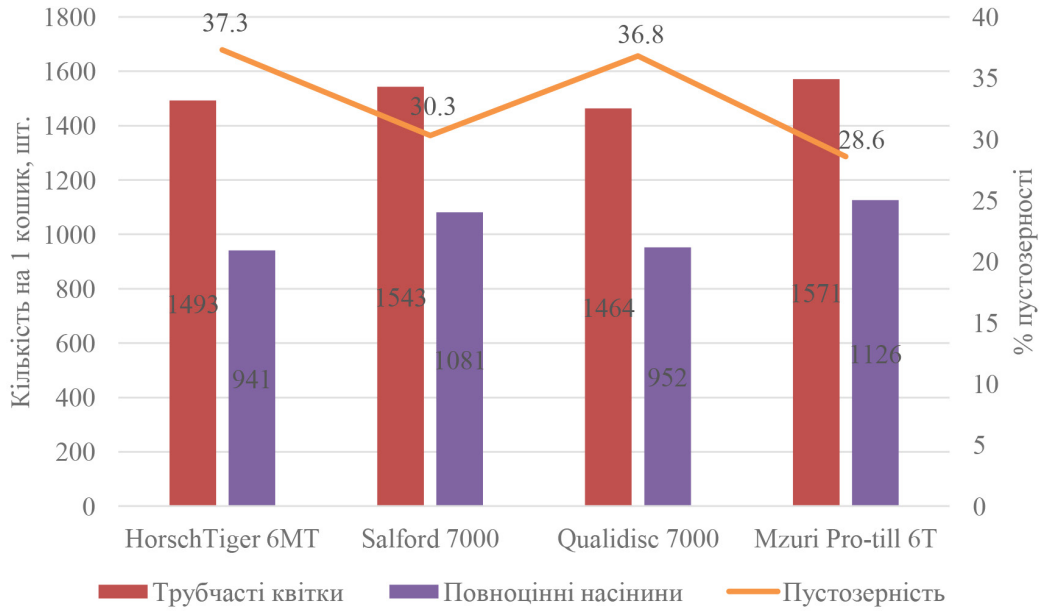


Рис. 1. Співвідношення трубчастих квіток, повноцінних насінин і пустозерності (середні за 3 роки, гібрид P64LP130)

Тут ми бачимо, що обробіток агрегатом Salford 7000 і прямий висів посівним комплексом Mzuri Pro-til 6T забезпечують закладку максимальної кількості квіток у кошику, найвищого рівня реалізації потенціалу і мінімізують показник пустозерності: 28,6–30,3 проти 36,8 % у контролі. Такі ж самі закономірності спостерігались і за технології Classic.

У агрономічній практиці часто виникає необхідність визначення біологічного врожаю для прогнозування можливого валового збору, а також у разі списання пошкоджених посівів і оформлення страхового випадку. Для розрахунку біологічної урожайності треба індивідуальну продуктивність (г насіння на 1 рослину) помножити на густоту стеблестою. Наводимо ці розрахунки (табл. 3).

Таблиця 3. Біологічна урожайність соняшнику залежно від системи ґрунтообробки та технології вирощування (середні за 2023–2025 рр.)

Агрегат для обробітку ґрунту (А)	Кількість насінин у 1 кошику	Маса, г		Густота рослин, тис./га	Біологічна урожайність, т/га
		1000 насінин	насіння з 1 кошика		
Гібрид P64LP130 Clearfield (В)					
HorschTiger 6MT	941	50,7	47,7	48	2,29
Salford 7000	1081	49,7	53,7	40	2,63
Qualidisc 7000	952	50,7	48,3	48	2,32
Mzuri Pro-til 6T	1126	49,6	55,9	49	2,74
Середні по фактору А	1025	50,1	51,4	-	2,50
Гібрид NK Kondi Classic (В)					
HorschTiger 6MT	1065	50,3	53,6	47	2,52
Salford 7000	1111	51,4	57,1	48	2,74
Qualidisc 7000	1066	49,3	52,6	47	2,47
Mzuri Pro-til 6T	1157	53,2	61,5	48	2,95
Середні по фактору А	1100	51,1	56,2	-	2,65

Оскільки густота рослин була майже однаковою, то індивідуальна продуктивність мала прямий зв'язок з біологічною урожайністю. Обидва показники за Classic-технології переважали технологію Clearfield відповідно на 9,3 та 6,0 %. Певна невідповідність мала місце за рахунок хоч і невеликої, але помітної різниці по густоті рослин.

Особливо ефективним впливом на рівень біологічної урожайності відзначились Verti-till та Strip-till системи ґрунтообробітку. Порівняно з контролем за технологією Clearfield Verti-till обробіток агрегатом забезпечив зростання цього показника на 13,4, а обробіток Strip-till – на 18,1 %. За технології Classic також спостерігалась перевага цих систем відповідно на 10,9 та 19,4 %.

Безумовно, головним показником продуктивності культури є фактична урожайність, перерахована на базисну вологість і з урахуванням засміченості. Цей показник завжди поступається рівню біологічної урожайності і чим менша різниця, тим меншими були втрати під час збирання урожаю.

У наших дослідах вологість насіння соняшнику коливалась по роках від 7 до 10 %. Найсухіше насіння одержано у посушливому 2025 р., а найбільша його вологість зафіксована у 2023 р. Вміст сміття в усі роки був на рівні 3–5 %. Остаточні результати визначення фактичної урожайності по роках досліджень наведено нижче (табл. 4).

Таблиця 4. Урожайність соняшнику залежно від систем обробітку ґрунту та технологій, т/га

Агрегат для обробітку ґрунту (А)	Рік			Середня за 3 роки
	2023	2024	2025	
Гібрид P64LP130 Clearfield (В)				
HorschTiger 6MT	2,62	2,06	1,69	2,12
Salford 7000	2,97	2,69	1,88	2,51
Qualidisc 7000	2,74	2,37	1,73	2,28
Mzuri Pro-til 6T	3,02	2,70	2,01	2,58
Середня по фактору А	2,84	2,46	1,83	2,37
Гібрид NK Kondi Classic (В)				
HorschTiger 6MT	3,05	2,60	1,39	2,35
Salford 7000	3,21	2,85	1,67	2,58
Qualidisc 7000	3,04	2,48	1,40	2,31
Mzuri Pro-til 6T	3,30	2,94	1,78	2,67
Середня по фактору А	3,15	2,72	1,56	2,48
HIP_{05}, т	0,17	0,21	0,12	–

Як бачимо, максимальна урожайність соняшнику сформувалась із Classic-технологією. Але ця перевага спостерігалась лише у більш сприятливих 2023 та 2024 рр. Середня за ці роки урожайність становила 2,94 т/га, тоді як за Clearfield-технологією вона становила 2,65 т/га, або на 10,8 % більше. У найпосушливому 2025 р., навпаки, перевага була на боці Clearfield-технології: різниця становила 17,3 %, що свідчить про вищий рівень посухостійкості гібрида P64LP130.

Одержані результати свідчать про можливість і доцільність використання обох технологій. Особливо ефективною класична технологія може бути на високоокультурених полях із достатнім рівнем родючості. Clearfield-технологія може мати перевагу у разі високого рівня забур'яненості і з погіршенням водозабезпеченням.

За обох технологій кращі результати продуктивності соняшник має у разі застосування Strip-till та Verti-till систем обробітку ґрунту. Перевага цих систем спостерігається в усі роки. Особливо цікавим є той факт, що максимальне зростання урожайності спостерігається за найнесприятливіших умов. Якщо у 2023–2024 рр. на фоні Clearfield-технології прибавка над контролем становила 10,2–13,9 %, то у 2025 р. вона досягала 16,2 %, а за класичною технологією показники перевищення становили відповідно 8,6–18,5 та 27,0 %. Для посушливих умов Півдня України такі системи обробітку ґрунту особливо важливі.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють зробити такі загальні висновки:

– реальна продуктивність соняшнику становить 65–70 % від потенційної і рівень реалізації потенціалу залежить від умов року і елементів технології;

– кількість приквітників у кошику може слугувати маркером ранньої діагностики продуктивності;

– рівень біологічної урожайності має тісний зв'язок з індивідуальною продуктивністю за умови близьких показників густоти рослин;

– за сприятливих умов перевагу по урожайності мала класична технологія, яка у середньому за 2023–2024 рр. забезпечила прибавку над Clearfield 10,8 %. Але в посушливі роки, яким був 2025 р., навпаки, класична технологія поступалась Clearfield на 17,3 %;

– максимальну урожайність соняшник формує за системи обробітку Strip-till в усі роки і за обох технологій, причому чим менш сприятливі умови року, тим вищий ефект від такої системи: на фоні Clearfield перевищення над контролем у більш сприятливих умовах становило 10,2–13,9, а у гостро посушливих – 16,2 %. За класичною технологією перевищення становили відповідно 8,6–18,5 та 27,0 %.

Як пропозиції виробництву можна рекомендувати застосування Clearfield, так і Classic-технологій.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні механізмів підвищення рівня реалізації потенційної продуктивності соняшнику (понад 70 %) за умов застосування систем Strip-till і Verti-till у різних ґрунтово-кліматичних зонах Степу України. Важливо оцінити вплив цих систем на якісні показники насіння (вміст олії, кислотний склад, масу 1000 насінин) та стійкість рослин до стресових факторів, зокрема тривалої посухи, яка суттєво впливає на пустозерність і фактичну врожайність. Також доцільно провести порівняльні випробування на ширшому асортименті гібридів соняшнику (в тому числі з різним типом стійкості до гербіцидів) та визначити економічну та екологічну доцільність переходу на мінімальні системи обробітку в умовах зміни клімату Півдня України.

Список використаних джерел

1. Вишневецька О. В. Переваги і недоліки ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту. *Сучасні напрями розвитку аграрної науки* : збірник тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 23 жовт. 2024 р.). Львів : ЛНУП, 2024. С. 235–236.

2. Давигора О. В. Олійні культури. Соняшник : навчальний посібник. Суми : СНАУ, 2025. 140 с.

3. Дорошенко В. П., Оніпко В. В. Технології Strip-till і Verti-till у контексті мінімізації обробітку ґрунту. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28. No. 3. P. 51–55. doi: 10.31210/spi2025.28.03.08

4. Жуйков О. Г., Середюк В. Ю. Технологія вирощування соняшника Clearfield® – світова історія та вітчизняний досвід. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 68–74. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.10

5. Малина Г. В. Особливості гербіцидного захисту гібридів соняшнику за технологією AIR™ у порівнянні з виробничою системою CLEARFIELD® PLUS та сульфотехнологією в умовах ФГ «Грига» Полтавського району Полтавської області : диплом. робота магістра : 202 «Захист і карантин рослин». Полтава : ПДАУ, 2023. 85 с.

6. Самойленко Т. Г., Рожок О. Ф. Фізіологія рослин : навчальний посібник. Херсон : Грінь Д.С., 2015. 416 с.

7. Середа Л. П., Труханська О. О., Швець Л. В. Розробка і дослідження ґрунтообробної машини для технології strip-till з активними фрезерними робочими органами. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2019. № 4 (95). С. 62–68.

8. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2023. Вип. 2. С. 110–118. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25

9. Dochev C., Mitkov A., Yanev M., Neshev N., & Tonev T. Herbicide control of wild hemp (*Cannabis sativa L.*) at sunflower grown by "Express Sun" technology. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*. 2016. Vol. 19 (1). P. 112–120.

10. Joksimović J., Atlagić J., Skorić D. Genetic control of number of flowers and grain yield in sunflower. *Helia*. 2000. Vol. 23. No. 32. P. 85–92.

11. Miller J. F., Fick G. N. The genetics of sunflower. *Sunflower technology and production*. Madison : ASA, CSSA, SSSA, 1997. Vol. 35. P. 441–495.

Kurtev K. K.
Postgraduate Student at the Department of Field and Vegetable Crops,
Odesa State Agrarian University
Odesa, Ukraine
E-mail: *kostyantin.kurtev@gmail.com*
ORCID: *0009-0000-7709-4541*

Rudenko V. A.
PhD in Agronomy, Researcher,
Odesa State Agricultural Research Station of the Institute of climate-smart agricultural of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Odesa, Ukraine
E-mail: *slavik.deinos@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-8651-7689*

SUNFLOWER HYBRIDS PRODUCTIVITY DEPENDING ON SOIL TILLAGE SYSTEMS

Abstract

The study was conducted under the conditions of the southern Steppe in the Rozdilna District of Odesa Region on the fields of Kolos LLC during 2023–2025. Four soil tillage systems were compared:

1. *Stubble cultivator Horsch Tiger 6MT.*
2. *Verti-till tillage using a Salford implement.*
3. *Qualidisc disc harrow as the control.*
4. *Direct seeding with the Mzuri Pro-Til seeding complex with Strip-till tillage.*

All systems were evaluated under both Classic technology (hybrid NK Kondi) and Clearfield technology (hybrid P64LP130).

The aim was a detailed investigation of the formation of sunflower generative organs and assessment of individual and population productivity. The main methods included dynamic counting of bracts, tubular flowers, and fully developed seeds, as well as calculation of biological yield and its comparison with actual (harvested) yield.

Generative organ initiation begins in the phase of 4–6 true leaf pairs. An optimal head has a diameter of 20–25 cm and contains approximately 1500 seeds. The inflorescence consists of ligulate (ray) flowers and tubular (disc) flowers (fertile), with protandry preventing self-pollination. Flowering lasts 20–30 days. The number of bracts ranged from 21.7 to 22.2 per plant, with an advantage for Clearfield technology and the Verti-till and Strip-till systems. The number of tubular flowers was 1464–1594, fully developed seeds – 941–1157, and potential realization – 62.7–71.5 %. Classic technology outperformed in the number of tubular flowers (+13.6 %) and seeds (+7.3 %). Strip-till and Verti-till systems provided the highest realization level (+7.4–8.2 % over control) and the lowest percentage of empty seeds (28.6–30.3 %).

Biological yield ranged from 2.29 to 2.95 t/ha, with Classic technology showing a 6.0 % advantage. Actual yield (at seed moisture 7–10 % and impurity content 3–5 %) varied from 1.39 to 3.30 t/ha. In favorable years (2023–2024), Classic technology gave a 10.8 % advantage (2.94 vs 2.65 t/ha). In the droughty year 2025, Clearfield outperformed by 17.3 %. The highest yield in all years was formed under Strip-till, with yield increases of 10.2–27.0 % depending on weather conditions and technology.

Real sunflower productivity reaches only 65–70 % of its potential. The degree of potential realization depends on annual weather conditions and technological measures. Innovative tillage systems optimize plant growth and development, promote the formation of a powerful head, and enhance drought tolerance. Bract number can serve as an early marker of productivity.

The results support recommending Classic technology on highly fertile fields and Clearfield technology under high weed pressure and moisture deficit. For both technologies, Strip-till and Verti-till systems provide the best performance, especially under the dry conditions of southern Ukraine.

Prospects for further research include: evaluation of the technologies' impact on seed oil content, economic efficiency, and ecological sustainability; comparison with other hybrids; and analysis of long-term effects on soil properties.

Key words: *Strip-till, Verti-till soil tillage, Mzuri Pro-Til seeding complex, Clearfield technology, Classic technology, potential and actual productivity, degree of potential realization, biological yield.*

References

1. Vyshnevetska, O. V. (2022). Perevahy ta nedoliky resursooshchadnykh tekhnolohii obrobitku hruntu [Advantages and disadvantages of resource-saving soil tillage technologies]. Tezy dopovidei [Abstracts of Papers], 235 [in Ukrainian].
2. Davyhora, O. V. (2025). Oliini kultury. Soniashnyk [Oil crops. Sunflower]. Vinnytsia: Tvory [in Ukrainian].
3. Doroshenko, V., & Onipko, V. (2025). Tekhnolohii Strip-till ta Verti-till v konteksti minimizatsii obrobitku hruntu [Strip-till and Verti-till technologies in the context of minimizing soil tillage]. *Naukovyi prohres ta innovatsii – Scientific Progress & Innovations*, 28(3), 51–55. doi: 10.31210/spi2025.28.03.08 [in Ukrainian].
4. Zhuikov, O. H., & Serediuk, V. Yu. (2024). Tekhnolohiia vyroshchuvannia soniashnyka za systemoiu Clearfield® – svitova istoriia ta vitchyznianyi dosvid [Technology of growing sunflower using Clearfield® – global history and domestic experience]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, (23), 68–74 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.10.
5. Malyna, H. V. (2023). Osoblyvosti herbytsydnoho zakhystu hibrydiv soniashnyka za tekhnolohiieiu AIR™ u porivnianni z vyrobnychoiu systemoiu CLEARFIELD® PLUS ta tekhnolohiieiu sulfonilsechovyny v umovakh FH "Hryha" [Features of herbicide protection of sunflower hybrids using AIR™ technology...]. (Master's thesis). Poltava: PDAU [in Ukrainian].

6. Samoylenko, T. H., Rozhok, O. F. (2015). Plant physiology [in Ukrainian].
7. Sereda, L. P., Trukhanska, O. O., & Shvets, L. V. (2019). Rozrobka ta doslidzhennia hruntoobrobnoi mashyny dlia tekhnolohii strip-till z aktyvnymy frezernymy robochymy orhanamy [Development and investigation of a soil tillage machine for strip-till technology with active milling working tools]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh – Vibrations in Engineering and Technology*, 4(95), 65–71 [in Ukrainian].
8. Syadiakina, O. V., & Hamaiunova, V. V. (2023). Suchasnyi stan ta perspektyvy nasinnytstva soniashnyku [Current state and prospects of sunflower seed production]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Herald*, (131), 185–192 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25
9. Dochev, C., Mitkov, A., Yanev, M., Neshev, N., & Tonev, T. (2016). Herbicide control of wild hemp (Cannabis sativa L.) at sunflower grown by "Express Sun" technology. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 19(4), 112–125.
10. Joksimović, J., Atlagić, J., & Skorić, D. (2000). Genetic control of number of flowers and grain yield in sunflower. *Helia*, 23(32), 85–92.
11. Miller, J. F., & Fick, G. N. (1997). The genetics of sunflower. In Sunflower technology and production (Vol. 35, pp. 441–495). Madison, WI: American Society of Agronomy.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 631.6:551.58:631.4:551
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-16

Ласло О. О.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *oksana.laslo@pdaa.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0101-4442*

Панченко К. С.
доктор філософії, галузь «Аграрні науки та продовольство»,
старший викладач кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *kateryna.panchenko@pdaa.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-2545-2439*

Марініч Л. Г.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *liubov.marinich@pdau.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0073-9433*

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ АНОМАЛІЙ НА ПОТРЕБУ У ЗРОШЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Анотація

У статті висвітлено питання прогнозу потенційної евапотранспірації (ET_0) і температурних змін літнього періоду (червень–серпень) 2023–2030 рр., враховуючи водоспоживання сільськогосподарських культур та індекс посухи SPEI. Підвищення температури повітря, особливо в літній період, суттєво впливає на водний баланс агроекосистем, зумовлюючи зростання випаровування з поверхні ґрунту та транспірації рослин. Встановлено, що підвищення середньої літньої температури на 0,3–0,5°С щороку призводитиме до збільшення ET_0 з 18,74 мм у 2026 році до 23,41 мм у 2030 році, що відображає посилення випаровуваності та дефіцит ґрунтової вологи. Дослідженнями встановлено, що коефіцієнти водоспоживання культур (Кс) зростатимуть: кукурудза з 0,81 до 0,85, соя з 0,71 до 0,75, овочі з 1,01 до 1,05, що у сукупності з підвищенням ET_0 збільшуватиме потребу у зрошенні: кукурудза – 15,18–19,9 мм, соя – 13,31–17,56 мм, овочі – 18,93–24,58 мм. Дослідженнями також встановлено, що зменшення значень індексу SPEI від –0,5 до –2,5 підсилюватиме водний стрес та збільшуватиме потенційну евапотранспірацію на 5–25 %, що вказує на зростання ризику літніх посух у регіоні. Результати досліджень дають підставу рекомендувати застосування адаптивних та водозберігаючих технологій поливу, інтеграцію агрометеорологічного прогнозування з управлінням водними ресурсами та пріоритетне забезпечення овочевих культур у критичні фази розвитку. Встановлено, що зрошення стає необхідним агротехнічним заходом уже з 2027–2028 рр., а до 2029–2030 рр. формуються кліматично напружені літні умови, близькі до південних степових. Перспективними є подальші дослідження щодо оцінки ефективності різних систем поливу, впровадження краплинного та мікрозрошення, розвитку кліматично орієнтованих моделей водокористування та інтеграції агрометеорологічного прогнозування з управлінням меліоративними системами для підвищення стійкості агроекосистем Полтавської області до зростаючих температурних аномалій і посух.

Ключові слова: *евапотранспірація, посухи, температурні аномалії, індекс SPEI, водоспоживання культур, водний баланс агроекосистем.*

Вступ. Упродовж останніх десятиліть спостерігається зростання частоти та інтенсивності температурних аномалій, що є ключовим проявом глобальних кліматичних змін. Підвищення середньорічної температури супроводжується зміною режиму опадів, зростанням випаровуваності та порушенням водного балансу агроландшафтів, що безпосередньо впливає на формування агрометеорологічних посух [7]. Зарубіжні дослідники [9] відзначають, що сучасні посухи дедалі частіше мають комбінований характер, поєднуючи дефіцит опадів із підвищеною температурою, що зумовлено посиленням евапотранспірації. Підвищення температури повітря на 1–2 °С здатне значно зменшити продуктивне вологозабезпечення ґрунтів навіть за норми опадів, спричиняючи розвиток «гарячих» посух.

© Ласло О. О., Панченко К. С., Марініч Л. Г., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

В Україні, за даними С. Г. Бойченка, простежується зростання тривалих періодів високих температур у вегетаційний період, особливо влітку. Найуразливішими є зони Степу та Лісостепу, де агрометеорологічні посухи часто збігаються з критичними фазами розвитку сільськогосподарських культур, що призводить до зниження врожайності та деградації ґрунтів [2].

Меліорація залишається ключовим інструментом адаптації агросфери до зростаючої аридизації. Сучасні підходи поєднують класичні системи зрошення з вологозберігаючими технологіями, враховуючи підвищену мінливість температурного режиму. Зарубіжні дослідження [8] показують, що впровадження краплинного зрошення, автоматизованих систем управління водними ресурсами та адаптивного планування поливів суттєво знижує негативний вплив температурних аномалій. Особлива увага приділяється використанню агрометеорологічних індексів (SPI, SPEI, ET_0) для оптимізації меліоративних заходів.

Українські науковці [1] підкреслюють необхідність модернізації меліоративних систем з урахуванням кліматичних тенденцій. Поєднання зрошення з ґрунтозахисними технологіями, агролісомеліорацією та раціональною структурою посівів підвищує стійкість агроекосистем до посух [3; 4].

Аналіз літератури свідчить, що температурні аномалії визначають інтенсивність агрометеорологічних посух, а меліоративні заходи є ефективним засобом їх зменшення. Розробка глобальних і регіональних сценаріїв на основі агрокліматичних даних дозволяє удосконалити моніторинг і прогнозування посух [6–10]. У сучасних умовах пріоритет слід надавати вологозберігаючим системам поливу (краплинному та мікрозрошенню), які зменшують втрати води та підвищують ефективність зрошення [5; 9].

Перспективними напрямами є інтеграція агрометеорологічного прогнозування з управлінням меліоративними системами, розвиток кліматично орієнтованих моделей водокористування та оцінка ефективності меліорації в умовах зростаючої температурної мінливості в зоні Лісостепу.

Мета роботи – визначити динаміку потреби у зрошенні сільськогосподарських культур на основі прогнозу потенційної евапотранспірації (ET_0) та температурних змін літнього періоду, враховуючи водоспоживання культур і індекс SPEI.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розрахунок динаміки потреби у зрошенні проводили на основі температурних показників літнього періоду (червень–серпень) по Полтавській області 2023–2025 рр. Температура повітря є одним із визначальних факторів формування евапотранспірації та водоспоживання сільськогосподарських культур. Потенційну евапотранспірацію (ET_0) визначали за модифікованою формулою Блані-Кріддла, рекомендованою FAO:

$$ET_0 = p \cdot (0{,}46 \cdot T + 8),$$

де ET_0 – потенційна евапотранспірація, мм/міс; T – середньомісячна температура повітря, °С; p – коефіцієнт, що характеризує частку світлового дня в загальній річній сумі (для літніх місяців Полтавської області – 0,975).

Розрахунок потреби у зрошенні проведено для таких культур, як: кукурудза, соя, овочі (томати, огірки, перець). Коефіцієнти водоспоживання Кв: кукурудза – 0,8; соя – 0,7; овочі – 1,0.

$$Пз = ET_0 \text{ прогноз} \cdot K_в,$$

де: ET_0 прогноз – потенційна евапотранспірація, мм; $K_в$ – коефіцієнт водоспоживання.

Відповідно до розрахунків прогнозу відзначається зростання температури повітря щороку у літні місяці на +0,3…0,5 °С, і, як наслідок, потенційна евапотранспірація зростатиме (модифікована шкала. SPEI впливу SPEI на ET_0), що відображуватиме дефіцит або надлишок вологи, де від'ємні значення вказують на посуху. У таблиці 1 представлено характеристику впливу SPEI на ET_0 (множник росту для Полтавської області).

Таблиця 1. Шкала характеристик впливу SPEI на ET_0 (множник росту для Полтавської області)

SPEI (літо)	Характеристика	Множник ET_0
–0,5	помірна посуха	1,05
–1,0	підвищений ризик	1,10
–1,5	сильна посуха	1,15
–2,0	критична	1,20
–2,5	екстремальна	1,25

Джерело: авторська розробка

За базовий показник прийнято температуру літніх місяців у 2025 році. Прогноз середньої температури за літні місяці у 2025 році становить 21,9 °С. Підвищення температури впливає на зростання транспірації, що своєю чергою впливає на збільшення Кс на 0,02 кожні +1 °С.

Підвищення температури повітря, особливо в літній період, суттєво впливає на водний баланс агроекосистем, зумовлюючи зростання випаровування з поверхні ґрунту й транспірації рослин. Показники середньомісячної температури повітря у літній період у розрізі років представлено на рис. 1.

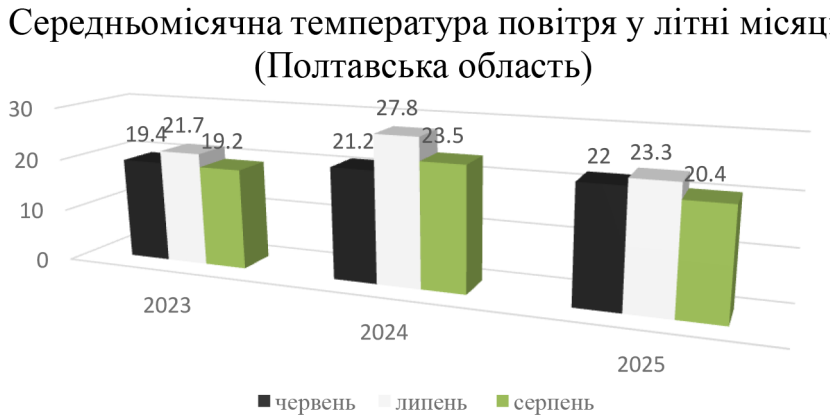


Рис. 1. Динаміка температури повітря у літній період, °С

Аналіз середньомісячних температур повітря в літні місяці (червень–серпень) у Полтавській області за 2023–2025 рр. свідчить про тенденцію до потепління та зростання температурної мінливості. Особливо високі температури зафіксовано у 2024 році, що вказує на підвищення ризику літніх посух. Зростання температури підвищує потенційну евапотранспірацію, що збільшує потребу у зрошенні. Найбільш чутливими до дефіциту вологи є овочеві культури та соя, дещо меншою – кукурудза, проте для всіх культур зрошення стає важливим чинником стабільної врожайності в умовах Полтавської області. Прогноз температури на період з 2026 по 2030 рр. представлено на рис. 2.

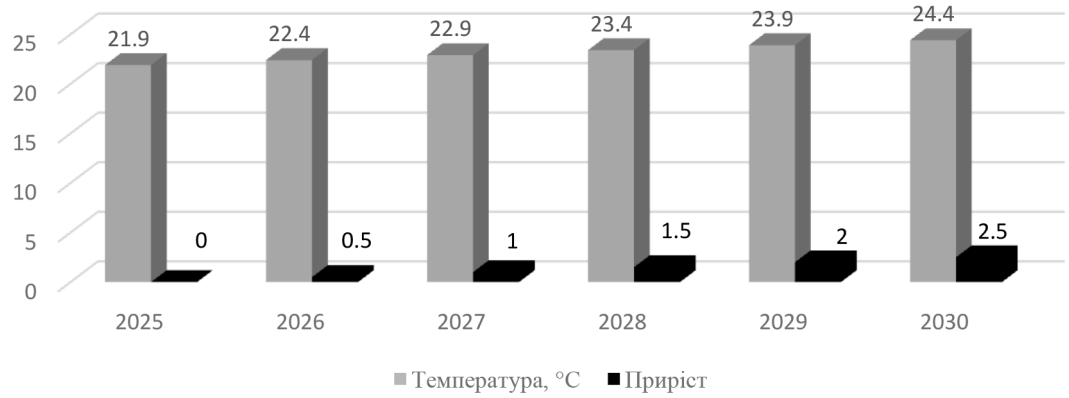


Рис. 2. Прогнозовані показники температури повітря влітку та тенденція до їх зростання, °С

Згідно з прогнозом, середня літня температура повітря в Полтавській області має стійку тенденцію до зростання – від 21,9 °С у 2025 році до 24,4 °С у 2030 році, тобто на 2,5 °С за шість років. Зростання температури є лінійним і стабільним, приблизно +0,5 °С щороку. Уже з 2027–2028 рр. середня літня температура перевищує 23 °С, що відповідає умовам підвищеного теплового навантаження на агроекосистеми. До 2029–2030 рр. формується кліматично напружений літній режим, близький до південних степових умов. Зрошення переходить у категорію необхідного агротехнічного заходу. Потенційна евапотранспірація за літній період наведена на рис. 3.

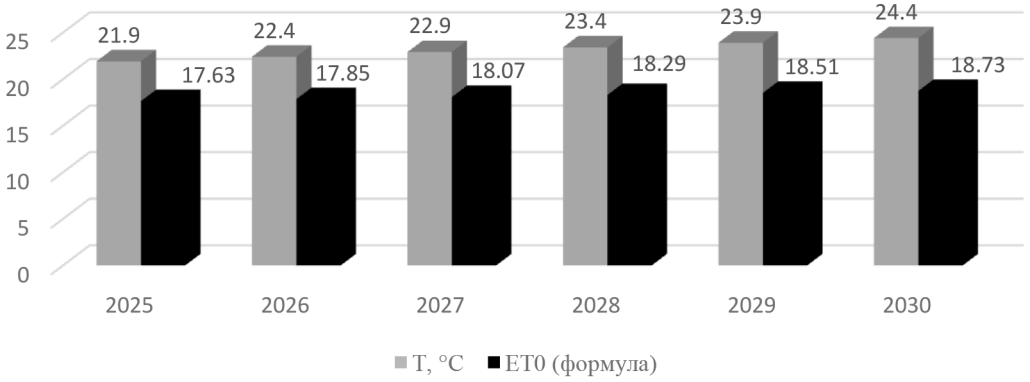


Рис. 3. Прогноз динаміки зростання евапотранспірації у літній період, мм/літній період

Показники потенційної евапотранспірації (ET_0) за літній період у Полтавській області у 2025–2030 рр. демонструють чітку тенденцію до зростання. За підвищення середньої температури з 21,9 до 24,4 °С ET_0 збільшується з 17,63 до 18,73 мм, тобто на 1,10 мм (6 %). Щорічний приріст становить близько 0,22 мм і є наслідком посилення випаровування. Це свідчить про наростання водного дефіциту в ґрунті та зростання потреби у зрошенні, особливо в другій половині літа та у критичні фази розвитку сільськогосподарських культур.

Аналіз множника росту ET_0 за індексом SPEI для Полтавської області в літні місяці у 2026–2030 рр. свідчить про посилення посушливих умов. Зі зменшенням значень SPEI від –0,5 до –2,5 (перехід від слабкої до сильної посухи) множник корекції ET_0 зростає з 1,05 до 1,25. Це означає, що потенційна евапотранспірація збільшується

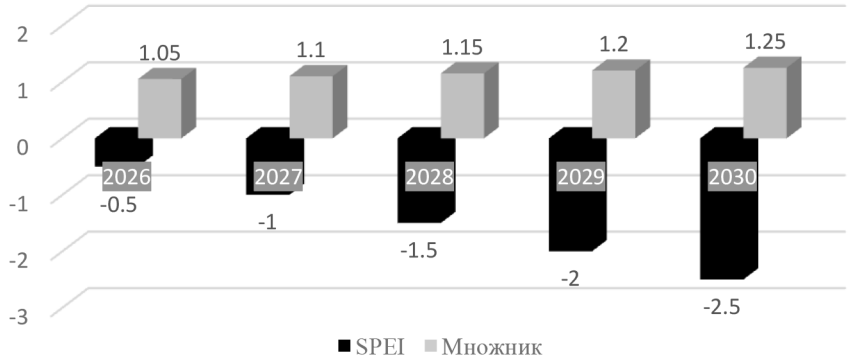


Рис. 4. Характеристика прогнозованого множника росту ET_0 за індексом SPEI для Полтавської області в літні місяці

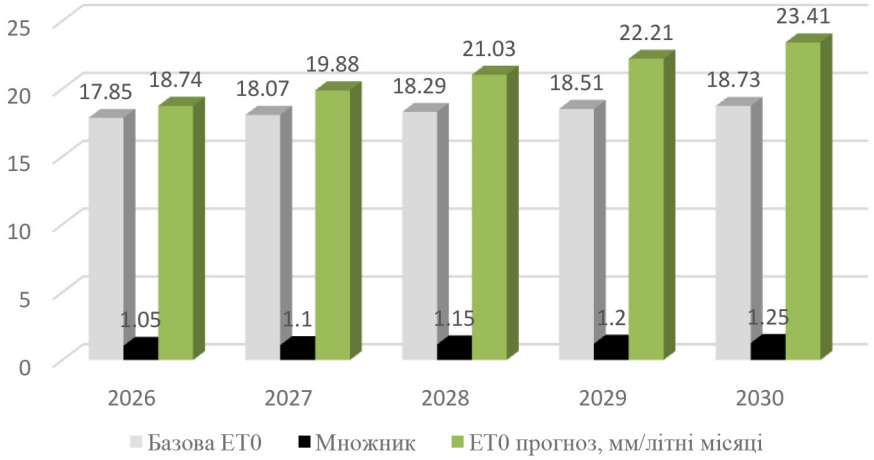


Рис. 5. Прогноз потенційної евапотранспірації (ET_0) для Полтавської області з урахуванням індексу SPEI на 2026–2030 рр.

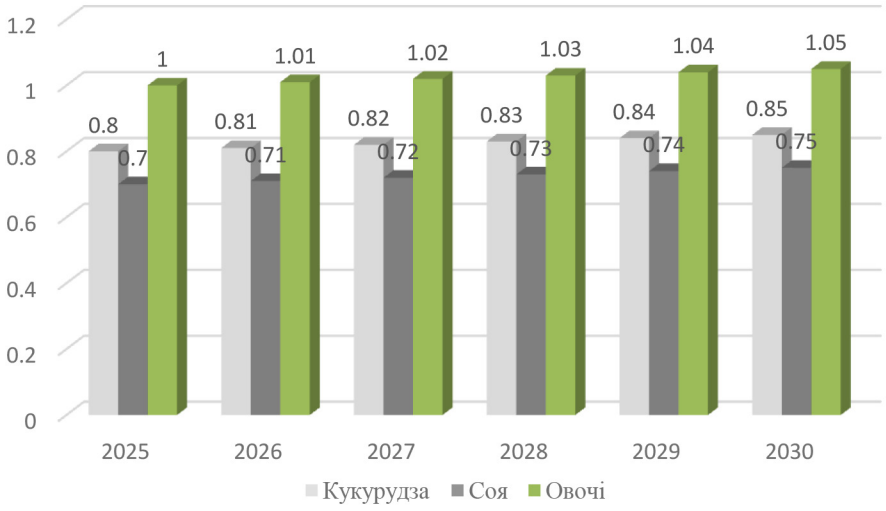


Рис. 6. Прогноз коефіцієнтів водоспоживання (K_c) для основних культур у зоні Лісостепу на 2025–2030 рр.

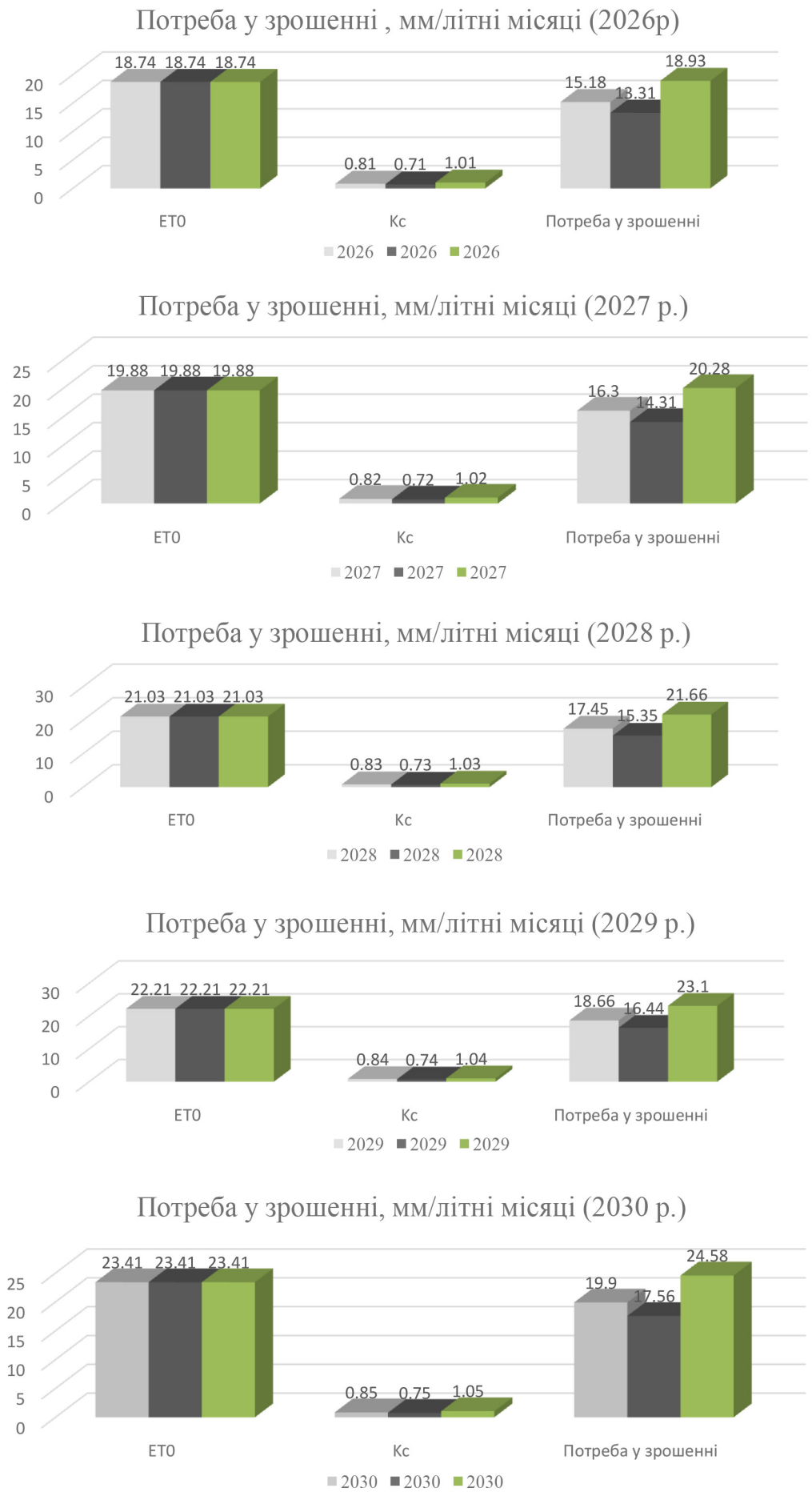


Рис. 7. Потенційна потреба у зрошенні сільськогосподарських культур у літні місці (2026–2030 рр.)

на 5–25 % порівняно з базовими умовами. Така динаміка відображає посилення випаровування та транспірації в умовах дефіциту вологи й високих температур. У результаті формується значний водний стрес для агроценозів, зростає дефіцит ґрунтової вологи та різко підвищується потреба у зрошенні, особливо для вологолюбних культур у критичні фази розвитку. Прогноз потенційної евапотранспірації (ET_0) для Полтавської області з урахуванням індексу SPEI на 2026–2030 рр. наведено на рис. 5.

Прогноз потенційної евапотранспірації (ET₀) для Полтавської області з урахуванням індексу SPEI на 2026–2030 рр. показує суттєве збільшення втрат вологи. Базова ET₀ зростає від 17,85 мм у 2026 р. до 18,73 мм у 2030 р., а корекційний множник, що враховує посушливість (SPEI), підвищується з 1,05 до 1,25. У результаті прогнозована ET₀ зростає від 18,74 до 23,41 мм, тобто на 25 % порівняно з базовими значеннями. Така динаміка свідчить про посилення водного дефіциту, зростання випаровування та транспірації, підвищений ризик посухи та наголошує на необхідності активного застосування зрошення для підтримки стабільної продуктивності культур у літні місяці. Прогноз коефіцієнтів водоспоживання (Kc) для основних культур у зоні Лісостепу на 2025–2030 рр. представлено на рис. 6.

Прогноз коефіцієнтів водоспоживання (K_c) для основних культур у зоні Лісостепу на 2025–2030 рр. демонструє поступове збільшення потреби рослин у воді. Для кукурудзи Kc зростає з 0,80 до 0,85, для сої – з 0,70 до 0,75, для овочевих культур – з 1,00 до 1,05. Це зумовлено підвищенням температур і зростанням потенційної евапотранспірації, що збільшує випаровування та транспірацію. Зростання Kc свідчить про більшу водозалежність культур і необхідність точного планування зрошення, особливо в критичні фази росту та розвитку, щоб підтримати врожайність і запобігти водному стресу.

Прогноз на 2026–2030 роки демонструє чітку тенденцію до зростання потреби у зрошенні для всіх трьох культур – кукурудзи, сої та овочів. Основними факторами є збільшення евапотранспірації (ET_0) та поступове зростання коефіцієнтів (K_c). ET_0 підвищується з 18,74 мм у 2026 році до 23,41 мм у 2030 році, що відображає тенденцію до зростання температур та зниження вологості, яка характерна для зміни клімату в регіоні досліджень. Kc показує помірне збільшення: для кукурудзи з 0,81 до 0,85, сої з 0,71 до 0,75, овочів з 1,01 до 1,05. Це пов'язано з ростом листового апарату та підвищенням водоспоживання культур у критичні фази розвитку. Поступове збільшення потреби у зрошенні на фоні підвищення евапотранспірації та росту Kc свідчить про підвищення ризику водного стресу культур.

Висновки. Дослідження показали можливе зростання потенційної евапотранспірації (ET_0) в літні місяці 2026–2030 рр. у Полтавській області з 18,74 до 23,41 мм, що призведе до збільшення потреби у зрошенні: для кукурудзи – 15,18…19,9 мм, сої – 13,31…17,56 мм, овочів – 18,93…24,58 мм. Найвищу потребу у вологозабезпеченні матимуть овочеві культури, найнижчу – соя, що визначає пріоритетність, оскільки динаміка SPEI свідчить про посилення літніх посух і наростання водного стресу.

Перспективами подальших досліджень є інтеграція агрометеорологічного прогнозування з управлінням зрошенням, застосуванням адаптивних і вологозберігаючих технологій та оцінці ефективності різних систем зрошення для підвищення стійкості агроекосистем Лісостепу.

Список використаних джерел

1. Балюк С. А., Медведєв В. В. Ґрунтові ресурси України та їх стійкість до посух. Харків : Стильна типографія, 2015. 150 с.
2. Бойченко С. Г. Кліматичні зміни та їх вплив на агросферу України. Київ : Наукова думка, 2019. 220 с.
3. Ласло О. О., Панченко К. С. Агрокліматичні та ґрунтові ризики в органічному землеробстві. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 149–153. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.21
4. Маренич М. М., Ласло О. О., Драч В. С. Адаптивні властивості гібридів кукурудзи до несприятливих кліматичних умов. *Зрошуване землеробство*. 2024. № 82. С. 43–47. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.7
5. Geli H. M. E., Omar I., Elshinawy M. Y., DuBios D. W., Prehodko L., Smith K. H., Badawy A.-H. A. Prediction and forecast of short-term drought impacts using machine learning to support mitigation and adaptation efforts: preprint 2025. 29 c. URL: https://arxiv.org/abs/2512.18522
6. Ghobadi M., Badehian Z. Assessment of agricultural drought severity using multi-temporal remote sensing data in Lorestan region. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Art. 18528. https://doi.org/10.1038/s41598-025-03087-4
7. Kulkarni S., Sawada Y. Near-global Agro-climatological Drought Monitoring Dataset. *Scientific Data*. 2025. Vol. 12. Art. 2038. https://doi.org/10.1038/s41597-025-06316-7
8. Pereira L., Fereres E. Irrigation scheduling under water scarcity. *Agricultural Water Management*. 2017. Vol. 179. P. 262–274.
9. Sreeparvathy V., Debdut S., Mishra A.K. A review of advances in flash drought research: challenges and future directions. *Earth's Future*. 2025. Vol. 13. No. 8. Art. e2025EF006603. https://doi.org/10.1029/2025EF006603
10. Wang L., Ren W. Drought in agriculture and climate-smart mitigation strategies. *Cell Reports Sustainability*. 2025. Vol. 2. Issue 6. Article 100386. https://doi.org/10.1016/j.crsus.2025.100386.

Laslo O. O.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Agriculture and Agrochemistry named after V. I. Sazanov,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine
E-mail: *oksana.laslo@pdaa.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0101-4442*

Panchenko K. S.
PhD, Senior Lecturer at the Department of Agriculture and Agrochemistry named after V. I. Sazanov,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine
E-mail: *kateryna.panchenko@pdaa.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-2545-2439*

Marinich L. G.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Production,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine
E-mail: *liubov.marinich@pdau.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0073-9433*

IMPACT OF TEMPERATURE ANOMALIES ON THE IRRIGATION NEED OF AGRICULTURAL CROPS

Abstract

The article highlights the issue of forecasting potential evapotranspiration (ET_0) and temperature changes in the summer period (June–August) 2023–2030, taking into account water consumption by agricultural crops and the SPEI drought index. Increasing air temperature, especially in the summer, significantly affects the water balance of agroecosystems, causing increased evaporation from the soil surface and plant transpiration. It is found that an increase in average summer temperature by 0.3–0.5 °C each year will lead to an increase in ET_0 from 18.74 mm in 2026 to 23.41 mm in 2030, reflecting increased evaporation and soil moisture deficit. Studies have shown that crop water consumption coefficients (Kc) will increase: corn from 0.81 to 0.85, soybeans from 0.71 to 0.75, vegetables from 1.01 to 1.05, which, together with the increase in ET_0, will increase the need for irrigation: corn – 15.18–19.9 mm, soybeans – 13.31–17.56 mm, vegetables – 18.93–24.58 mm. Studies have also found that decreasing SPEI values – from –0.5 to –2.5 will increase water stress and increase potential evapotranspiration by 5–25 %, indicating an increased risk of summer droughts in the region. The research results provide grounds to recommend the use of adaptive and water-saving irrigation technologies, the integration of agrometeorological forecasting with water resources management, and the priority provision of vegetable crops during critical phases of development. It has been established that irrigation becomes a necessary agrotechnical measure as early as 2027–2028, and by 2029–2030, climatically intense summer conditions close to southern steppe conditions will form. Further research is promising to assess the effectiveness of various irrigation systems, the introduction of drip and micro-irrigation, development of climate-oriented water use models and integration of agrometeorological forecasting with the management of land reclamation systems to increase the resilience of agroecosystems of the Poltava region to increasing temperature anomalies and droughts.

Key words: *evapotranspiration, droughts, temperature anomalies, SPEI index, crop water consumption, water balance of agroecosystems.*

References

1. Baliuk, S. A., Medvediev, V. V. (2015). Gruntovi resursy Ukrainy ta yikh stiikist' do posukh [Soil resources of Ukraine and their resistance to droughts]. Kharkiv : Stylna typohrafiia, 150 [in Ukrainian].
2. Boichenko, S. H. (2019). Klimatychni zminy ta yikh vplyv na ahrosferu Ukrainy [Climatic changes and their impact on the agricultural sphere of Ukraine]. Kyiv : Naukova dumka, 220 [in Ukrainian].
3. Laslo, O. O., Panchenko, K. S. (2025). Ahroklimatychni ta gruntovi ryzyky v orhanichnomu zemlerobstvi [Agroclimatic and soil risks in organic farming]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 32, 149–153. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.21 [in Ukrainian].
4. Marenych, M. M., Laslo, O. O., Drach, V. S. (2024). Adaptyvni vlastyvosti hibrydiv kukurudzy do nespryiatlyvykh klimatychnykh umov [Adaptive properties of corn hybrids to adverse climatic conditions]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*. 82, 43–47. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.7 [in Ukrainian].
5. Geli, H. M. E., Omar, I., Elshinawy, M. Y., DuBios, D. W., Prehodko, L., Smith, K. H., Badawy, A.-H. (2025). Prediction and forecast of short-term drought impacts using machine learning to support mitigation and adaptation efforts: preprint. 29. Retrieved from: https://arxiv.org/abs/2512.18522 [in English].
6. Ghobadi, M., Badehian, Z. (2025). Assessment of agricultural drought severity using multi-temporal remote sensing data in Lorestan region. *Scientific Reports*. 15, 18528. https://doi.org/10.1038/s41598-025-03087-4 [in English].

7. Kulkarni, S., Sawada, Y. (2025). Near-global Agro-climatological Drought Monitoring Dataset. *Scientific Data*. 12, 2038. https://doi.org/10.1038/s41597-025-06316-7 [in English].

8. Pereira, L. S., Fereres, E. (2017). Irrigation scheduling under water scarcity. *Agricultural Water Management*. 179. 262–274 [in English].

9. Sreeparvathy, V., Debdut, S., Mishra, A.K. (2025). A review of advances in flash drought research: challenges and future directions. *Earth's Future*. 13, 8. https://doi.org/10.1029/2025EF006603 [in English].

10. Wang, L., Ren, W. (2025). Drought in agriculture and climate-smart mitigation strategies. *Cell Reports Sustainability*. 2, 6. https://doi.org/10.1016/j.crsus.2025.100386 [in English].



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 19.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 636.4:612.11:591.436:636.087.7
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-17

Леньков Л. Г.
кандидат сільськогосподарських наук, докторант,
кафедра технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *lenkovleonid@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1596-6740*

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ СОРБЦІЙНО-ГЕПАТОПРОТЕКТОРНОЇ ДІЇ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ РЕМОНТНИХ СВИНОК

Анотація

Інтенсивне промислове свинарство підвищує вимоги до вирощування ремонтних свинок, адже їхній метаболічний і фізіологічний стан визначає подальшу їх продуктивність в якості основного маточного стада. Ключову роль у гомеостазі відіграють печінка й нирки, функцію яких об'єктивно відображають біохімічні показники крові. Ставилося за мету оцінити вплив комплексної кормової добавки «Гепасорбекс» у дозі 1500 г/т комбікорму на біохімічні показники крові ремонтних свинок як інтегральні маркери функціонального стану печінки та інтенсивності обмінних процесів. Дослідження проводили на клінічно здорових ремонтних свинках поєднання велика біла × ландрас, яких утримували в умовах промислової технології приватно-орендного підприємства «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області. Тварин було розподілено на контрольну групу, що отримувала стандартний раціон, та дослідну групу, до раціону якої вводили «Гепасорбекс», у кожній по 40 голів. У віці 190 діб у п'яти тварин з кожної групи визначали біохімічні показники сироватки крові. Встановлено, що використання «Гепасорбексу» сприяло покращенню синтетичної функції печінки, що підтверджується підвищенням вмісту альбумінів з 24,42 до 27,80 г/л ($p < 0,05$) та загального білка з 54,24 до 58,49 г/л ($p < 0,05$). Виявлено виражений позитивний вплив на пігментний обмін: концентрація загального білірубіну знизилася з 7,49 до 2,64 мкмоль/л ($p < 0,001$), прямого – з 1,80 до 0,79 мкмоль/л ($p < 0,05$), а активність лужної фосфатази нормалізувалася (173,34 → 115,85 од./л; $p < 0,01$). Застосування добавки супроводжувалося стабілізацією ферментативної активності печінки, що проявлялося зниженням активності аспартатамінотрансферази та оптимізацією індексу де Рітіса (1,26 → 0,84). У дослідній групі відзначено покращення енергетичного та ліпідного обміну, зокрема підвищення концентрації глюкози у межах фізіологічної норми і зниження вмісту холестерину на 38,4 % ($p < 0,01$). Концентрація креатиніну підвищилася до референтних значень (91,84 → 141,45 мкмоль/л; $p < 0,01$), що свідчить про інтенсифікацію обмінних процесів без ознак порушення функції нирок. Отже, включення комплексної кормової добавки «Гепасорбекс» у раціони ремонтних свинок є доцільним як ефективний засіб метаболічної підтримки та стабілізації функціонального стану печінки в умовах інтенсивного свинарства.

Ключові слова: *білковий обмін, біохімічні показники крові, годівля, кормова добавка, мінеральний обмін, ремонтний молодняк, свині, технологія, ферментативна активність, функціональний стан організму.*

Вступ. Інтенсивний розвиток промислового свинарства зумовлює підвищені вимоги до вирощування ремонтного молодняку, оскільки саме від його фізіологічного стану, рівня обміну речовин та адаптаційних можливостей залежить подальша відтворна здатність і продуктивність свиноматок. У сучасних умовах значну увагу приділяють оптимізації годівлі ремонтних свинок шляхом використання функціональних кормових добавок, спрямованих на підтримання метаболічної рівноваги та зниження негативного впливу технологічних і кормових стресів [9; 20].

Особливу роль у забезпеченні гомеостазу організму відіграє функціональний стан печінки та нирок, які є ключовими органами детоксикації, обміну білків, вуглеводів, ліпідів і мінеральних речовин. Порушення їхньої діяльності відображається на біохімічному профілі крові, що робить біохімічні показники інформативним інструментом оцінки фізіологічного стану тварин [14; 17].

У цьому контексті актуальним є використання комплексних кормових добавок сорбційно-гепатопротекторної дії, до складу яких входять мінеральні сорбенти, біологічно активні сполуки та рослинні компоненти. Такі добавки здатні знижувати токсичне навантаження на організм, покращувати показники білкового та енергетичного обміну, нормалізувати активність ферментних систем і мінеральний баланс [7; 8; 11]. Загальновизнано, що свині серед сільськогосподарських тварин характеризуються найвищою чутливістю до дії мікотоксинів, які можуть контамінувати практично всі види кормової сировини та комбікормів. У зв'язку з цим проблема профілактики та корекції мікотоксикозів у свинарстві набула особливої актуальності, що зумовило інтенсифікацію наукових досліджень і практичних розробок у цій сфері протягом останніх десятиліть [7–9; 12; 15; 17].

Важливим рослинним компонентом подібних добавок є розторопша плямиста (*Silybum marianum* (L.) *Gaertn*., родина *Asteraceae*) – один із найбільш вивчених природних гепатопротекторів. Біологічно активний комплекс

© Леньков Л. Г., 2026

силімарину, отриманий зі зрілих плодів рослини, характеризується здатністю нейтралізувати екзогенні та ендогенні токсини, стимулювати синтез структурних фосфоліпідів і відновлення мембран гепатоцитів, а також проявляє антиоксидантні, протизапальні та антифібротичні властивості. Позитивний вплив силімарину поширюється не лише на функціональний стан печінки, а й на діяльність усього шлунково-кишкового тракту, що зумовлює доцільність використання розторопші у годівлі тварин у вигляді порошку або подрібненої сировини [7; 9; 16; 18; 19].

Однією з таких добавок є «Гепасорбекс», дія якої поєднує сорбційні, детоксикаційні та метаболічно-регулювальні властивості. Водночас питання її впливу на біохімічні показники крові ремонтних свинок у період вирощування залишається не досить вивченим, що й зумовило актуальність проведення цих досліджень.

Мета дослідження – оцінити вплив комплексної кормової добавки «Гепасорбекс» на біохімічні показники крові ремонтних свинок та функціональний стан їхнього організму в період вирощування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження виконували протягом 2024–2025 рр. в умовах приватно-орендного підприємства «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області на 80 клінічно здорових двопородних ремонтних свинках поєднання велика біла × ландрас (селекції компанії «*PIC*», Великобританія). На початку вирощування у 11-тижневому віці тварин за принципом аналогів розподілили на дві групи по 40 голів у кожній. Упродовж усього експериментального періоду всі групи отримували стандартний основний раціон. Науково-господарському досліду передував зрівняльний період тривалістю 7 діб (з 11- до 12-тижневого віку). Свинки контрольної групи (I) споживали лише стандартний основний раціон без додавання кормових добавок, тоді як тварини дослідної групи (II) у період вирощування з 12 до 28 тижнів додатково отримували комплексну кормову добавку «Гепасорбекс» у дозі 1500 г/т комбікорму відповідно до рекомендацій виробника [3; 4; 9]. Дослідну добавку вводили безпосередньо до складу комбікорму під час його виробництва на комбікормовому заводі.

До досягнення живої маси 60 кг ремонтним свинкам згодовували раціон типу «Гроуер» у кількості 1,00–2,00 кг на голову за добу із вмістом сирого протеїну 166,0 г/кг та обмінною енергією 13,14 МДж/кг. Починаючи з живої маси 60 кг і до першого осіменіння тварин переводили на повнораціонний комбікорм «Ремонтний молодняк» у дозі 2,00–2,52 кг на голову за добу з поживною цінністю: сирий протеїн – 155,0 г/кг, обмінна енергія – 12,36 МДж/кг, відповідно до прийнятої схеми вирощування ремонтного молодняку, розроблених у господарстві за методичними рекомендаціями генетичної та годівельної компаній [6; 10].

До складу 1 кг повнораціонного комбікорму «Гроуер» входили (%): кукурудза – 30, пшениця – 30, ячмінь – 15, соняшниковий шрот – 5, соєвий шрот – 16, вапнякове борошно – 1, премікс *Cechavit Pig Premix Grower* – 2,5. Комбікорм «Ремонтний молодняк» містив (%): кукурудзу – 35, пшеницю – 21, ячмінь – 10, пшеничні висівки – 12, соняшниковий шрот – 10, соєвий шрот – 7, премікс *Cehavit Sow Premix* – 5. Напування тварин здійснювали за допомогою ніпельних напувалок.

Кормова добавка «Гепасорбекс» (ТОВ «Ветсервіспродукт», Україна) у 1 кг містила такі активні компоненти (%), як: діоксид кремнію – 60,2–70,8; оксид алюмінію – 8–12; карбонат магнію – 1,0–2,5; діоксид титану – 0,8–1,5; селен – 0,32–0,35; кліноптилоліт – 4,2–4,5; активні кормові дріжджі – 8–10; розторопша плямиста – 18–20 [7; 9; 14; 17].

Умови утримання піддослідних тварин відповідали вимогам ВНТП-АПК 02.05 «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)» та рекомендаціям генетичної компанії [2; 10]. Ремонтних свинок утримували групами по 20 голів у станках із бетонною щілинною підлогою за щільності 1,0–1,65 м^2 на голову. Ветеринарно-профілактичні заходи проводили за єдиною схемою, прийнятою в господарстві, для всіх груп тварин. Параметри мікроклімату в приміщенні забезпечувалися системою негативної вентиляції, робота якої регулювалася мікропроцесорною системою керування. Видалення гною здійснювали вакуумно-самопливною системою періодичної дії з використанням гнойових ванн та трубопроводів для транспортування стоків у проміжні гнойозбірники за межами приміщення.

Годівлю, напування, утримання, догляд і профілактику тварин проводили з дотриманням вимог європейського та українського законодавства щодо благополуччя сільськогосподарських тварин [5; 13].

Біохімічні дослідження крові ремонтних свинок контрольної та дослідної груп наприкінці періоду вирощування (у 190-денному віці) проводили з метою оцінки функціонального стану печінки і нирок, особливостей білкового, вуглеводного та мінерального обміну, а також ферментативної активності організму. Відбір крові здійснювали у ранкові години до годівлі шляхом пункції яремної вени у п’яти клінічно здорових тварин з кожної групи, відібраних рандомізовано. Зразки крові збирали у пробірки з активатором згортання та після центрифугування отримували сироватку. Біохімічні аналізи виконували в незалежній лабораторії ТОВ «Експертний центр «Біолайтс»» з використанням автоматичного біохімічного аналізатора *ERBA XL-640* і сертифікованих реактивів [3; 20].

У сироватці крові визначали вміст альбумінів (*ALB*), загального білка (*TP*), глобулінів (*GLB*), активність лужної фосфатази (*ALP*), аланінамінотрансферази (*ALT*), аспартатамінотрансферази (*AST*), альфа-амілази (*AMY*), гама-глутамілтрансферази (*GGT*), концентрацію білірубіну (загального, прямого і непрямого), холестерину, глюкози, креатиніну, заліза, кальцію, фосфору та магнію. Додатково розраховували білковий коефіцієнт (*ALB*/*GLB*), індекс Рітіса (*AST*/*ALT*) і співвідношення Ca/P як інтегральні показники функціонального та мінерального обміну. Отримані результати порівнювали з референтними значеннями для свиней відповідного віку [20].

Отримані в ході досліджень результати опрацьовували статистичними методами із застосуванням сучасних засобів комп’ютерної техніки та пакета прикладних програм відповідно до загальноприйнятих методик [1].

Біохімічний профіль сироватки крові ремонтних свинок наприкінці періоду вирощування (190-добовий вік) засвідчив виражені відмінності між контрольною групою та дослідною групою, яка отримувала комплексну кормову добавку «Гепасорбекс» у дозі 1500 г/т комбікорму (табл. 1). Виявлені зміни свідчать про спрямований вплив добавки на синтетичну функцію печінки, пігментний обмін та загальний метаболічний гомеостаз організму.

Білковий обмін і синтетична функція печінки. У контрольній групі вміст альбумінів у сироватці крові становив 24,42 г/л, що було нижче нижньої межі фізіологічної норми (25–45 г/л) і може свідчити про зниження білоксинтезувальної активності печінки. Застосування кормової добавки «Гепасорбекс» зумовило достовірне підвищення концентрації альбумінів до 27,80 г/л, що відповідає приросту на 3,38 г/л (+13,8 %; $p < 0,05$) та переходу показника в межі референтного діапазону. Така динаміка вказує на покращення синтетичної функції печінки та оптимізацію білкового обміну у ремонтних свинок дослідної групи.

Таблиця 1. Біохімічні показники крові ремонтних свинок за використання комплексної кормової добавки «Гепасорбекс», (n = 5), $\overline{X} \pm S_{\overline{X}}$

Ознака	Норма	Група		+/–
		I контрольна	II дослідна	II до I
Вміст альбумінів (*ALB*), g/l	25–45	24,42 ± 1,301	27,80 ± 0,442	3,38*
Лужна фосфотаза ($AlPO_4$), u/l	30–150	**173,34 ± 9,557**	115,85 ± 2,819	–57,49**
Аланінамінотрансфераза (*ALT*), u/l	12–54	**55,55 ± 4,980**	**58,17 ± 6,748**	2,62
Альфа-амілаза (*AMY*), u/l	до 3500	1799,62 ± 316,358	2103,58 ± 31,989	303,96
Аспартатамінотрасфераза, (*AST*), u/l	12–42	64,75 ± 10,759	48,39 ± 3,127	–16,36
Кальцій (*CALA*), mmol/l	2,0–3,0	2,34 ± 0,049	2,32 ± 0,023	–0,02
Холестерин (*CHOL*), mmol/l	1,1–3,4	2,81 ± 0,085	1,73 ± 0,025	–1,08**
Креатинін (*CRE*), umol/l	100–208	**91,84 ± 5,063**	141,45 ± 7,807	49,61**
Прямий білірубін (*DBILC*), umol/l	0–5,3	1,80 ± 0,261	0,79 ± 0,121	–1,01*
Гама-глутамілтрансфераза (*GGT20*), u/l	10–60	38,41 ± 9,974	41,61 ± 2,075	3,2
Глюкоза (*GLUC*)	2,5–8,1	3,15 ± 0,171	7,57 ± 1,357	4,42**
Фосфор (*PHOS*), mmol/l	1,5–3,2	**4,15 ± 0,099**	**3,80 ± 0,260**	–0,35
Залізо (*IRON*), umol/l	15–38	14,73 ± 4,865	15,32 ± 3,831	0,59
Магній (*MG*), mmol/l	0,74–1,32	1,05 ± 0,017	1,00 ± 0,074	–0,05
Загальний білірубін (*TBILG*), umol/l	0,1–6,84	**7,49 ± 0,952**	2,64 ± 0,262	–4,85***
Загальний білок (*TR*), g/l	50–85	54,24 ± 1,521	58,49 ± 1,611	4,25*
Вміст глобулінів (*GLB*)	20–35	29,80 ± 1,279	30,70 ± 1,946	0,9
Білковий коефіцієнт	0,8–1,2	0,82 ± 0,058	0,92 ± 0,073	0,1
Індекс де Рітіса	0,8–1,3	1,26 ± 0,370	0,84 ± 0,060	–0,42
Ca/P	1,2–1,8	**0,54 ± 0,024**	**0,60 ± 0,045**	0,06
Непрямий білірубін (*IdBILC*)	1,7–8,6	3,48 ± 0,772	3,56 ± 0,448	0,08

Примітки: * – $p \le 0,05$; ** – $p \le 0,01$; *** – $p \le 0,001$.

Аналогічна тенденція простежувалася і за вмістом загального білка, який у дослідній групі підвищився з 54,24 до 58,49 г/л (+4,25 г/л; +7,8 %; $p < 0,05$), тоді як концентрація глобулінів залишалася відносно стабільною (29,80 та 30,70 г/л відповідно). У результаті білковий коефіцієнт (*ALB*/*GLB*) зріс з 0,82 до 0,92, що наблизило його до оптимальних фізіологічних значень. Це свідчить про те, що зростання загального білка відбувалося переважно за рахунок альбумінової фракції, а не внаслідок неспецифічних запальних зрушень, що підтверджує стабілізувальний вплив добавки на функціональний стан печінки.

Пігментний обмін і активність печінкових ферментів. Найбільш виражені міжгрупові відмінності встановлено за показниками пігментного обміну. У контрольній групі вміст загального білірубіну становив 7,49 мкмоль/л, що перевищувало верхню межу норми (0,1–6,84 мкмоль/л). У дослідній групі цей показник знизився до 2,64 мкмоль/л, тобто на 4,85 мкмоль/л (–64,8 %; $p < 0,001$), з повною нормалізацією значень. Вміст прямого білірубіну також достовірно зменшився з 1,80 до 0,79 мкмоль/л (–56,1 %; $p < 0,05$), тоді як концентрація непрямого білірубіну істотно не змінювалася. Така конфігурація змін свідчить про покращення процесів утворення та виділення жовчі, а також про зниження функціонального навантаження на печінку.

Паралельно відзначено суттєве зниження активності лужної фосфатази з 173,34 од./л у контрольній групі до 115,85 од./л у дослідній (–33,2 %; $p < 0,01$). При цьому в контролі активність ферменту перевищувала референтні значення, тоді як у тварин, що отримували «Гепасорбекс», вона відповідала фізіологічній нормі, що додатково підтверджує гепатопротекторну та детоксикаційну дію добавки.

Активність аланінамінотрансферази в обох групах залишалася на рівні верхньої межі норми або незначно її перевищувала (55,55 та 58,17 од./л відповідно). Водночас активність аспартатамінотрансферази у дослідній

групі зменшилася з 64,75 до 48,39 од./л (–25,3 %). У результаті індекс де Рітіса знизився з 1,26 у контрольній групі до 0,84 у дослідній, що вказує на більш збалансоване співвідношення трансаміназ і зменшення метаболічного стресу гепатоцитів.

Вуглеводний і ліпідний обміни. Застосування добавки «Гепасорбекс» істотно вплинуло на показники вуглеводного обміну. Концентрація глюкози у сироватці крові зросла з 3,15 ммоль/л у контрольній групі до 7,57 ммоль/л у дослідній (+4,42 ммоль/л; +140,3 %; $p < 0,01$), залишаючись при цьому в межах фізіологічної норми (2,5–8,1 ммоль/л). Переміщення показника від нижньої до верхньої межі норми може свідчити про покращення енергетичного забезпечення організму ремонтних свинок на завершальному етапі вирощування.

Одночасно відзначено достовірне зниження вмісту холестерину з 2,81 до 1,73 ммоль/л (–38,4 %; $p < 0,01$), що вказує на нормалізацію ліпідного обміну та потенційне зменшення метаболічного навантаження на печінку.

Показники функціонального стану нирок та інтенсивності обміну. У контрольній групі концентрація креатиніну становила 91,84 мкмоль/л, що було нижче референтного інтервалу (100–208 мкмоль/л). У дослідній групі цей показник підвищився до 141,45 мкмоль/л (+54,0 %; $p < 0,01$), досягнувши фізіологічних значень. Така динаміка може відображати інтенсифікацію білкового та м'язового обміну, а не порушення функції нирок, оскільки інші показники не вказували на нефропатологію.

Мінеральний обмін і травні ферменти. Концентрації кальцію та магнію у крові ремонтних свинок обох груп перебували в межах норми та істотно не відрізнялися. Вміст фосфору був підвищеним у тварин обох груп, однак у дослідній групі спостерігалася тенденція до його зниження (4,15 проти 3,80 ммоль/л). Відповідно, співвідношення Ca/P дещо зросло з 0,54 до 0,60, хоча й залишалося нижчим за оптимальні значення. Важливо, що застосування «Гепасорбексу» не погіршувало показники мінерального обміну та сприяло їх частковій корекції.

Активність альфа-амілази у дослідній групі помірно зросла (1799,62 → 2103,58 од./л), залишаючись значно нижче верхньої межі норми, що може свідчити про активізацію травно-метаболічних процесів без ознак перевантаження підшлункової залози. Вміст заліза мав тенденцію до підвищення до нижньої межі норми, що також можна розцінювати як позитивний зсув.

Отже, включення комплексної кормової добавки «Гепасорбекс» у дозі 1500 г/т комбікорму асоціювалося з нормалізацією ключових біохімічних показників крові ремонтних свинок, насамперед тих, що характеризують функціональний стан печінки, інтенсивність білкового синтезу, пігментний, вуглеводний та ліпідний обміни. Отримані результати свідчать про зниження метаболічного навантаження на печінку та стабілізацію фізіологічного статусу тварин за умов інтенсивної технології вирощування.

Висновки. 1. Встановлено, що використання комплексної кормової добавки «Гепасорбекс» у дозі 1500 г/т комбікорму достовірно покращує синтетичну функцію печінки ремонтних свинок, що підтверджується підвищенням вмісту альбумінів у сироватці крові на 13,8 %, $p < 0,05$ та загального білка на 7,8 %, $p < 0,05$, за стабільного рівня глобулінів.

2. Застосування добавки забезпечує виражений позитивний вплив на пігментний обмін і функціональний стан печінки, що проявляється зниженням концентрації загального білірубіну на 64,8 %, $p < 0,001$ і прямого білірубіну з 1,80 до 0,79 мкмоль/л (–56,1 %; $p < 0,05$), а також нормалізацією активності лужної фосфатази (173,34 → 115,85 од./л; –33,2 %; $p < 0,01$).

3. Включення добавки «Гепасорбекс» сприяє стабілізації ферментативної активності печінки, що підтверджується зниженням активності аспартатамінотрансферази з 64,75 до 48,39 од./л (–25,3 %) та оптимізацією індексу Рітіса з 1,26 до 0,84, що свідчить про зменшення метаболічного стресу гепатоцитів.

4. Кормова добавка позитивно впливає на показники енергетичного та ліпідного обміну, зумовлюючи підвищення концентрації глюкози у межах фізіологічної норми та достовірне зниження вмісту холестерину з 2,81 до 1,73 ммоль/л (–38,4 %; $p < 0,01$), що свідчить про оптимізацію метаболічного профілю.

5. Застосування комплексної кормової добавки «Гепасорбекс» сприяє нормалізації інтенсивності обмінних процесів, що підтверджується підвищенням концентрації креатиніну з 91,84 до 141,45 мкмоль/л (+54,0 %; $p < 0,01$) до референтних значень без ознак порушення функціонального стану нирок, а також відсутністю негативного впливу на показники мінерального обміну.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на з'ясування механізмів дії комплексної кормової добавки «Гепасорбекс» на клітинному рівні, вивчення дозозалежного ефекту та тривалого впливу на відтворювальні ознаки ремонтних свинок. Перспективним є розширення спектра показників за рахунок імунологічних, гормональних і мікробіологічних маркерів, а також порівняльна та економічна оцінка ефективності добавки в умовах промислового свинарства.

Список використаних джерел

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С. С. Крамаренко, С. І. Луговий, А. В. Лихач, О. С. Крамаренко. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.

2. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. Київ : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf (дата звернення: 20.12.2025).

3. Ладика В. І., Хмельничий Л. М., Повод М. Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.

4. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І. І. Ібатуліна, О. М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.

5. Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України № 224 від 08.02.2021 «Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання». Зареєстр. від 18.02.2021 Міністерством юстиції України, № 206/35828.

6. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г. В. Проваторов, В. І. Ладика, Л. В. Бондарчук та ін. Суми : ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.

7. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень : монографія / В. Я. Лихач, Р. В. Фаустов, П. О. Шебанін, А. В. Лихач, Л. Г. Леньков. Миколаїв : Іліон. 2022. 275 с., 75 табл., 32 рис. URL: http://dglib.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/9332

8. Подобєд Л. Нейтралізувати мікотоксини. URL: https://agrotimes.ua/article/nejtralizuvaty-mikotoksyny/

9. Рєзніченко В. І., Леньков Л. Г., Лихач В. Я., Лихач А. В., Фаустов Р. В. Підвищення продуктивних ознак свиноматок за використання комплексного препарату «Гепасорбекс» в умовах промислової технології. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 42. С. 47–54. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.7

10. PIC – генетична компанія : вебсайт. URL: https://pic-ukraine.com.ua (дата звернення: 25.12.2025).

11. Bryden W. L. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implication of animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*. 2012. Vol. 173 (1–2). P. 134–158. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.014

12. Caisin L., Harea V., Bivol L. Using enterosorbent Praimix Alfasob in feeding growing piglets. *In: Scientific Papers, UASVM of Bucharest. Series D: Animal science*, LIV. 2011. P. 25–30. http://dspace.uasm.md/bitstream/handle/123456789/4504/07_caisin_25-30.pdf?sequence=1&isAllowed=y

13. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL (дата звернення: 04.12.2025).

14. Faustov R., Lykhach V., Lykhach A., Shpetny M., Lenkov L. Effect of a new complex mycotoxin adsorbent on growth performance, and serum levels of retinol, tocopherol and 25-hydroxycholecalciferol in pigs fed on mycotoxin-contaminated feed. *Online Journal of Animal and Feed Research*. 2022. Vol. 12(1). P. 107–113. DOI: https://dx.doi.org/10.51227/ojafr.2022.2

15. Holanda D. M., Kim S. W. Efficacy of mycotoxin detoxifiers on health and growth of newly-weaned pigs under chronic dietary challenge of deoxynivalenol. *Toxins*. 2020. Vol. 12(5). P. 311. DOI: https://doi.org/10.3390/toxins12050311

16. Kępińska-Pacelik J., Biel W. Alimentary Risk of Mycotoxins for Humans and Animals. *Toxins*. 2021. Vol. 13(11). P. 822. DOI: https://doi.org/10.3390/toxins13110822

17. Lykhach V., Lykhach A., Faustov R., Barkar Y., Lenkov L. The Effect of a New Complex Sorbent of Mycotoxins in Pigs Diets on Their Growth Performance. Fattening and Meat Traits. *Animal Science and Food Technology*. 2022. Vol. 13(2). P. 26–34. DOI: https://doi.org/10.31548/animal.13(2).2022.26-34

18. Piotrowska M. Microbiological Decontamination of Mycotoxins: Opportunities and Limitations. *Toxins*. 2021. Vol. 13(11). P. 819. DOI: https://doi.org/10.3390/toxins13110819

19. Stoycho D. Stoev. Food Safety and Increasing Hazard of Mycotoxin Occurrence in Foods and Feeds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013. Vol. 53(9). P. 887–901. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2011.571800

20. Welfare of pigs : monograph / V. Y. Lykhach, A. V. Lykhach, L. G. Lenkov, L. V. Chepil, E. V. Barkar. Mykolaiv : Ilyon, 2025. 435 p., 60 tables, 84 figures.

Lenkov L. G.
Candidate of Agricultural Sciences,
Doctoral Student at the Department of Animal Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *lenkov.leonid@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1596-6740*

EFFECT OF A COMPLEX FEED ADDITIVE WITH SORBENT AND HEPATOPROTECTIVE ACTION ON THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE BLOOD OF REPLACEMENT PIGS

Abstract

Intensive industrial pig farming increases the requirements for breeding replacement gilts, as their metabolic and physiological condition determines their future productivity as the main breeding stock. The liver and kidneys play a key role in homeostasis, and their function is objectively reflected in blood biochemical parameters. The aim was to evaluate the effect of the complex feed additive "Gepasorbex" at a dose of 1500 g/t of compound feed on the biochemical blood parameters of replacement gilts as integral markers of the functional state of the liver and the intensity of metabolic processes. The study was conducted on clinically healthy replacement sows of the Large White × Landrace combination, which were kept under industrial conditions at the Victoria private lease enterprise in the Bashtansky district of the Mykolaiv region. The animals were divided into a control group, which received a standard diet, and an experimental group, to which Gepasorbex was added to the diet, with 40 animals in each group. At 190 days of age, blood serum biochemical parameters were determined in five animals from each group. It was found that the use of Gepasorbex contributed to the improvement of the synthetic function of the liver, as confirmed by an increase in albumin content from 24.42 to 27.80 g/l ($p < 0.05$) and

total protein from 54.24 to 58.49 g/l ($p < 0.05$). A pronounced positive effect on pigment metabolism was observed: the concentration of total bilirubin decreased from 7.49 to 2.64 μmol/l ($p < 0.001$), direct bilirubin decreased from 1.80 to 0.79 μmol/l ($p < 0.05$), and alkaline phosphatase activity normalized (173.34 → 115.85 U/L; $p < 0.01$). The use of the supplement was accompanied by stabilization of liver enzyme activity, manifested by a decrease in aspartate aminotransferase activity and optimization of the de Ritis index (1.26 → 0.84). In the experimental group, there was an improvement in energy and lipid metabolism, in particular an increase in glucose concentration within the physiological norm and a decrease in cholesterol content by 38.4 % ($p < 0.01$). Creatinine concentration increased to reference values (91.84 → 141.45 μmol/l; $p<0.01$), indicating intensification of metabolic processes without signs of renal dysfunction. Therefore, the inclusion of the complex feed supplement "Gepasorbex" in the diets of replacement sows is advisable as an effective means of metabolic support and stabilization of the functional state of the liver in conditions of intensive pig farming.

Key words: *protein metabolism, blood biochemical parameters, feeding, feed additive, mineral metabolism, replacement pigs, pigs, technology, enzymatic activity, functional state of the organism.*

References

1. Kramarenko, S. S., Lugovoy, S. I., Lykhach, A. V. & Kramarenko, O. S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn [Analysis of biometric data in animal breeding and selection]*. Mykolayiv : MNAU, 211 [in Ukrainian].

2. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svynarski pidpryiemstva (kompleksy, fermy, mali fermy), VNTP-APK – 02.05 [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK – 02.05]*. Kyiv : Minahropolityky Ukrainy, 2005, 98. Retrieved from: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].

3. Ladyka, V. I., Khmelnychiy, L. M., Povod, M. G. (2023). *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]*. Odesa : Oldi+, 244 [in Ukrainian].

4. Ibatulin, I. I., Zhukorskyi, O. M. (2017). *Methodology and organization of scientific research in animal husbandry [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]*. Kyiv, 328 [in Ukrainian].

5. Nakaz Ministerstva rozvytku ekonomiky, torhivli ta silskoho hospodarstva Ukrainy № 224 vid 08.02.2021 r. "Pro zatverdzhennia vymoh do blahopoluchchia silskohospodarskykh tvaryn pid chas yikh utrymannia" [On approval of requirements for the welfare of farm animals during their keeping]. Zareiestr. vid 18.02.2021 Ministerstvom yustytsii Ukrainy № 206/35828 [in Ukrainian].

6. Provatorov, H. V., Ladyka, V. I., Bondarchuk, L. V., Provatorova, V. O. & Opara, V. O. (2007). *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn [Feeding rates, rations and feed nutrition for different types of farm animals]*. Sumy : TOV VDT "Universytetska knyha", 488 [in Ukrainian].

7. Lykhach, V. Ya., Faustov, R. V., Shebanin, P. O., Lykhach, A. V. & Lenkov, L. H. (2022). *Pidvyshchennia produktyvnosti svynei za vykorystannia suchasnoho henofondu ta innovatsiinykh tekhnolohichnykh rishen [Increasing pig productivity using modern gene pool and innovative technological solutions: monohraph]*. Mykolaiv : Ilion, 275 [in Ukrainian].

8. Podobied, L. Neitralizuvaty mikotoksyny [Neutralise mycotoxins]. Retrieved from: https://agrotimes.ua/article/nejtralizuvaty-mikotoksyny/ [in Ukrainian].

9. Reznychenko, V. I., Lenkov, L. H., Lykhach, V. Ya., Lykhach, A. V., & Faustov, R. V. (2024). Pidvyshchennia produktyvnykh oznak svynomatok za vykorystannia kompleksnoho preparatu "Hepasorbeks" v umovakh promyslovoi tekhnolohii [Increase in productive traits of sows using the komplex preparation "Gepasorbex" under industrial technology conditions]. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, (*42*), 47–54. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.7

10. PIC is a genetic company. Website. Retrieved from: https://pic-ukraine.com.ua

11. Bryden, W. L. (2012). Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implication of animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*. 173 (1–2), 134–158. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.014

12. Caisin, L., Harea, V., Bivol, L. (2011). Using enterosorbent Praimix Alfasob in feeding growing piglets. *In: Scientific Papers, UASVM of Bucharest. Series D: Animal science*, 25–30.

13. Council Directive 2008/120/EC. (2008, December). Retrieved from: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL

14. Faustov, R., Lykhach, V., Lykhach, A., Shpetny, M., Lenkov, L. (2022). Effect of a new complex mycotoxin adsorbent on growth performance, and serum levels of retinol, tocopherol and 25-hydroxycholecalciferol in pigs fed on mycotoxin-contaminated feed. *Online Journal of Animal and Feed Research*, 12(1), 107–113. https://dx.doi.org/10.51227/ojafr.2022.2

15. Holanda, D. M., Kim, S. W. (2020). Efficacy of mycotoxin detoxifiers on health and growth of newly-weaned pigs under chronic dietary challenge of deoxynivalenol. *Toxins*, 12(5), 311. https://doi.org/10.3390/toxins12050311

16. Kępińska-Pacelik J., Biel W. (2021). Alimentary Risk of Mycotoxins for Humans and Animals. *Toxins*, 13(11), 822. https://doi.org/10.3390/toxins13110822

17. Lykhach, V., Lykhach, A., Faustov, R., Barkar, Y., Lenkov, L. (2022). The Effect of a New Complex Sorbent of Mycotoxins in Pigs Diets on Their Growth Performance. Fattening and Meat Traits. *Animal Science and Food Technology*, 13(2), 26–34. https://doi.org/10.31548/animal.13(2).2022.26-34

18. Piotrowska, M. (2021). Microbiological Decontamination of Mycotoxins: Opportunities and Limitations. *Toxins*, 13(11), 819. https://doi.org/10.3390/toxins13110819

19. Stoycho, D. Stoev. (2013). Food Safety and Increasing Hazard of Mycotoxin Occurrence in Foods and Feeds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(9), 887–901. https://doi.org/10.1080/10408398.2011.571800

20. Lykhach, V. Y., Lykhach, A. V., Lenkov, L. G., Chepil, L. V., & Barkar, E. V. (2025). *Welfare of pigs*. Ilyon. 435 p.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 15.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.15:631.84:631.811(477.8)
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-18

М'ялковський Р. О.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *mialkovskyiro@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0791-4361*

Хмелянчишин Ю. В.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *hmelianchyshynyv@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2860-2065*

Плахтій Д. П.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри екології і загальнобіологічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *Loringswoe@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-2014-9748*

Лапчинський В. В.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *lapchynskyivv@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-8367-6334*

АГРОЕКОЛОГІЧНО ОБҐРУНТОВАНЕ АЗОТНО-МІКРОЕЛЕМЕНТНЕ ЖИВЛЕННЯ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

Підвищення продуктивності кукурудзи залишається одним з ключових завдань сучасного рослинництва, особливо в умовах Західного Лісостепу України, де кліматичні та ґрунтові умови обмежують реалізацію генетичного потенціалу гібридів. Одним із головних факторів, що визначають урожайність та якість зерна, є система живлення, зокрема забезпечення рослин достатньою кількістю азоту та мікроелементів. Недостатнє або неправильне внесення добрив призводить до зниження продуктивності та погіршення якості продукції, тоді як надмірне використання мінеральних добрив підвищує ризик негативного впливу на довкілля.

Мета дослідження полягала у визначенні ефективності різних варіантів азотно-мікроелементного живлення та стимуляторів росту на врожайність кукурудзи різних груп стиглості – Фернандо (ФАО 260), Лауро (ФАО 300) та Акустика (ФАО 350) у 2022–2024 роках. Результати досліджень показали, що контрольні ділянки без добрив мали найнижчу врожайність – 9,13–9,78 т/га. Внесення КАС 30 забезпечило приріст на 0,5–0,7 т/га, додавання цинку – додатково 0,2–0,3 т/га, а комплексне застосування КАС і стимулятора росту «Авангард Кукурудза» дало приріст до 1,0–1,2 т/га, демонструючи високу ефективність комбінованого живлення. Середньо- та пізньостиглі гібриди проявляли більший абсолютний приріст урожайності порівняно з ранньостиглим, проте внесення добрив мало більший практичний ефект, ніж генетичні відмінності. Статистичний аналіз підтвердив достовірність результатів, а максимальний ефект спостерігався у роки з оптимальними погодними умовами.

Раціональне азотно-мікроелементне живлення дозволяє підвищити врожайність і якість зерна, ефективно використовувати добрива та мінімізувати їх негативний вплив на довкілля. Таким чином, застосування комбінованої системи живлення, що включає КАС, мікроелементи та стимулятори росту, є ефективним та екологічно безпечним методом підвищення продуктивності кукурудзи в умовах Західного Лісостепу України, забезпечуючи синергію між агротехнічною ефективністю та збереженням природних ресурсів.

Ключові слова: *гібриди кукурудзи, дослідження технології, азотно-мікроелементне живлення, КАС, цинк, стимулятор росту.*

© М'ялковський Р. О., Хмелянчишин Ю. В., Плахтій Д. П., Лапчинський В. В., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Вступ. У сучасних умовах розвитку рослинництва підвищення продуктивності кукурудзи набуває особливої актуальності, оскільки кліматичні та ґрунтові особливості Західного Лісостепу України нерідко обмежують реалізацію потенційної врожайності гібридів [2, с. 100–101; 10, с. 7–8]. Одним із найважливіших факторів, що визначають урожайність та якість зерна, є система живлення, зокрема забезпечення рослин достатньою кількістю азоту та мікроелементів [4, с. 55; 8, с. 240]. Неправильне або недостатнє внесення добрив призводить до зниження продуктивності, порушення фізіологічних процесів у рослинах та погіршення якості продукції, тоді як надмірне використання мінеральних добрив підвищує ризик негативного впливу на довкілля та економічні витрати виробництва [6, с. 63; 11].

Сучасні агротехнології передбачають інтеграцію різних систем мінерального живлення та застосування стимуляторів росту для підвищення ефективності використання ресурсів і стабілізації урожайності за умов змінного агроклімату [7; 12]. Окремі аспекти живлення кукурудзи розглядаються у контексті взаємодії з мікроелементами та передпосівною обробкою насіння. Допосівна обробка насіння та позакореневе підживлення підвищують індивідуальну продуктивність рослин, що може слугувати додатковим ресурсом для оптимізації живлення у разі інтенсивних технологій вирощування, також підкреслюють важливість позакореневих підживлень у сучасних технологіях, особливо в умовах дефіциту вологи, що актуально для адаптації агротехнологій до змін клімату [9, с. 9–10].

У міжнародних дослідженнях значну увагу приділяють як фізіолого-біохімічним особливостям росту і розвитку рослин кукурудзи, так і впровадженню сучасних підходів до підвищення її продуктивності. Розглядаються можливості використання селекційних технологій для створення гібридів, стійких до абіотичних стресів, зокрема дефіциту вологи. Окремі наукові роботи присвячені вивченню механізмів адаптації кукурудзи до посушливих умов, а також впливу біологічних чинників на родючість ґрунту та формування врожаю.

Поєднання оптимальної системи удобрення з раціональним обробітком ґрунту сприяє підвищенню врожайності зерна кукурудзи та поліпшенню структури врожаю. Вплив елементів агротехніки, зокрема системи живлення та основного обробітку ґрунту, на продуктивність гібридів кукурудзи підтверджено результатами численних досліджень, які засвідчують суттєву залежність урожайності культури від вибору гібриду, норм добрив і умов мінерального живлення [12].

Мета досліджень – агроекологічно обґрунтувати ефективність азотно-мікроелементного живлення кукурудзи різних груп стиглості в умовах Західного Лісостепу України. Проведення науково обґрунтованих досліджень у цьому напрямі є необхідним для розробки ефективних і ресурсозберігаючих технологій вирощування кукурудзи, адаптованих до особливостей ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу України, що дозволить забезпечити стабільний та економічно доцільний рівень урожайності зернових гібридів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У наукових оглядах узагальнено сучасні підходи до технології вирощування кукурудзи, зокрема різні аспекти системи живлення рослин, що підтверджує актуальність комплексного підходу до формування удобрення в умовах кліматичних змін та просторової мінливості агрохімічних показників ґрунту [1, с. 32–34]. Водночас результати досліджень свідчать, що питання оптимізації азотного та мікроелементного живлення у поєднанні з іншими технологічними чинниками для гібридів кукурудзи різних груп стиглості залишаються не досить узагальненими та потребують подальшої адаптації до конкретних ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу України.

Проте ефективність конкретних комбінацій азотного та мікроелементного живлення для різних гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу не досить вивчена. Залишається актуальною проблема визначення оптимальних норм азотних добрив у поєднанні з мікроелементами та стимуляторами росту, що дозволило б підвищити продуктивність рослин, забезпечити раціональне використання агроресурсів та мінімізувати негативний вплив на довкілля [3, с. 51–53; 5, с. 106].

Польові дослідження, спрямовані на досягнення поставленої мети, проводили впродовж 2022–2024 рр. на базі ТзОВ «Емберіка», розташованого у с. Серафинці Коломийського району Івано-Франківської області. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений, типовий для лісостепової зони регіону та придатний для вирощування кукурудзи на зерно.

Дослід закладали за двофакторною схемою. Фактор А включав гібриди кукурудзи різних груп стиглості: Фернандо (ФАО 260), Лауро (ФАО 300) та Акустика (ФАО 350). Фактор В передбачав варіанти азотно-мікроелементного живлення: застосування КАС-30; КАС-30 у поєднанні з цинковмісним мікродобривом; КАС-30 у поєднанні з комплексним мікродобривом «Авангард Кукурудза».

Передпосівну культивацію проводили із внесенням КАС-30 у дозі 200 л/га (N_{77}) з обов'язковим загортанням у ґрунт. Зазначена норма азоту відповідала біологічним потребам гібридів кукурудзи різних груп стиглості та забезпечувала агроекологічно обґрунтоване азотне живлення культури. У варіантах з мікроелементним живленням цинк вносили у формі хелатного мікродобрива шляхом позакореневого підживлення посівів кукурудзи у фазі 5–7 листків у нормі 0,5 л/га. Мікродобриво «Авангард Кукурудза» вносили шляхом позакореневого підживлення двічі: перше підживлення – у фазі 3–4 листків, друге – у фазі 6–8 листків рослин кукурудзи. Норму препарату – 1,5 л/га, робочого розчину 250 л/га на кожну обробку (табл. 1).

Дослідження урожайності трьох гібридів кукурудзи різних груп стиглості – Фернандо (ФАО 260), Лауро (ФАО 300) та Акустика (ФАО 350) – у 2022–2024 роках показали, що оптимізація азотно-мікроелементного живлення дозволяє одночасно підвищити продуктивність рослин і мінімізувати негативний вплив агротехнічних

Таблиця 1. Схема досліду

Фактор А	Фактор В
ФЕРНАНДО (ФАО 260)	КАС 30
Лауро (ФАО 300)	КАС 30 + Zn
Акустика (ФАО 350)	КАС + Авангард Кукурудза

заходів на довкілля. Контрольні ділянки без внесення добрив продемонстрували найнижчу середню врожайність (від 9,13 до 9,78 т/га), що відображає базовий потенціал ґрунту та рослин без додаткового живлення.

Внесення КАС 30 забезпечило стабільне підвищення продуктивності всіх досліджуваних гібридів на 0,5–0,7 т/га. Це підтверджує важливість збалансованого азотно-калійного живлення: азот стимулює фотосинтез та синтез білка, а калій підвищує водоутримувальні властивості рослин і стійкість до стресових умов. Додавання цинку (Zn) сприяло подальшому підвищенню урожайності на 0,2–0,3 т/га. Цинк є ключовим мікроелементом, що активує ферментативні процеси, підвищує синтез ауксинів та сприяє розвитку генеративних органів, що важливо для формування високого врожаю.

Найбільш помітний приріст урожайності спостерігався у разі комплексного внесення КАС і стимулятора росту «Авангард Кукурудза», що дозволило досягти середніх показників від 10,31 т/га у гібриду Фернандо до 10,94 т/га у гібриду Акустика. Стимулятори росту, завдяки амінокислотам, гуміновим і фульвокислотам, активізують обмін речовин, підвищують стійкість до стресу та оптимізують розвиток кореневої системи, що сприяє ефективному засвоєнню поживних речовин.

Порівняльний аналіз довів, що середньо- та пізньостиглі гібриди Лауро та Акустика мали вищий абсолютний приріст урожайності порівняно з ранньостиглим гібридом Фернандо, що пояснюється тривалішим періодом вегетації та більшою здатністю використовувати добрива. Усі гібриди демонстрували максимальний ефект у 2023–2024 роках, коли погодні умови були сприятливими для росту кукурудзи, що підкреслює взаємодію агротехнічних заходів із кліматичними факторами (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність зерна кукурудзи залежно від азотно-мікроелементного живлення, т/га

Фактор А	Фактор В	2022	2023	2024	середнє
ФЕРНАНДО ФАО 260	контроль	8,75	9,39	9,26	9,13
	КАС 30	9,33	10,01	9,88	9,74
	КАС 30 + Zn	9,61	10,31	10,17	10,03
	КАС + Авангард Кукурудза	9,98	10,56	10,40	10,31
Лауро ФАО 300	контроль	8,98	9,64	9,52	9,38
	КАС 30	9,55	10,25	10,11	9,97
	КАС 30 + Zn	9,73	10,55	10,41	10,23
	КАС + Авангард Кукурудза	9,89	10,69	10,61	10,40
АКУСТИКА ФАО 350	контроль	9,36	10,05	9,92	9,78
	КАС 30	10,05	10,78	10,64	10,49
	КАС 30 + Zn	10,32	11,07	10,94	10,78
	КАС + Авангард Кукурудза	10,44	11,23	11,15	10,94
$HIP_{0,5}$	*A*	*0,23*	*0,36*	*0,67*	*0,2*
	B	*0,38*	*0,26*	*0,29*	*0,2*

Статистичний аналіз підтвердив достовірність результатів: різниця між варіантами внесення добрив (фактор А) становила 0,23–0,67 т/га, а вплив гібридів (фактор В) – 0,26–0,38 т/га. Отримані результати свідчать, що генетичні особливості гібридів кукурудзи визначають базовий рівень їх продуктивності, тоді як екологічно збалансована система живлення має більш суттєвий практичний ефект. Особливо виражений позитивний вплив спостерігався за поєднання передпосівного внесення КАС-30 з позакореневим застосуванням мікроелементів, зокрема цинку у хелатній формі та комплексного мікродобрива «Авангард Кукурудза», що забезпечувало оптимізацію азотно-мікроелементного живлення рослин. Дослідженнями встановлено, що оптимізація азотно-мікроелементного живлення дозволяє: підвищити врожайність і якість зерна; зменшити втрати поживних речовин у довкілля та мінімізувати ризик забруднення ґрунтових і поверхневих вод; зберегти родючість ґрунту та стабільність агроекосистем; економічно ефективно використовувати добрива.

Контрастні погодні умови 2024 року нівелювали вплив фактора А, що призвело до відсутності статистично значущої різниці між варіантами.

Таким чином, дослідження підтверджують, що раціональне і екологічно збалансоване застосування КАС, мікроелементів та стимуляторів росту є ключовим фактором підвищення продуктивності кукурудзи в умовах Західного Лісостепу України, забезпечуючи синергію між ефективністю агротехніки та збереженням природних ресурсів.

Висновки. Дослідження показали, що оптимізація азотно-мікроелементного живлення кукурудзи суттєво підвищує продуктивність рослин і забезпечує екологічну безпеку агроекосистем. Внесення КАС 30 збільшує врожайність порівняно з контролем, додавання цинку та використання стимулятора росту Авангард Кукурудза забезпечують додатковий приріст до 1,0–1,2 т/га. Середньо- та пізньостиглі гібриди демонструють більший абсолютний приріст урожайності, проте внесення добрив має більш суттєвий практичний ефект, ніж генетичні відмінності. Раціональне живлення дозволяє підвищити якість зерна, ефективно використовувати поживні речовини та мінімізувати їх втрати у довкілля. Максимальна ефективність спостерігалася у роки з оптимальними погодними умовами, що підкреслює важливість інтеграції агротехнічних заходів із кліматичними факторами. Таким чином, застосування комбінованої системи живлення, що включає КАС, мікроелементи та стимулятори росту, є ефективним способом підвищення врожайності кукурудзи за одночасного збереження родючості ґрунтів та екологічної безпеки.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на уточнення оптимальних норм і строків внесення азотно-мікроелементних композицій з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей Західного Лісостепу. Важливим є також вивчення довготривалого впливу комбінованих систем живлення на показники родючості ґрунту та мікробіологічну активність. Доцільним є розширення досліджень у напрямі адаптації технологій до змін клімату та впровадження елементів точного землеробства.

Список використаних джерел

1. Гаврюшенко О. О., Рудас В. О. Вплив деяких елементів технології вирощування на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142(1). С. 30–35. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.5

2. Єремко Л. С., Кирлиця А. О. Формування продуктивності кукурудзи залежно від мінерального удобрення і густоти посіву. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 143(1). С. 98–105. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.12

3. Забарна Т. А., Броннікова Л. Ф., Остапчук Р. В. Вплив рівнів мінерального живлення на індивідуальну продуктивність та урожайність різностиглих гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 142(1). С. 49–59. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.8

4. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 52–58. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06

5. Молдован Ж. А., Собчук С. І. Оцінка показників індивідуальної продуктивності рослин кукурудзи за допосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2018. № 2(1). С. 101–108. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0014

6. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакореневих підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-5

7. Хмелюк О. Система удобрення кукурудзи. *LNZ Group*. URL: https://www.lnz.com.ua/news/sistema-udobrenna-kukurudzi (дата звернення: 20.12.2025).

8. Цилюрик О. І., Сологуб І. М. Регулятори росту в посівах кукурудзи Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. С. 237–248. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.29

9. Юрченко С. О., Шакалій С. М., Баган А. В. Формування продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи за групами стиглості. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 7–11. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1

10. Юрченко С. О., Шакалій С. М., Баган А. В., Іващенко В. М., Бараболя О. В., Покотило А. В. Формування біометричних показників та рівня врожайності гібридів кукурудзи за групами стиглості. *Зрошуване землеробство*. 2022. № 77. С. 5–8. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1

11. Rasheed A., Jie H., Ali B., He R., Zhao L., Ma Y., Xing H., Qari S.H., Hassan M.U., Hamid M.R., Jie Y. Breeding drought-tolerant maize (*Zea mays*) using molecular breeding tools: Recent advancements and future prospective. *Agronomy*. 2023. Vol. 13(6). P. 1459. https://doi.org/10.3390/agronomy13061459

12. Sheoran S., Kaur Y., Kumar S., Shukla S., Rakshit S., Kumar R. Recent advances for drought stress tolerance in maize (Zea mays *L.*): Present status and future prospects. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 872566. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.872566

13. Shkatula Yu., Matsera O., Zabarna T. The application of different fertilizer system for the formation of corn (*Zea mays*) hybrids grain productivity. *Agriculture and Forestry*. 2022. Vol. 4(27). P. 25–40. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-4-3

Myalkovsky R. O.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *mialkovskyiro@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-0791-4361*

Khmelianchyshyn Yu. V.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at Plant Growing, Breeding and Seed Production Department,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *hmelianchyshynyv@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2860-2065*

Plahtiy D. P.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Ecology and General Biological Disciplines,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *Loringswoe@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-2014-9748*

Lapchynskyi V. V.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *lapchynskyivv@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-8367-6334*

AGROECOLOGICALLY SUBSTANTIATED NITROGEN AND MICRONUTRIENT NUTRITION OF MAIZE UNDER THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Abstract

Increasing maize productivity remains one of the key tasks of modern crop production, especially in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine, where climatic and soil conditions limit the realization of the genetic potential of hybrids. One of the main factors determining yield and grain quality is the nutrition system, particularly the provision of sufficient nitrogen and micronutrients. Insufficient or improper fertilizer application leads to reduced productivity and lower product quality, while excessive use of mineral fertilizers increases the risk of negative environmental impact.

The aim of the study was to determine the effectiveness of different nitrogen-micronutrient nutrition options and growth stimulators on the yield of maize hybrids of different maturity groups – Fernando (FAO 260), Lauro (FAO 300), and Acustica (FAO 350) – during 2022–2024. The results showed that control plots without fertilization had the lowest yields, ranging from 9.13 to 9.78 t/ha. Application of UAN 30 increased yields by 0.5–0.7 t/ha, zinc addition provided an additional 0.2–0.3 t/ha, and the combined application of UAN and the growth stimulator "Avangard Maize" resulted in a yield increase of 1.0–1.2 t/ha, demonstrating the high efficiency of combined nutrition. Medium- and late-maturing hybrids showed a greater absolute yield increase compared to the early-maturing hybrid, although fertilization had a more significant practical effect than genetic differences. Statistical analysis confirmed the reliability of the results, with the maximum effect observed in years with optimal weather conditions.

Balanced nitrogen-micronutrient nutrition allows for increased yield and grain quality, efficient use of fertilizers, and minimization of their negative environmental impact. Thus, the application of a combined nutrition system, including UAN, micronutrients, and growth stimulators, is an effective and environmentally safe method for increasing maize productivity in the Western Forest-Steppe of Ukraine, ensuring synergy between agricultural efficiency and natural resource conservation.

Key words: *maize hybrids, cultivation technology research, nitrogen-micronutrient nutrition, UAN, zinc, growth regulator.*

References

1. Havriushenko, O. O., & Rudas, V. O. (2025). Vplyv deiakykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na produktyvnist hibrydiv kukurudzy v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Influence of some cultivation technology elements on maize hybrid productivity in the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 142(1), 30–35. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.5 [in Ukrainian].

2. Yeremko, L. S., & Kyrlytsia, A. O. (2025). Formuvannia produktyvnosti kukurudzy zalezhno vid mineralnoho udobrennia i hustoty posivu [Formation of maize productivity depending on mineral fertilization and plant density]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 143(1), 98–105. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.12 [in Ukrainian].

3. Zabarna, T. A., Bronnikova, L. F., & Ostapchuk, R. V. (2025). Vplyv rivniv mineralnoho zhyvlennia na indyvidualnu produktyvnist ta urozhainist riznostyhlykh hibrydiv kukurudzy [Influence of mineral nutrition levels on individual productivity and yield of maize hybrids of different maturity]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 142(1), 49–59. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.8 [in Ukrainian].

4. Len, O. I., Totskyi, V. M., Hanhur, V. V., & Yeremko, L. S. (2021). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnoho obrobitku gruntu na produktyvnist hibrydiv kukurudzy [Influence of fertilization system and primary tillage on maize hybrid productivity]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 2, 52–58. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06 [in Ukrainian].

5. Moldovan, Zh. A., & Sobchuk, S. I. (2018). Otsinka pokaznykiv indyvidualnoi produktyvnosti roslyn kukurudzy za doposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenevoho pidzhyvlennia [Assessment of individual productivity indicators of maize plants under pre-sowing seed treatment and foliar fertilization]. *Zernovi kultury*, *2*(1), 101–108. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0014 [in Ukrainian].

6. Palamarchuk, V. D., & Demchuk, B. S. (2021). Rol pozakorenevykh pidzhyvlen u suchasnykh tekhnolohiiakh vyroshchuvannia zernovoi kukurudzy [The role of foliar fertilization in modern grain maize cultivation technologies]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 20, 60–76. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-5 [in Ukrainian].

7. Khmeluk, O. (n.d.). Systema udobrennia kukurudzy [Maize fertilization system]. *LNZ Group*. Retrieved from: https://www.lnz.com.ua/news/sistema-udobrenna-kukurudzi (data zvernennia: 20.12.2025) [in Ukrainian].

8. Tsyliuryk, O. I., & Solohub, I. M. (2023). Rehuliatory rostu v posivakh kukurudzy Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Growth regulators in maize crops of the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 132, 237–248. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.29 [in Ukrainian].

9. Yurchenko, S. O., Shakalii, S. M., & Bahan, A. V. (2022). Formuvannia produktyvnoho potentsialu hibrydiv kukurudzy za hrupamy styhlosti [Formation of productive potential of maize hybrids by maturity groups]. *Ahrarni innovatsii*, 13, 7–11. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1 [in Ukrainian].

10. Yurchenko, S. O., Shakalii, S. M., Bahan, A. V., Ivashchenko, V. M., Barabolia, O. V., & Pokotylo, A. V. (2022). Formuvannia biometrchnykh pokaznykiv ta rivnia vrozhainosti hibrydiv kukurudzy za hrupamy styhlosti [Formation of biometric indicators and yield level of maize hybrids by maturity groups]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 77, 5–8. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1 [in Ukrainian].

11. Rasheed, A., Jie, H., Ali, B., He, R., Zhao, L., Ma, Y., Xing, H., Qari, S. H., Hassan, M. U., Hamid, M. R., & Jie, Y. (2023). Breeding drought-tolerant maize (*Zea mays*) using molecular breeding tools: Recent advancements and future prospective. *Agronomy*, 13(6), 1459. https://doi.org/10.3390/agronomy13061459

12. Sheoran, S., Kaur, Y., Kumar, S., Shukla, S., Rakshit, S., & Kumar, R. (2022). Recent advances for drought stress tolerance in maize (*Zea mays L.*): Present status and future prospects. *Frontiers in Plant Science*, 13, 872566. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.872566

13. Shkatula, Yu., Matsera, O., & Zabarna, T. (2022). The application of different fertilizer systems for the formation of corn (*Zea mays*) hybrids grain productivity. *Agriculture and Forestry*, 4(27), 25–40. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-4-3

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 05.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 09.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 635.042
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-19

Овчарук В. І.
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *plspg@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2115-0916*

Сенченко Є. О.
аспірант кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *yevhenii.senchenko@gmail.com*
ORCID: *0009-0000-4483-1023*

ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОЗИМОГО ЧАСНИКУ

Анотація

Підвищення врожайності озимого часнику є одним із пріоритетних напрямів розвитку овочівництва України, оскільки ця культура має високу продовольчу, лікувально-профілактичну та експортну цінність. За умов змін клімату та нестабільності погодних факторів особливої актуальності набуває вдосконалення технології вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіонів. Недостатня адаптація агротехнічних заходів до конкретних умов господарства призводить до погіршення перезимівлі рослин, зниження польової схожості, формування дрібних цибулин та зменшення товарної врожайності. У зв'язку з цим виникає необхідність наукового обґрунтування комплексу прийомів, що забезпечують стабільне формування високопродуктивних насаджень озимого часнику.

Дослідження проводилося методом польового багатофакторного експерименту з варіюванням строків садіння, глибини загортання зубків, схем розміщення рослин та систем мінерального живлення. Дослід закладали за загальноприйнятими методиками овочівництва з дотриманням принципів повторності та випадковості розміщення варіантів. У процесі вегетації визначали біометричні показники рослин, ступінь перезимівлі, інтенсивність росту. Після збирання врожаю здійснювали структурний аналіз: масу цибулини, кількість і масу зубків, частку товарної продукції. Статистичну обробку результатів проведено методом дисперсійного аналізу з визначенням рівня достовірності отриманих даних.

За результатом дослідження встановлено, що оптимальні строки садіння сприяють формуванню добре розвиненої кореневої системи восени та забезпечують високий відсоток перезимівлі рослин. Раціональна глибина загортання зубків позитивно впливає на вирівняність сходів і стійкість до несприятливих зимових умов. Найвищі показники врожайності отримано за поєднання оптимального строку садіння з удосконаленою схемою розміщення рослин та збалансованою системою мінерального живлення. Застосування рекомендованих норм добрив сприяло збільшенню середньої маси цибулини, підвищенню частки товарної продукції та покращенню її якісних характеристик. Визначено найбільш ефективний комплекс агротехнічних прийомів, який забезпечує стабільне зростання продуктивності культури.

За результатом дослідження науково обґрунтовано доцільність комплексної оптимізації строків садіння, глибини загортання зубків, схеми розміщення рослин та системи удобрення. Їх поєднання дозволяє підвищити врожайність, покращити товарні та якісні показники продукції й забезпечити зростання економічної ефективності вирощування озимого часнику в умовах Південно-Західного Лісостепу України.

Ключові слова: *озимий часник, агротехнічні прийоми, врожайність, строки садіння, глибина загортання, удобрення, продуктивність, товарна якість.*

Вступ. Озимий часник (Allium sativum L.) є цінною овочевою культурою, яка широко використовується у харчовій промисловості, медицині та переробній галузі. В умовах сучасного овочівництва особливої актуальності набуває підвищення врожайності культури за рахунок оптимізації агротехнічних прийомів вирощування. Продуктивність озимого часнику значною мірою залежить від строків сівби, глибини загортання посадкового матеріалу, густоти стояння рослин, системи удобрення та фітосанітарного захисту [1].

В умовах кліматичних змін і нестабільного зволоження виникає необхідність удосконалення елементів технології вирощування, що забезпечують формування високої товарної врожайності при мінімальних виробничих витратах. Саме тому дослідження впливу окремих агротехнічних факторів на продуктивність озимого часнику є актуальним і має практичне значення [9].

Вирощування озимого часнику в Україні набуває все більшої актуальності завдяки стабільності ціни та ранньому дозріванню цієї культури. Часник уже понад 10 років демонструє стабільний ціновий тренд. Зокрема,

© Овчарук В. І., Сенченко Є. О., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

середня вартість однієї тони в доларовому еквіваленті зросла з 765 доларів США у 2015 році до 1 327 доларів США у 2025 році [3].

Озимий часник має низку важливих агротехнічних переваг. Зокрема, ця культура першою звільняє поле, що створює можливість отримати другий урожай за сезон. Окрім цього, часник стійкий до весняних приморозків, що є суттєвою перевагою в умовах українського клімату, зокрема Південно-Західного Лісостепу України.

Вирощування часнику без зрошення також можливе – за умови правильного вибору ділянки, наприклад, у низині. Проте використання зрошення здатне значно підвищити ефективність виробництва [2].

У наукових працях вітчизняних і зарубіжних дослідників зазначається, що врожайність озимого часнику значною мірою визначається строками садіння та якістю посадкового матеріалу. Оптимальні строки сівби забезпечують формування добре розвиненої кореневої системи до настання зимового періоду, що позитивно впливає на перезимівлю рослин [5].

Дослідження показують, що глибина загортання зубків у межах 8–10 см сприяє кращому укоріненню та захисту від вимерзання. Водночас надмірне заглиблення може затримувати появу сходів і знижувати енергію росту.

Дослідженнями встановлено, що інтенсивність галуження рослин значною мірою визначається запасами поживних речовин у посадковому матеріалі, на що, в свою чергу, впливає збалансоване мінеральне живлення, яке забезпечує оптимальні умови росту та розвитку рослин. Існує пряма залежність між масою сформованої цибулини та масою садивного зубка, а також сорту озимого часнику [5; 10].

Разом з тим, ефективність агротехнічних прийомів значною мірою залежить від конкретних ґрунтово-кліматичних умов, що зумовлює необхідність проведення локальних досліджень.

Мета дослідження. Метою дослідження було визначення впливу комплексу агротехнічних прийомів на продуктивність озимого часнику та встановлення їх ефективності в умовах конкретного господарства.

Для досягнення поставленої мети передбачалося:

– оцінити вплив строків сівби на формування врожаю;
– визначити ефективність обраної глибини загортання;
– проаналізувати вплив густоти стояння рослин;
– дослідити роль мінерального удобрення; та
– встановити рівень урожайності культури.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилося в умовах польового досліду на сільськогосподарських угіддях із типовими для зони вирощування ґрунтово-кліматичними умовами. Ґрунт дослідної ділянки характеризується достатнім рівнем природної родючості та сприятливими агрофізичними показниками для вирощування овочевих культур. Реакція ґрунтового розчину була близькою до нейтральної, що відповідає біологічним вимогам озимого часнику.

Попередником культури була озима пшениця, що відповідає принципам науково обґрунтованої сівозміни та сприяє зниженню фітосанітарного навантаження. Після збирання попередника проводили лущення стерні з метою знищення падалиці та проростаючих бур'янів. Основний обробіток ґрунту включав оранку із наступним вирівнюванням поверхні поля та передпосадковою культивацією.

Посадку озимого часнику здійснювали 20 вересня, що відповідає оптимальним строкам сівби для формування кореневої системи до настання стійких морозів [5; 8].

Норма висіву посадкового матеріалу становила 9 кг на 0,01 га. Для садіння використовували вирівняний за фракцією посадковий матеріал, що характеризувався такими біометричними показниками: діаметр цибулини – 5 см; середня маса головки – 70 г; довжина зубка – 3 см; середня маса зубка – 8 г; кількість зубків у головці – 5–6 великих. Перед висаджуванням зубки відокремлювали вручну, проводили їх калібрування та візуальний відбір здорового матеріалу без механічних пошкоджень і ознак ураження хворобами. З метою профілактики грибкових інфекцій посадковий матеріал обробляли дозволеним фунгіцидним протруйником відповідно до регламенту застосування.

Садіння проводили вручну рядковим способом із дотриманням заданої схеми розміщення рослин. Глибина загортання зубків становила 10 см, що забезпечувало захист від вимерзання та оптимальні умови для формування кореневої системи. Відстань між рослинами в рядку складала 10 см, міжряддя – 40 см. Обрана схема розміщення відповідала біологічним особливостям озимого часнику та забезпечувала оптимальну площу живлення для формування листкового апарату й повноцінних цибулин. Така густота стояння рослин сприяла раціональному використанню елементів мінерального живлення, ґрунтової вологи та світлових ресурсів, одночасно зменшуючи рівень внутрішньовидової конкуренції. Достатня ширина міжрядь створювала сприятливі умови для циркуляції повітря в агроценозі, що позитивно впливало на фітосанітарний стан посівів. Покращена аерація знижувала ризик розвитку грибкових захворювань, зокрема фузаріозу, білої гнилі та пероноспорозу, які є одними з найбільш поширених і шкідливих для культури часнику. Крім того, запропонована схема розміщення рослин забезпечувала можливість ефективного міжрядного обробітку ґрунту, контролю бур'янів та проведення агротехнічних заходів упродовж вегетації. У комплексі це сприяло формуванню вирівняних за розміром цибулин, підвищенню врожайності та покращенню товарних показників продукції.

Система удобрення передбачала внесення мінеральних добрив з урахуванням біологічних особливостей культури. Восени під основний обробіток ґрунту вносили нітроамофоску в нормі 3 кг на 0,01 га, що забезпечувало

стартове живлення рослин фосфором і калієм та сприяло розвитку кореневої системи. Навесні, у фазі активного відростання листків, проводили підживлення карбамідом у нормі 2 кг на 0,01 га. Азотне підживлення сприяло наростанню вегетативної маси та формуванню повноцінних цибулин [6].

Догляд за посівами включав комплекс агротехнічних і хімічних заходів. Рано навесні проводили боронування легкими боронами для руйнування ґрунтової кірки та покращення повітряного режиму. Упродовж вегетації здійснювали міжрядні розпушування з метою знищення бур'янів і підтримання оптимальної структури ґрунту. За потреби застосовували систему захисту рослин, що включала використання гербіцидів проти однорічних і багаторічних бур'янів, фунгіцидів проти грибкових хвороб та інсектицидів проти основних шкідників. Обробки проводили згідно з фазами розвитку культури та економічним порогом шкодочинності [4].

Протягом вегетаційного періоду здійснювали фенологічні спостереження за рослинами, фіксували строки появи сходів, інтенсивність росту листків, формування стрілок та достигання. Проводили морфометричні вимірювання: визначали висоту рослин, кількість листків, довжину та ширину листкової пластинки. Оцінювали стан перезимівлі шляхом підрахунку кількості збережених рослин навесні [12].

Облік урожаю проводили методом суцільного збирання з облікової площі з наступним зважуванням продукції. Після викопування цибулини просушували та очищали від ґрунту. Визначали загальну врожайність, середню масу цибулини, кількість зубків у головці, а також частку товарної продукції відповідно до стандартних вимог. До товарної відносили здорові, добре сформовані цибулини без механічних пошкоджень та ознак хвороб [8; 11].

Отримані експериментальні дані піддавали статистичній обробці з використанням методів варіаційної статистики. Визначали середні значення показників, похибку досліду та коефіцієнт варіації. Достовірність відмінностей між варіантами оцінювали за допомогою дисперсійного аналізу.

За результатами проведеного польового досліду встановлено, що застосована технологія вирощування забезпечила врожайність озимого часнику на рівні 100 кг з 0,01 га, що відповідає 10 т/га у перерахунку на гектар. Такий показник свідчить про високий рівень реалізації біологічного потенціалу культури за умов оптимального поєднання строків садіння, глибини загортання, системи удобрення та захисту рослин.

Ранній строк садіння (20 вересня) забезпечив формування розвиненої кореневої системи восени. До настання стійких холодів рослини утворили 3–4 листки та добре укорінилися, що позитивно вплинуло на перезимівлю. Отриманий рівень перезимівлі (96,7 %) свідчить про високу ефективність обраної глибини загортання 10 см, що створила надійний захист зубків від вимерзання. Показник випадіння рослин не перевищував 3,3 %, що є допустимим для культури.

У період активної вегетації відзначено інтенсивний ріст листкової поверхні, що забезпечило ефективний фотосинтез і формування повноцінних цибулин.

Використання якісного посадкового матеріалу з масою зубка 8 г забезпечило формування вирівняних за розміром цибулин середньою масою 70 г та діаметром 5 см, що відповідає товарним стандартам.

Структурний аналіз урожаю показав, що основна частка продукції відповідала товарній якості. Частка товарної продукції становила 94 %, що зумовлено застосуванням якісного посадкового матеріалу та ефективної системи захисту рослин. Нетоварні цибулини характеризувалися незначними механічними пошкодженнями або меншою масою.

Осіннє внесення нітроамофоски сприяло активному розвитку кореневої системи та закладанню генеративних органів. Весняне підживлення карбамідом активізувало наростання листкової маси та сприяло формуванню більшої маси цибулин. Застосування системи мінерального живлення забезпечило підвищення врожайності на 15 %, що підтверджує її ефективність.

Застосування засобів захисту рослин дозволило мінімізувати ураження хворобами та шкідниками, що сприяло збереженню врожаю [7]. Зокрема, Застосування гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів дозволило підтримувати фітосанітарний стан посівів на високому рівні. Ураження грибковими хворобами не перевищувало 2–3 %, пошкодження шкідниками – до 1 %, що не мало істотного впливу на формування врожаю.

Таким чином, отримані результати свідчать, що ранній строк садіння, оптимальна глибина загортання зубків, якісний посадковий матеріал, збалансована система удобрення та захисту рослин забезпечили формування врожайності на рівні 100 кг з 0,01 га з високою часткою товарної продукції.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило, що комплекс агротехнічних прийомів суттєво впливає на формування врожайності озимого часнику. Застосування строку садіння 20 вересня забезпечило належний розвиток кореневої системи до настання зимового періоду та сприяло успішній перезимівлі рослин. Глибина загортання зубків 10 см виявилася оптимальною для захисту посадкового матеріалу від вимерзання та формування вирівняних сходів. Обрана схема розміщення рослин 10 × 40 см створила сприятливі умови живлення та забезпечила раціональне використання площі. Використання якісного посадкового матеріалу з масою зубка 8 г сприяло формуванню товарних цибулин середньою масою 70 г і діаметром 5 см. Внесення нітроамофоски восени та карбаміду навесні позитивно вплинуло на ріст, розвиток рослин і підвищення продуктивності культури. Застосування системи захисту рослин дозволило мінімізувати втрати від бур'янів, хвороб і шкідників. У результаті впровадження зазначених агротехнічних заходів отримано врожайність 100 кг з 0,01 га, що свідчить про ефективність застосованої технології вирощування озимого часнику.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні впливу різних норм та співвідношень елементів мінерального живлення на формування врожайності й якісних показників продукції озимого часнику в умовах змін клімату. Доцільним є також дослідження ефективності використання біологічних препаратів та елементів органічного землеробства з метою підвищення екологічної безпечності технології. Крім того, перспективним напрямом є економічна оцінка різних технологічних моделей вирощування для обґрунтування найбільш рентабельних виробничих рішень.

Список використаних джерел

1. Барабаш О. Ю. Овочівництво: Підручник. К. : Вища шк., 1994. 374 с. : іл. ISBN 5-11-003617-9.
2. Вдовенко С. А., Самохвал В. О. Особливість застосування біопрепаратів під час вирощування озимого часнику. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 1 (36). С. 191–206. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-1-14
3. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. URL: https://stat.gov.ua
4. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. 591 с. URL: https://buklib.net/books/21965/ (дата звернення: 26.01.2026).
5. Мельник О. В., Митенко І. М. Вирощування часнику озимого: рекомендації. Київ: Аграрна наука, 2020. 52 с.
6. Піддубна А. М. Вплив мінерального удобрення ґрунтів на накопичення важких металів та мікроелементів озимим часником. *Таврійський науковий вісник. Серія : Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136, ч. 2. С. 98–104. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.13
7. Пузік Л. М., Пузік В. К., Артьомов М. П., Гайова Л. О., Філімонова О. І. Вплив погодних умов вегетаційного періоду, строків посадки та особливостей сорту на ріст і розвиток рослин часнику озимого. *Інженерія природокористування.* 2020. № 2 (16). С. 19–24. DOI: https://doi.org/10.37700/enm.2020.2(16).19-24
8. Сич З. Д., Кубрак С. М. Оцінювання сортів і місцевих форм часнику озимого за господарсько цінними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу України. *Агробіологія : збірник наукових праць*. 2020. № 1. С. 169–174. DOI: https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174
9. Улянич О. І., Шевчук К. М., Остапенко Н. О. Підживлення часнику озимого – основа високої врожайності. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 110, Ч. 1. С. 181–187. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.22
10. Улянич О. І., Яценко В. В., Шевчук К. М., Остапенко Н. О. Ріст і урожайність часнику залежно від сорту в Правобережному Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2020. Вип. 97, ч. 1. С. 249–259. DOI: https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-97-1-249-259
11. Brewster J. L. Onions and other vegetable alliums. 2nd ed. Wallingford : CABI Publishing, 2008. 432 p. DOI: https://doi.org/10.1079/9781845933999.0000
12. FAO. FAOSTAT statistical database. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. URL: https://www.fao.org/faostat (дата звернення: 26.01.2026).

Ovcharuk V. I.
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *plspg@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2115-0916*

Senchenko Ye. O.
Postgraduate student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *yevhenii.senchenko@gmail.com*
ORCID: *0009-0000-4483-1023*

THE INFLUENCE OF AGROTECHNICAL METHODS ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER GARLIC

Abstract

Increasing the yield of winter garlic is one of the priority areas for the development of vegetable growing in Ukraine, since this crop has high food, therapeutic and prophylactic and export value. In conditions of climate change and instability of weather factors, the improvement of the cultivation technology, considering the soil and climatic features of the regions, becomes particularly relevant. Insufficient adaptation of agrotechnical measures to specific farm conditions leads to deterioration of plant overwintering, reduced field germination, the formation of small bulbs and a decrease in marketable yield. In connection with this, there is a need for scientific substantiation of a set of techniques that ensure the stable formation of highly productive winter garlic plantations.

The study was conducted using the method of a field multifactorial experiment with varying planting dates, depth of clove wrapping, plant placement schemes and mineral nutrition systems. The experiment was set up according to generally accepted methods of vegetable growing, observing the principles of repetition and randomness of the placement of variants. During the vegetation period,

biometric indicators of plants (height, number and area of leaves), the degree of overwintering, and growth intensity were determined. After harvesting, structural analysis was carried out: bulb mass, number and mass of cloves, and the share of marketable products. Statistical processing of the results was carried out using the method of variance analysis with determination of the level of reliability of the obtained data.

As a result of the study, it was established that optimal planting dates contribute to the formation of a well-developed root system in the fall and ensure a high percentage of plant overwintering. The rational depth of clove wrapping has a positive effect on the alignment of seedlings and resistance to adverse winter conditions. The highest yield indicators were obtained by combining the optimal planting date with an improved plant placement scheme and a balanced mineral nutrition system. The use of recommended fertilizer rates contributed to an increase in the average weight of the bulb, an increase in the share of marketable products and an improvement in its quality characteristics (density, uniformity, keeping quality). The most effective set of agrotechnical techniques was determined, which ensures a stable increase in crop productivity.

The feasibility of comprehensive optimization of planting dates, clove embedding depth, plant placement schemes and fertilizer systems was scientifically substantiated in the outcome of the study. Their combination allows to increase yield, improve marketable and quality indicators of products and ensure an increase in the economic efficiency of growing winter garlic in the conditions of Southwestern forest-steppe of Ukraine.

Key words: *winter garlic, agrotechnical techniques, yield, planting dates, embedding depth, fertilizer, productivity, marketable quality.*

References

1. Barabash, O. Y. (1994). *Ovochivnytstvo [Vegetable growing]*. Kyiv : Vyshcha shkola [in Ukrainian].
2. Vdovenko, S. A., & Samohval, V. O. (2025). *Osoblyvist zastosuvannia biopreparativ pid chas vyroshchuvannia ozymoho chasnyku* [Peculiarity of using biological products during the cultivation of winter garlic]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*, (1(36)), 191–206. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-1-14 [in Ukrainian].
3. State Statistics Service of Ukraine. (2026). *Official website*. Retrieved from https://stat.gov.ua [in Ukrainian].
4. Zinchenko, O. I., Salatenko, V. N., & Bilonozhko, M. A. (2001). *Roslynnytstvo* [*Crop production*]. Kyiv : Ahrarna osvita. Retrieved from https://buklib.net/books/21965/ [in Ukrainian].
5. Melnyk, O. V., & Mytenko, I. M. (2020). *Vyroshchuvannia chasnyku ozymoho: rekomendatsii* [*Cultivation of winter garlic: Recommendations*]. Kyiv : Ahrarna Nauka [in Ukrainian].
6. Piddubna, A. M. (2024). Vplyv mineralnoho udobrennia gruntiv na nakopychennia vazhkykh metaliv ta mikroelementiv ozymym chasnykom [The influence of mineral soil fertilizer on the accumulation of heavy metals and micro element by winter garlic]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, (136, Pt. 2), 98–104. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.13 [in Ukrainian].
7. Pusik, L. M., Pusik, V. K., Artiomov, N. P., Gaevaya, L. A., & Filimonova, E. I. (2020). Vplyv pohodnykh umov vehetatsiinoho periodu, strokiv posadky ta osoblyvostei sortu na rist i rozvytok roslyn chasnyku ozymoho [Influence of weather conditions of the vegetation period, terms of planting and features of a grade on growth, development of plants of winter garlic]. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia – Engineering of Nature Management*, 2(16), 19–24. DOI: https://doi.org/10.37700/enm.2020.2(16).19-24 [in Ukrainian].
8. Sych, Z. D., & Kubrak, S. M. (2020). Otsiniuvannia sortiv i mistsevykh form chasnyku ozymoho za hospodarsko tsinnymy oznakamy v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of varieties and local forms of winter garlic for their economic characteristics in the conditions of right bank Forest Steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia – Agrobiology*, (1), 169–174. DOI: https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-157-1-169-174 [in Ukrainian].
9. Ulyanich, O. I., Shevchuk, K. M., & Ostapenko, N. O. (2019). Pidzhyvlennia chasnyku ozymoho – osnova vysokoi vrozhainosti [Fertilizing winter garlic is the basis of high yields]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, (110, Pt. 1), 181–187. DOI: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.22 [in Ukrainian].
10. Ulyanych, O. I., Yatsenko, V. V., Shevchuk, K. M., & Ostapenko, N. O. (2020). *Rist i urozhainist chasnyku zalezhno vid sortu v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy* [Growth and yield of garlic depending on the variety in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collection of scientific papers of the Uman National University of Horticulture*, 97(1), 249–259. DOI: https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-97-1-249-259 [in Ukrainian].
11. Brewster, J. L. (2008). *Onions and other vegetable alliums* (2nd ed.). Wallingford: CABI Publishing. DOI: https://doi.org/10.1079/9781845933999.0000 [in English].
12. FAO. (2022). *FAOSTAT statistical database*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from https://www.fao.org/faostat [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 05.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.34:631.811.98: 581.132:631.526.3(292.485-15)
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-20

Овчарук О. В.
доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *ovcharuk.oleh@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-1117-962X*

Ороховський А. В.
аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *orokhovskyi.a2142@gmail.com*
ORCID: *0009-0000-9059-8285*

Овчарук К. О.
студентка кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *ovcharuk.kateruna@gmail.com*
ORCID: *0009-0005-6997-6567*

Секрієру С.
доктор біологічних наук,
доцент кафедри агрономії та навколишнього середовища,
Технічний університет Молдови
Кишинів, Молдова
E-mail: *silvia.secrieru@am.utm.md*
ORCID: *0000-0001-5834-3661*

Скриник О. А.
кандидатка географічних наук, доцент кафедри рослинництва,
Національний університет біоресурсів та природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *skrynyk@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-0332-5073*

ВПЛИВ СТРОКІВ ТА НОРМ ВНЕСЕННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ-АНТИСТРЕСАНТІВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Анотація

У сучасному виробництві зернової продукції серед зернобобових культур вагоме місце в структурі посівних площ посідає соя, яка визначає рівень виробництва рослинного білка в Україні. На цей час сою відносять до найбільш затребуваних стратегічних культур, що задовольняють потреби людства в рослинному білку та олії.

У статті висвітлено результати досліджень, за якими було встановлено основні аспекти, що впливають на формування фотосинтетичної діяльності агрофітоценозів сортів сої залежно від застосування біостимуляторів антистресантів за умов зміни клімату.

Відмічено, що вищі показники фотосинтетичної діяльності були сформовані у сої сорту Ментор за умови двократної обробки біостимулятором Вуксал БІО Аскофол (WUXAL) та АЛЬГУМ ПЛЮС / ALHUM PLUS (Smart Grow) у період проведення досліджень 2023–2025 роки.

Найвищі показники в період «бутонізація – цвітіння» відмічено на варіанті з внесенням біостимулятора Вуксал БІО Аскофол в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) та бутонізації (ВВСН 55) з нормою 1,0 л/га – 51,1 тис. м²/га, що на 4,9 тис. м²/га перевищило показник на варіанті без внесення біостимуляторів. Внесення менших норм препарату знижувало показники

© Овчарук В. І., Ороховський А. В., Овчарук К. О., Секрієру С., Скриник О. А., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

площі листової поверхні: з нормою 0,5 л/га на 1,4 тис. м²/га, з нормою 0,7 л/га на 0,5 тис. м²/га. Внесення біостимулятора Альгум плюс забезпечувало показники площі листковової поверхні на рівні 49,2 тис. м²/га на варіанті з нормою 1,0 л/га, що переважав на 3,0 тис. м²/га варіант без внесення біостимулятора. Різниця між застосуванням препарату Вуксал БІО Аскофол становила 1,9 тис. м²/га порівняно з Альгум плюс.

Найвищий показник на варіантах сорту Сірелія становив 48,4 тис. м²/га із застосуванням Вуксал БІО Аскофол, що на 4,8 тис. м²/га переважав варіант без застосування біопрепаратів та лише 0,3 тис. м²/га від внесення Альгум плюс.

Фотосинтетичний потенціал сортів сої різнився від застосування біостимуляторів в нормі внесення 1,0 л/га на 0,27 млн м²/га × діб більше на варіанті внесення Вуксал БІО Аскофол та 0,16 млн м²/га × діб на варіанті внесення Альгум плюс сорту Ментор.

Найбільша продуктивність фотосинтезу була в період «цвітіння – налив зерна», чиста продуктивність фотосинтезу була в межах: у сорту Ментор 1,91–2,23 г/м², у сорту Сірелія 1,83–2,16 г/м², залежно від варіанта досліду.

Застосування біостимулятора Вуксал БІО Аскофол на посіві сорту Ментор забезпечив найбільший приріст сухої речовини за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55), і відповідно до норми внесення цей показник становив: 0,5 л/га – 16,34 г/рослину; 0,7 л/га – 16,52 г/рослину; 1,0 л/га – 16,83 г/рослину, що на 1,66, 1,84 та 2,15 г/рослину переважало варіант без внесення біостимуляторів.

Ключові слова: *агроценоз, сорт, соя, біостимулятори, мікроелементи, мінеральне живлення, фотосинтетична діяльність рослин, стрес, абіотичні фактори, технологія вирощування.*

Вступ. Ріст населення на земній кулі обумовлює необхідність забезпечення його продуктами харчування, що, зі свого боку, потребує випереджального росту виробництва продовольчих ресурсів, зокрема білково-олійної сировини. Поповнення їх значною мірою забезпечується завдяки сої, яка є однією з найцінніших зернобобових культур [1; 10; 11]. З урахуванням високої харчової цінності та вмісту білків соя визначена організацією ЮНЕСКО як стратегічна харчова культура [14].

Україна для успішного вирощування сої має всі умови – наявність вітчизняних скоростиглих високоврожайних сортів, сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, розроблені і всебічно використовуються новітні вітчизняні технології вирощування сої та її переробки на кормові й харчові цілі [9; 13].

Соя (*Glycine max*) здавна забезпечує високоякісний білок та олію для харчування людини та корму для тварин, що робить її важливою для глобальної продовольчої безпеки [1; 3; 11; 13]. Хоча досягнення в технологіях селекції та методах вирощування поступово збільшують урожайність сої, поточний рівень виробництва залишається недостатнім для задоволення потреб зростаючого населення світу [1; 6; 14]. Порівняно з основними культурами, як-от кукурудза та пшениця, врожайність сої значно нижча, а середній коефіцієнт використання світового потенціалу врожайності сої становить лише 45 %, що значно нижче, ніж у кукурудзи (60 %) та пшениці (68 %). Цей розрив у врожайності та низька ефективність виробництва підкреслюють необхідність інноваційних стратегій для підвищення продуктивності сої, особливо в складних екологічних умовах [4; 15].

Посуховий стрес є одним із найсерйозніших абіотичних стресорів, що обмежують продуктивність сільського господарства в усьому світі [7; 9]. Зміна клімату посилила парниковий ефект, збільшивши потребу в атмосферній воді та призвівши до частіших та інтенсивніших метеорологічних посух [6; 9; 15]. Посуха негативно впливає на всі стадії росту рослин, від проростання насіння до цвітіння та зав'язування зерна. Вона знижує темпи проростання, погіршує приживлюваність розсади та викликає низку фізіологічних дисфункцій, включно з перекисним окисленням ліпідів мембран, порушенням антиоксидантних систем, осмотичним дисбалансом та пригніченням фотосинтезу. Під час формування врожаю посуха може значно знизити життєздатність пилку, що призводить до значних втрат кількості та ваги насіння [12]. Посуховий стрес часто супроводжується іншими стресовими факторами навколишнього середовища, як-от висока температура та засоленість [5; 8]. За умов комбінованого впливу посухи та високотемпературного стресу гени, пов'язані з клітинним окисно-відновним балансом, диханням, позаклітинним метаболізмом полісахаридів, захисними реакціями та біосинтезом стероїдів, значно підвищуються [9; 13].

Мета досліджень – дослідити вплив на фотосинтетичну діяльність сортів сої застосування біостимуляторів-антистресантів, періодів та норми їх внесення в умовах Лісостепу Західного.

Виклад основного матеріалу. Експериментальну роботу проводили впродовж 2022–2025 рр. відповідно до «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» та «Методів аналізу в агрономії та агроекології» [8] згідно з планом науково-дослідної роботи кафедри рослинництва, селекції та насінництва Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (державний реєстраційний номер 0126U00171) в умовах дослідної ділянки ТОВ «Козацька долина 2006», що розташована в с. Вихрівка Кам'янець-Подільського району Хмельницької області.

Погодно-кліматичні умови, які складалися в роки проведення польових досліджень, із багаторічними показниками дають можливість підтвердити, що, незважаючи на певні зміни, вони загалом не виходили за межі, характерні для Правобережного Лісостепу України.

Розмір площі дослідних ділянок: загальна – 45 м², облікова – 25,2 м², повторення варіантів триразове із систематичним розміщенням рослин [8].

Агрохімічна характеристика ґрунту дослідного поля. Ґрунт – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий. Забезпеченість поживними елементами: загального азоту – 0,158–0,167 %, рухомих форм фосфору та калію (за

Чіріковим) – 16,7 та 11,6 мг на 100 г ґрунту відповідно. Сума вбирних основ коливається в межах 158–209 мг екв./кг. Гідролітична кислотність становить 17–23 мг екв./кг, ступінь насичення основами – 92 %.

Погодно-кліматичні умови регіону характеризуються достатнім забезпеченням тепла з недостанім рівнем зволоження. Підвищення температури відзначається в ранньовесняний період. У літній період спостерігається підвищення температур. Тривалість теплого періоду становить 230–265 днів, а період активної вегетації – у межах 155–170 діб. Показники суми активних температур становлять 2300–2750 °С, ГТК – на рівні 1,4–2,1, кількість опадів за рік перебуває в межах 498–675 мм, середня температура повітря – 7,8 °С.

Схема досліду була трифакторною в чотириразовому повторенні. У досліді вивчали сорти сої: Ментор і Сірелія. Сівбу проводили 25 квітня на глибину загортання насіння 3–4 см. Попередник – ярий ячмінь. Ширина міжрядь – 45 см, норма висіву – 450 тис. нас./га. Застосування біостимуляторів антистресантів проводили з препаратами Вуксал БІО Аскофол (WUXAL) та АЛЬГУМ ПЛЮС / ALHUM PLUS (Smart Grow) з внесенням в період розвитку сої: 2 міжвузля (ВВСН 14), бутонізація (ВВСН 55) та 2 міжвузля (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55), з нормою препарату – 0,5, 0,7, та 1,0 л/га з витратою робочого розчину 100 л/га відповідно.

У процесі росту й розвитку посіву особливе місце має динаміка та формування показників фотосинтетичної продуктивності агроценозу, оскільки це є основа урожайності сільськогосподарських культур [2; 5]. Проте тут варто відзначити, що домінуючу роль у фотосинтетичній продуктивності посіву відіграють темп і розміри формування листкової поверхні посіву, оскільки із цим показником пов'язані всі інші, що забезпечують продукування урожайності. Так, зокрема, темп і розміри асиміляційної поверхні посіву визначають інтенсивність поглинання вологи, елементів живлення та фотосинтетично активної радіації сонця. Унаслідок такого поєднання посівом нагромаджується суха речовина, що є основою вегетативної маси й накопичення продуктів асиміляції, які в подальшому забезпечують кількісне формування урожаю та повноцінність його якісних показників [2; 6].

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що площа листкової поверхні залежно від застосування біостимуляторів-антистресантів на досліджуваних сортах сої у середньому за роки була різною і коливалась у межах 37,1–48,9 тис. м^2/га.

Показники формування площі листкової поверхні у рослин залежали від сортових особливостей, періоду застосування біостимуляторів-антистресантів та періоду росту й розвитку рослин сої. Проведенні дослідження із сортами сої Ментор і Сірелія показали, що наростання площі листя вібувалося інтенсивніше у сорту Ментор, а максимальних розмірів вона досягала в період формування бобів. У період росту й розвитку рослин «бутонізація – цвітіння» найвищі показники – 51,1 тис. м^2/га – відмічено на варіанті з внесенням Вуксал БІО Аскофол в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) та бутонізації (ВВСН 55) з нормою 1,0 л/га, що на 4,9 тис. м^2/га переважало варіант без внесення біостимуляторів. У разі внесення менших норм препарату показники площі листової поверхні також були меншими: з нормою 0,5 л/га становили 49,7, на 1,4 тис. м^2/га, з нормою 0,7 л/га – 50,6 тис. м^2/га, на 0,5 тис. м^2/га порівняно з варіантом внесення 1,0 л/га (табл. 1).

Таблиця 1. Динаміка формування площі листкової поверхні у рослин сої залежно від сорту та застосування біостимуляторів-антистресантів, середнє за 2022–2025 рр., тис. м^2/га

Біостимулятор (фактор В)	Період внесення (фактор С)	Періоди росту та розвитку								
		сходи – бутонізація			бутонізація – цвітіння			цвітіння – налив зерна		
		Норми внесення, л/га (фактор С)								
		0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0
Сорт Ментор (фактор А)										
Без застосування		38,9			46,2			41,4		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	40,1	40,7	40,9	47,6	47,9	48,2	41,9	45,8	42,6
	2 міжвузля + бутонізація	42,2	43,2	44,3	49,7	50,6	51,1	46,1	47,3	47,7
	бутонізація	–	48,4	48,8	49,8	43,5	44,7	44,6		
Альгум плюс	2 міжвузля	39,6	39,8	40,1	46,5	46,9	47,2	41,7	45,2	42,1
	2 міжвузля + бутонізація	41,3	41,9	42,2	48,7	49,2	49,2	44,3	45,5	46,0
	бутонізація	–	47,1	47,5	48,0	42,6	43,3	43,4		
Сорт Сірелія (фактор А)										
Без застосування		36,9			43,6			39,1		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	37,8	38,1	38,2	45,5	45,9	46,2	40,4	40,9	41,1
	2 міжвузля + бутонізація	39,8	41,1	41,5	47,4	48,4	48,9	42,4	43,3	44,1
	бутонізація	–	46,2	46,7	47,3	41,2	42,1	42,4		
Альгум плюс	2 міжвузля	37,1	37,3	37,5	44,1	44,4	44,7	39,5	39,9	40,1
	2 міжвузля + бутонізація	38,8	41,0	41,4	45,7	48,2	48,6	41,1	41,5	41,7
	бутонізація	–			45,0	46,0	46,7	40,4	40,7	40,9

Аналогічно з внесенням біостимулятора Альгум плюс – 49,2 тис. м^2/га на варіанті 1,0 л/га, що переважав на 3,0 тис. м^2/га варіант без внесення біостимулятора. Різниця між застосуванням препарату Вуксал БІО Аскофол становила 1,9 тис. м^2/га порівняно з Альгум плюс.

На варіантах сорту Сірелія спостерігалася подібна тенденція. Найвищий показник становив 48,4 тис. м^2/га із застосуванням Вуксал БІО Аскофол, що на 4,8 тис. м^2/га переважав варіант без застосування біопрепаратів та лише 0,3 тис. м^2/га в разі внесення Альгум плюс.

За роками досліджень найвищі показники зафіксовано у 2025 році, найнижчі – у 2023 році, що насамперед зумовлено погодно-кліматичними умовами. 2023 рік був найменш сприятливим через дефіцит опадів: у липні їх випало лише 70,6 мм порівняно з 205,2 мм у 2025 році. Це супроводжувалося високими температурами повітря з максимальним значенням +35,6 °С та середньодобовим – 21,7 °С.

Аналізуючи показники фотосинтетичного потенціалу сортів сої, варто зазначити, що застосування біостимуляторів підвищувало цей показник на 0,27 млн м^2/га × діб на варіанті внесення 1,0 л/га Вуксал БІО Аскофол, 0,16 млн м^2/га × діб на варіанті внесення 1,0 л/га Альгум плюс у сорту Ментор.

У сорту Сірелія внесення біостимуляторів в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) підвищувало фотосинтетичний потенціал у період «цвітіння – налив зерна» на 0,37 млн м^2/га × діб на варіанті внесення 1,0 л/га Вуксал БІО Аскофол порівняно з варіантами без застосування біостимуляторів. Застосування Альгум плюс забезпечило зростання показника на 0,25 млн м^2/га × діб відповідно.

Аналізуючи ефективність норм внесення, можемо стверджувати, що збільшення норми в межах варіантів досліду сприяло підвищенню показника фотосинтетичного потенціалу агроценозів сортів сої.

У сорту Ментор внесення біостимулятора в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) у нормі 0,5 л/га найвищі показники в період «цвітіння – налив зерна» відмічено на рівні 2,91 млн м^2/га × діб, що на 0,17 млн м^2/га × діб переважало варіант без внесення біостимуляторів. Збільшення норми внесення до 0,7 л/га забезпечило підвищення показника до рівня 2,95 млн м^2/га × діб, що на 0,21 млн м^2/га × діб більше за варіант без внесення біостимуляторів; 0,04 млн м^2/га × діб за внесення в нормі 0,5 л/га (табл. 2).

Таблиця 2. Фотосинтетичний потенціал сортів сої залежно від застосування біостимуляторів-антистресантів, млн м^2/га × діб, середнє за 2022–2025 рр.

Біостимулятор (фактор В)	Період внесення (фактор С)	Періоди росту та розвитку								
		сходи – бутонізація			бутонізація – цвітіння			цвітіння – налив зерна		
		Норми внесення, л/га (фактор С)								
		0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0
Сорт Ментор (фактор А)										
Без застосування		1,21			0,58			2,74		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	1,44	1,69	1,80	0,76	0,82	0,85	2,82	2,90	2,93
	2 міжвузля + бутонізація	1,56	1,78	1,83	0,85	0,89	0,91	2,91	2,95	3,01
	бутонізація	–			0,79	0,84	0,86	2,86	2,92	2,95
Альгум плюс	2 міжвузля	1,34	1,48	1,57	0,66	0,68	0,71	2,78	2,79	2,85
	2 міжвузля + бутонізація	1,28	1,55	1,58	0,70	0,74	0,77	2,81	2,85	2,90
	бутонізація	–			0,68	0,70	0,71	2,79	2,81	2,87
Сорт Сірелія (фактор А)										
Без застосування		1,08			0,45			2,48		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	1,24	1,55	1,59	0,57	0,66	0,70	2,59	2,71	2,75
	2 міжвузля + бутонізація	1,40	1,62	1,69	0,69	0,73	0,75	2,73	2,83	2,85
	бутонізація	–			0,62	0,67	0,74	2,64	2,77	2,80
Альгум плюс	2 міжвузля	1,13	1.39	1,42	0,46	0,52	0,56	2,53	2,58	2,63
	2 міжвузля + бутонізація	1,24	1,44	1,47	0,55	0,61	0,66	2,60	2,67	2,73
	бутонізація	–			0,44	0,57	0,59	2,55	2,62	2,68

Внесення біостимулятора в нормі 1,0 л/га забезпечило максимальне зростання цього показника, що становив 3,01 млн м^2/га × діб і переважав: 0,27 млн м^2/га × діб – без застосування біостимуляторів; 0,1 млн м^2/га × діб – внесення 0,5 л/га; 0,06 млн м^2/га × діб – внесення 0,7 л/га відповідно. Із застосуванням біостимулятора Альгум плюс зберігалася подібна тенденція.

Показники фотосинтетичного потенціалу у сорту Сірелія були нижчими порівняно із сортом Ментор у період «цвітіння – налив зерна», за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) становили: Вуксал Біо Аскофол – 0,18, 0,12 та 0,16 млн м^2/га × діб; Альгум плюс – 0,21, 0,18, та 0,17 млн м^2/га × діб відповідно.

Найбільша продуктивність фотосинтезу була в період «цвітіння – налив зерна», чиста продуктивність фотосинтезу була в межах: у сорту Ментор 1,91–2,23 г/м^2, у сорту Сірелія 1,83–2,16 г/м^2, залежно від варіанта досліду.

Розміри та тривалість роботи асиміляційної поверхні посівів формують кількість нагромадження продуктів асиміляції, нами було досліджено формування маси сухої речовини, яка вивчалася нами впродовж вегетаційного періоду досліджуваних сортів Ментор і Сірелія.

За результатами досліджень встановлено, що найбільший приріст сухої речовини в агроценозах сої виявлено в період «цвітіння – налив зерна».

У сорту Ментор на варіанті без внесення біостимуляторів цей показник становив 14,68 г/рослину. Застосування біостимулятора Вуксал БІО Аскофол забезпечило максимальне збільшення цього показника за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55), і відповідно до норми внесення цей показник становив: 0,5 л/га – 16,34 г/рослину; 0,7 л/га – 16,52 г/рослину; 1,0 л/га – 16,83 г/рослину, що на 1,66, 1,84 та 2,15 г/рослину переважало варіант без внесення біостимуляторів. На варіантах із застосуванням біостимулятора Альгум плюс збільшення від застосування становило – 0,86, 1,21 та 1,73 г/рослину, а порівняно із застосуванням Вуксал БІО Аскофол – на 0,8, 0,63 та 0,42 г/рослину менше. Разове застосування біостимуляторів у період 2 міжвузлів (ВВСН 14) або в бутонізацію (ВВСН 55) забезпечувало менший ефект порівняно з дворазовим внесенням в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) тощо (табл. 3).

Таблиця 3. Формування маси сухої речовини рослинами сої залежно від сорту та застосування біостимуляторів-антистресантів, г/рослину, середнє за 2022–2025 рр.

Біостимулятор (фактор В)	Період внесення (фактор С)	Періоди росту та розвитку								
		сходи – бутонізація			бутонізація – цвітіння			цвітіння – налив зерна		
		Норми внесення, л/га (фактор С)								
		0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0
Сорт Ментор (фактор А)										
Без застосування		3,91			7,28			14,68		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	4,12	4,34	4,42	7,59	7,95	8,20	14,68	14,85	15,08
	2 міжвузля + бутонізація	5,34	5,46	5,54	9,68	10,15	10,49	16,34	16,52	16,83
	бутонізація	–			8,38	8,55	9,02	15,66	16,16	16,31
Альгум плюс	2 міжвузля	3,99	4,20	4,28	7,40	7,76	8,11	14,79	14,95	15,11
	2 міжвузля + бутонізація	5,24	5,35	5,46	9,42	9,53	9,77	15,54	15,89	16,41
	бутонізація	–			7,94	8,08	8,44	15,14	15,44	15,81
Сорт Сірелія (фактор А)										
Без застосування		3,83			7,12			14,50		
Вуксал БІО Аскофол	2 міжвузля	3,91	4,06	4,18	7,29	7,53	7,68	14,57	14,87	14,86
	2 міжвузля + бутонізація	4,20	4,42	4,51	7,98	8,34	8,52	14,68	14,79	15,04
	бутонізація	–			7,52	7,67	7,80	14,63	14,70	14,95
Альгум плюс	2 міжвузля	3,76	3,88	4,01	7,21	7,29	7,50	14,4	14,63	14,74
	2 міжвузля + бутонізація	4,09	4,19	4,25	7,53	7,79	7,88	14,63	14,72	14,89
	бутонізація	–			7,39	7,47	7,74	14,54	14,75	14,84

На варіантах сорту Сірелія застосування біостимулятора Вуксал БІО Аскофол за внесення в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) забезпечило показники на рівні: 0,5 л/га – 14,68 г/рослину; 0,7 л/га – 14,79 г/рослину; 1,0 л/га – 15,04 г/рослину, що на 0,18, 1,29 та 0,54 г/рослину переважало варіант без внесення біостимуляторів – 14,50 г/рослину.

Висновки. Отже, результатами наших досліджень було встановлено вагомий вплив внесення біостимуляторів Вуксал БІО Аскофол та Альгум плюс на фотосинтетичну продуктивність рослин сої сортів Ментор та Сірелія.

Найвищі показники площі листкової поверхні рослин відмічені у сорту Ментор в період «бутонізація – цвітіння» з внесенням Вуксал БІО Аскофол в період 2 міжвузлів (ВВСН 14) + бутонізація (ВВСН 55) з нормою 1,0 л/га – 51,1 тис. м^2/га, що на 4,9 тис. м^2/га переважало варіант без внесення біостимуляторів. У разі внесення менших норм препарату становили: за норми 0,5 л/га – 49,7 тис. м^2/га, за норми 0,7 л/га – 50,6 тис. м^2/га, що на 1,4 та 0,5 тис. м^2/га менше порівняно з варіантом внесення 1,0 л/га.

У разі внесення біостимулятора Альгум плюс на варіанті 1,0 л/га показник становив 49,2 тис. м^2/га, що переважав на 3,0 тис. м^2/га варіант без внесення біостимулятора та поступався на 1,9 тис. м^2/га варіанту із застосуванням препарату Вуксал БІО Аскофол.

В умовах зміни клімату дослідження біостимуляторів-антистресантів залишається актуальним, а періоди їх внесення на сої мають суттєве практичне значення. Досвід вирощування сої в умовах кліматичного стресу, що часто спостерігається високими температурами повітря та ґрунту, а також зниженням запасів продуктивної вологи та відсутністю опадів, підтверджує ефективність застосування таких речовин, зберігаючи екологічну рівновагу агроценозів.

Список використаних джерел

1. Бабич А. О. Зміна величини фотосинтезуючого апарату рослин та посівів сої залежно від елементів технології вирощування. *Збірник наукових праць Подільської державної аграрно-технічної академії*. 2009. Вип. 9. С. 21–25.

2. Бахмат О. М. Накопичення сухої речовини та урожайність сої у Західному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 8. С. 29–31.

3. Джура Ю. М. Продуктивність сої залежно від моделей технологій її вирощування в умовах правобережного Лісостепу України : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Вінниця, 2004. 20 с.

4. Мазур В. А., Ткачук О. П., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Технологічність та агроекологічна стійкість скоростиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 96–111. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2022_1_8

5. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Євстафієва І. М. Фотосинтетична діяльність рослин буряків кормових залежно від сорту в умовах правобережного лісостепу України. *Modern engineering and innovative technologies*, Germany, Karlsruhe, 2024. Is. 36 (03). С. 63–71. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-36-00-038

6. Овчарук О. В., Овчарук О. В., Хоміна В. Я., Каленська С. М. Агроекологічні особливості вирощування сої. *Інноваційні технології в рослинництві* : матеріали наукової інтернет-конференції (м. Кам'янець-Подільський, 15 травня 2018 р.) Кам'янець-Подільський, 2018. С. 134–136.

7. Овчарук О. В., Рахметов Д. Б., Єременко О. А., Федорчук М. І. Вплив абіотичних і біотичних факторів на сільськогосподарські рослини. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–22 жовтня 2021 р.). Київ : НУБіП України, 2021. С. 215–217.

8. Овчарук О. В., Овчарук В. І., Хоміна В. Я. та ін. Методи аналізу в агрономії та агроекології : навч. посіб. Кам'янець-Подільський, Харків : Мачулин, 2019. 364 с.

9. Петриченко В. Ф. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 2. С. 19–23.

10. Федорук І. В., Хмелянчишин Ю. В., Городиська О. П. Особливості росту і розвитку рослин сої залежно від сорту та елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 33. С. 54–61. URL: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-7

11. Шевніков М. Я. Особливості технології вирощування сої в умовах нестійкого зволоження Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 147–151.

12. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. *Пропозиція*. 2013. № 3. С. 66–70.

13. Duan Z., Xu L., Zhou G., Zhu Z., Wang X., Shen Y., Ma X., Tian Z., Fang C. Unlocking soybean potential: genetic resources and omics for breeding, 00041-4. *Advance online publication J. Genet. Genom*. 2025. № 25. S. 1673–8527. URL: https://doi.org/ 10.1016/j.jgg.2025.02.004

14. Poudel S., Vennam R. R., Shrestha A., Reddy K. R., Wijewardane N. K. Bheemanahalli R. Resilience of soybean cultivars to drought flowering and early-seed setting stages. *Sci. Rep*. 2023. Vol. 13 (1). P. 1277. DOI: 10.1038/s41598-023-28354-0

15. Tian Z., Nepomuceno A. L., Song Q., Stupar R. M. et al. Soybean 2035: a decadal and breeding. *Mol. Plant*. 2025. Vol. 18 (2). P. 245–271. https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.01.004

Ovcharuk O. V.
Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Plant Breeding, Selection and Seed Production,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *ovcharuk.oleh@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-1117-962X*

Orokhovskyi A. V.
Postgraduate Student at the Department of Plant Breeding, Selection and Seed Production,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *orokhovskyi.a2142@gmail.com*
ORCID: *0009-0000-9059-8285*

Ovcharuk K. O.
Student at the Department of Plant Breeding, Selection and Seed Production,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *ovcharuk.kateruna@gmail.com*
ORCID: *0009-0005-6997-6567*

Secrieru S.
Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Agronomy and Environment,
Technical University of Moldova
Chisinau, Moldova
E-mail: *silvia.secrieru@am.utm.md*
ORCID: *0000-0001-5834-3661*

Skrynyk O. A.
Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Production,
National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *skrynyk@nubip.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-0332-5073*

INFLUENCE OF TIMES AND RATE OF APPLICATION OF BIOSTIMULATORS-ANTI-STRESSANTS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SOYBEAN IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE

Abstract

In modern grain production, soybean occupies a significant place in the structure of sown areas among leguminous crops, which determines the level of vegetable protein production in Ukraine. Currently, soybean is considered one of the most demanded strategic crops, which satisfies the needs of humanity in vegetable protein and oil.

The article highlights the results of research that established the main aspects that influence the formation of photosynthetic activity of agrophytocenoses of soybean varieties depending on the use of biostimulants-anti-stressants under climate change conditions.

It was noted that the highest rates of photosynthetic activity were formed in soybeans of the Mentor variety under the condition of double treatment with the biostimulant Vuxal BIO Askofol (WUXAL) and ALHUM PLUS (Smart Grow) during the research period of 2023–2025. The highest rates in the "budding-flowering" period were observed in the variant with the application of the biostimulant Vuxal BIO Askofol in the period of 2 internodes (BBCH 14) and budding (BBCH 55) with a rate of 1,0 l/ha – 51,1 thousand m^2/ha, which exceeded the indicator in the variant without the application of biostimulants by 4,9 thousand m^2/ha. The application of lower rates of the drug reduced the leaf surface area: with a rate of 0,5 l/ha by 1,4 thousand m^2/ha, with a rate of 0,7 l/ha – by 0,5 thousand m^2/ha. The application of the biostimulant Algum plus provided the leaf surface area at the level of 49,2 thousand m^2/ha in the variant with a rate of 1,0 l/ha, which was 3,0 thousand m^2/ha higher than the variant without the biostimulant. The difference between the use of the drug Vuksal BIO Askofol was 1,9 thousand m^2/ha compared to Algum plus.

The highest indicator on the variants of the Sirelia variety was 48,4 thousand m^2/ha from the application of Vuksal BIO Askofol, which was 4,8 thousand m^2/ha higher than the variant without the use of biological products and only 0.3 thousand m^2/ha higher than the variant without the use of biological products and only 0,3 thousand m^2/ha higher than the application of Algum plus.

The photosynthetic potential of soybean varieties differed from the application of biostimulants at the application rate of 1,0 l/ha by 0,27 million m^2/ha × day more on the variant of applying Vuksal BIO Askofol and 0,16 million m^2/ha × day on the variant of applying Algum plus of the Mentor variety.

The highest photosynthesis productivity was in the period of "flowering-grain filling", the net photosynthesis productivity was within: in the Mentor variety 1,91–2,23 g/m^2, in the Sirelia variety 1,83–2,16 g/m^2, depending on the experiment variant.

The use of the biostimulant Vuksal BIO Askofol on the Mentor variety provided the greatest increase in dry matter when applied to 2 internodes (BBCH 14) + budding (BBCH 55), and according to the application rate, this indicator was: 0,5 l/ha – 16,34 g/plant; 0,7 l/ha – 16,52 g/plant; 1,0 l/ha – 16,83 g/plant, which was 1,66, 1,84 and 2,15 g/plant higher than the option without the application of biostimulants.

Key words: *agrocenosis, variety, soybean, biostimulants, trace elements, mineral nutrition, photosynthetic activity of plants, stress, abiotic factors, cultivation technology.*

References

1. Babych, A. O. (2009). Zmina velychyny fotosyntezuiuchoho aparatu roslyn ta posiviv soi zalezhno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Change in the size of the photosynthetic apparatus of plants and soybean crops depending on the elements of growing technology]. *Zbirnyk naukovykh prats Podilskoi derzhavnoi ahrarno-tekhnichnoi akademii – Collection of scientific works of the Podolsk State Agrarian and Technical Academy*, 9, 21–25. Kamianets-Podilskyi [in Ukrainian].

2. Bakhmat, O. M. (2009). Nakopychennia sukhoi rechovyny ta urozhainist soi u Zakhidnomu Lisostepu [Accumulation of dry matter and soybean yield in the Western Forest-Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 8, 29–31 [in Ukrainian].

3. Dzhura, Yu. M. (2004). Produktyvnist soi zalezhno vid modelei tekhnolohii yii vyroshchuvannia v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Soybean productivity depending on the models of its growing technologies in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine] for obtaining the scientific degree of candidate of agricultural sciences: special. 06.01.09 "Planting". Vinnytsia. 20 p. [in Ukrainian].

4. Mazur, V. A., Tkachuk, O. P., Didur, I. M., Pantsyreva G. V. (2021). Tekhnolohichnist ta ahroekolohichna stiikist skorostyhlykh sortiv soi [Technological feasibility and agroecological stability of early-ripening soybean varieties]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 4 (23), 96–111. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2022_1_8 [in Ukrainian].

5. Ovcharuk, V. I., Ovcharuk, O. V., Ievstafiieva, I. M. (2024). Fotosyntetychna diialnist roslyn buriakiv kormovykh zalezhno vid sortu v umovakh pravoberezhnoho lisostepu Ukrainy [Photosynthetic activity of forage beet plants depending on the variety in the conditions of the right bank forest steppe of Ukraine]. *Modern engineering and innovative technologies*, 36 (03), 63–71. Germany, Karlsruhe. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-36-00-038 [in Ukrainian].

6. Ovcharuk, O. V., Ovcharuk, O. V., Khomina, V. Ya., Kalenska, S. M. (2018). Ahroekolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia soi [Agroecological features of soybean cultivation]. *Materialy naukovoi internet-konferentsii – Materials of the scientific online conference* (pp. 134–136) [in Ukrainian].

7. Ovcharuk, O. V., Rakhmetov, D. B., Eremenko, O. A., Fedorchuk, M. I. (2021). Vplyv abiotychnykh i biotychnykh faktoriv na silskohospodarski roslyny [Influence of abiotic and biotic factors on agricultural plants]. In *Tendentsii ta vyklyky suchasnoi ahrarnoi nauky: teoriia i praktyka: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Trends and challenges of modern agricultural science: theory and practice: materials of the international scientific and practical conference*. (Kyiv, October 20–22, 2021) (pp. 215–217). NUBIP Ukrainy [in Ukrainian].

8. Ovcharuk, O. V., Ovcharuk, V. I., Khomina, V. Ya., et al. (2019). Metody analizu v ahronomii ta ahroekolohii: navchalnyi posibnyk [Methods of analysis in agronomy and agroecology: a Textbook]. Kamianets-Podilskyi, Kharkiv, 364 p. [in Ukrainian].

9. Petrychenko, V. F. (2006). Vplyv ahroklimatychnykh faktoriv na produktyvnist soi [The influence of agroclimatic factors on soybean productivity] *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of agricultural science*, 2, 19–23 [in Ukrainian].

10. Fedoruk, I. V., Khmelyanchyshyn, Yu. V., Horodyska, O. P. (2020). Osoblyvosti rostu i rozvytku roslyn soi zalezhno vid sortu ta elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Features of growth and development of soybean plants depending on the variety and elements of cultivation technology]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economic*, 33, 54–61. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-7 [in Ukrainian].

11. Shevnikov, M. Ya. (2011). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia soi v umovakh nestiikoho zvolozhennia Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of soybean cultivation technology in conditions of unstable moisture in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feed and feed production*, 69, 147–151 [in Ukrainian].

12. Yamkovy, V. (2013). Osoblyvosti suchasnoi systemy udobrennia soi [Peculiarities of the modern soybean fertilization system]. *Propozytsiia – Proposal*, 3, 66–70 [in Ukrainian].

13. Duan, Z., Xu, L., Zhou, G., Zhu, Z., Wang, X., Shen, Y., Ma, X., Tian, Z., Fang, C. (2025). Unlocking soybean potential: genetic resources and omics for breeding, 00041-4. *Advance online publication J. Genet. Genom*., 25, 1673–8527. https://doi.org/10.1016/j.jgg.2025.02.004 [in English].

14. Poudel, S., Vennam, R. R., Shrestha, A., Reddy, K. R., Wijewardane, N. K. Bheemanahalli, R. (2023). Resilience of soybean cultivars to drought flowering and early-seed setting stages. *Sci. Rep*., 13 (1), 1277 [in English].

15. Tian, Z., Nepomuceno, A. L., Song, Q., Stupar, R. M. et al. (2025). Soybean 2035: *a decadal and breeding*. *Mol. Plant*, 18 (2), 245–271. https://doi.org/10.1016/j.molp.2025.01.004 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 03.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 635.13:631.466:631.559
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-21

Паламарчук В. Д.
доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва та садівництва,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *vd-palamarchuk@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-4906-3761*

Нахтман Є. В.
аспірант кафедри рослинництва та садівництва,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *evgenijnahtman@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-7305-9594*

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ МОРКВИ

Анотація

У статті представлено результати вивчення впливу асортименту сортів та гібридів, мікоризації насіння на показники економічної та енергетичної ефективності вирощування коренеплодів моркви столової в умовах Правобережного Лісостепу України. Метою дослідження є оцінка економічної та енергетичної ефективності вирощування коренеплодів моркви залежно від асортименту сортів та гібридів та мікоризації насіння бактеріальним препаратом Мікофренд в умовах Лісостепу Правобережної України. Методи досліджень: польовий, візуальний, лабораторний, порівняльно-розрахунковий, метод спостереження та експерименту. Експериментальні дослідження проводились у 2023–2025 роках у відкритому ґрунті з використанням різних сортів та гібридів моркви середньостиглої групи стиглості. Сівбу проводили гребеневим способом за стрічковою схемою 20 + 50 см. Перед висіванням на досліджуваних варіантах насіння гібридів Болівар F_1 та Олімпо F_1 обробляли мікоризоутворювальним препаратом Мікофренд у нормі 20 г/кг насіння. Спостереження й обліки, оцінку енергетичної та економічної ефективності застосування досліджуваних елементів технології виконували відповідно до загальноприйнятих методик. Результати. Найвищі показники вартості валової продукції отримано в гібриду Олімпо F_1 (520 200 грн/га) та сорту Кампіно (505 800 грн/га), які також забезпечили максимальний умовний чистий прибуток –133 350,5 грн/га та 119 489,1 грн/га відповідно. Рівень рентабельності в цих варіантах досягав 34,5 і 30,9 %. Застосування мікоризації насіння в досліджуваних гібридів моркви забезпечило досягнення найвищих показників економічної ефективності: валова продукція для Болівар F_1 становила 446,4 тис. грн/га, для Олімпо F_1 – 546,3 тис. грн/га; умовний чистий прибуток – 59,2122 та 158,9505 тис. грн/га відповідно; рівень рентабельності – 15,3 та 41,0 %, за найнижчої собівартості вирощеної продукції – 7806,2 та 6381,4 грн/т. Найвищі значення коефіцієнта енергетичної ефективності зафіксовано в гібрида Олімпо F_1 – 1,089 та в сорту Кампіно – 1,070, застосування мікоризації насіння забезпечувало значення коефіцієнта енергетичної ефективності у гібридів Болівар F_1 та Олімпо F_1 на рівні 0,918 та 1,104 відповідно. Висновки. Встановлені найкращі показники економічної ефективності й енергетичного коефіцієнта в гібрида Олімпо F_1 та в сорту Кампіно. Застосування мікоризації насіння бактеріальним препаратом Мікофренд не спричиняє значного збільшення виробничих витрат на проведення агрозаходу, водночас забезпечує підвищення загальної врожайності коренеплодів на 2,0–2,7 т/га, збільшення товарності на 3,1–4,8 % та покращення рентабельності на 4,1–6,6 % порівняно з контролем (без мікоризації насіння). Найвищі значення енергетичного коефіцієнта спостерігалися в разі обробки насіння бактеріальним препаратом Мікофренд у гібридів Болівар F_1 (0,918) та Олімпо F_1 (1,104).

Ключові слова: *морква, економічна оцінка, енергетичний коефіцієнт, мікоризація насіння, сорт, гібрид, урожайність, коренеплід, затратність.*

Вступ. Морква є основною овочевою коренеплідною культурою України та світу, яка має значні площі вирощування, належить до складу так званого борщового набору та має надзвичайно корисний хімічний склад і різнобічні напрями використання.

У 2025 році реалізаційна ціна на моркву значно нижча, ніж у 2024 році, що істотно впливає на ефективність вирощування цієї культури. Зниження ціни на моркву насамперед пов'язане з перенасиченням ринку цією продукцією та зниженням попиту.

За даними міжнародних експертів, світовий ринок моркви має тенденцію щодо щорічного зростання в середньому на 4,2 % [4].

Розглядаючи агрономічне значення моркви, варто відмітити такі її переваги: висока врожайність, короткий вегетаційний період, відносно висока механізація технології вирощування, адаптація сортів та гібридів до різних

© Паламарчук В. Д., Нахтман Є. В., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

ґрунтово-кліматичних умов України, здатність зберігатися до 7 місяців без втрати якісних показників коренеплодів. Урожайність коренеплодів моркви у світі може коливатися в межах 30–100 т/га. Наприклад, у передовому господарстві Вінниччини ТОВ «Органік-Д», що займається вирощуванням овочевих культур, у тому числі коренеплодів моркви, урожайність коливається в межах 45–80 т/га.

Використання нових або вдосконалених елементів технології для підвищення урожайності коренеплодів обов'язково передбачає їх економічну оцінку ефективності. Економічна ефективність у сільськогосподарському виробництві трактується як здатність досягати приросту валового доходу за одночасного скорочення витрат праці та матеріально-ресурсного забезпечення. Досягнення цієї мети передбачає раціональне та пропорційне використання всіх складових виробничого потенціалу, зокрема земельних, матеріально-технічних, трудових і фінансових ресурсів. Рівень результативності їх залучення відображається через систему показників продуктивності, що оцінюються як у фізичних, так і у вартісних вимірах [3; 6; 9].

Важливим показником економічної ефективності господарювання є рівень рентабельності, що дає можливість обґрунтувати доцільність та практичну ефективність впровадження досліджуваних елементів технології. Рентабельність виробництва моркви формується під впливом комплексу чинників, серед яких особливе значення мають ґрунтово-кліматичні особливості регіону, добір сорту чи гібриду, рівень родючості ґрунтів, забезпеченість і результативність зрошення, науково обґрунтоване застосування засобів захисту рослин, належна організація зберігання в овочесховищах, а також ефективність збуту продукції. Сукупна дія зазначених складових у підсумку визначає загальний рівень рентабельності галузі [5; 13].

Рентабельність як інтегральний показник результативності виробництва відображає розмір прибутку, що припадає на одиницю залучених матеріальних і трудових ресурсів у процесі виробництва та збуту продукції [3; 8]. Рентабельність обчислюють як відсоткове співвідношення прибутку до загальної суми витрат, пов'язаних із процесами виробництва та реалізації продукції. Для підвищення достовірності розрахунків потрібно здійснювати всебічний облік усіх технологічних операцій, задіяних ресурсів і використаних технічних засобів. Узагальнення та впорядкування відповідної інформації проводять на підставі технологічних карт, які виконують функцію нормативних документів і відображають повний цикл вирощування культури, зокрема застосування механізмів, використання трудових ресурсів та рівень виробничих витрат [10; 11].

Економічні показники виробництва моркви визначали на основі даних технологічних карт. Витрати паливно-мастильних матеріалів, вартість насіння, добрив і пестицидів, а також рівень тарифних ставок розраховували згідно з установленими типовими нормативами [1; 2].

Здійснений економічний аналіз результативності вирощування середньостиглих сортів і гібридів моркви дав змогу обґрунтувати їх доцільний та найбільш ефективний добір для умов Правобережного Лісостепу. Розрахунок економічних показників проводили на основі технологічних карт, у яких систематизовано повний комплекс виробничих витрат, пов'язаних із вирощуванням культури. Вартісну оцінку отриманої продукції здійснювали з урахуванням біржових цін українського ринку, які станом на 08.01.2026 становили 9000 грн за 1 т коренеплодів моркви.

Мета досліджень – оцінити економічну й енергетичну ефективність вирощування коренеплодів моркви залежно від асортименту сортів та гібридів та мікоризації насіння бактеріальним препаратом Мікофренд в умовах Лісостепу Правобережної України.

Виклад основного матеріалу досліджень. Польові дослідження виконувалися протягом 2023–2025 років на дослідному полі ТОВ «Органік-Д». Ґрунти дослідної ділянки представлені сірими лісовими ґрунтами із середньо-суглинковим механічним складом.

Дослід виконувався в загальному масиві посівів моркви столової за триразової повторності з рандомізованим розташуванням ділянок. Загальна площа досліду становила 0,15 га, а облікової ділянки – 25 м^2. У дослідженнях використовували гібриди моркви звичайної Канада F_1, Болівар F_1, Харізма F_1 та Олімпо F_1, сорти – Карлена, Кампіно, Шантане, Яскрава. Контролем серед гібридів слугували рослини Болівар F_1, а серед сортів – Карлена.

Технологія вирощування є загальноприйнятою, за винятком елементів технології, які досліджувались.

Перед посівом насіння моркви обробляли мікоризуючим препаратом Мікофренд за норми 20 г на 1 кг насіння, тоді як у контрольному варіанті гібриди Болівар F_1 та Олімпо F_1 висівали без мікоризації. На стадії двох пар справжніх листків відстань між рослинами підтримували на рівні 4–5 см.

Мікофренд – це комплексний мікоризоутворювальний біопрепарат із концентрацією життєздатних клітин $1{,}0 \times 10^8$ КУО/г, вироблений ПП «БТУ-ЦЕНТР». За фізичними властивостями препарат являє собою сипку масу коричневого або чорного кольору зі специфічним запахом, у складі якої як наповнювач використано стерильний торф.

Оцінку економічної та енергетичної ефективності застосування досліджуваних елементів у технологіях вирощування моркви столової проводили відповідно до методик О. В. Ковальчука [5], О. К. Медведовського, П. І. Іваненко [7], О. Ф. Смаглія, А. С. Малиновського, А. Т. Кардашова та ін. [12], Ю. О. Тараріко [13].

Отримані результати аналізу ефективності виробництва коренеплодів моркви столової за 2023–2025 рр. свідчать про суттєвий вплив сортових і гібридних характеристик на рівень економічної результативності цієї культури. Добір конкретного сорту чи гібриду визначає показники врожайності, товарності продукції та структуру витрат, що в сукупності формує загальні параметри прибутковості й рентабельності вирощування моркви (табл. 1).

З аналізу даних таблиці 1 встановлено, що впродовж 2023–2025 рр. вирощування моркви забезпечило формування загальної врожайності коренеплодів у межах 45,4–71,7 т/га, тоді як товарна врожайність становила 36,4–57,8 т/га, або 74,5–80,9 % від валового збору. Отримані результати свідчать про істотний вплив сортового складу на рівень урожайності культури. Найвищі показники товарної врожайності коренеплодів моркви в середньому за три роки зафіксовано в гібрида Олімпо F1 – 57,8 т/га та в сорту Кампіно – 56,2 т/га.

Таблиця 1. Вплив асортименту сортів та гібридів на економічну ефективність вирощування моркви (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид / сорт	Загальна урожайність коренеплодів, т/га	Товарність, %	Урожайність товарної продукції, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Собівартість продукції, грн/т	Витрати, грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Болівар F_1 (К)	64,2	74,5	47,8	430 200,0	8093,9	386 887,8	43 312,2	11,2
Олімпо F_1	71,7	80,7	57,8	520 200,0	6692,9	386 849,5	133 350,5	34,5
Харізма F_1	50,0	80,9	40,5	364 500,0	9552,5	386 875,4	–22 375,4	–5,8
Канада F_1	53,7	75,6	40,6	365 400,0	9528,8	386 869,7	–21 469,7	–5,5
Яскрава	64,0	79,2	50,7	456 300,0	7619,9	386 328,4	69 971,6	18,1
Кампіно	70,0	80,3	56,2	505 800,0	6873,9	386 310,9	119 489,1	30,9
Шантане червоне серце	54,6	79,6	43,5	391 500,0	8880,3	386 294,3	5205,7	1,3
Карлена (К)	45,4	80,1	36,4	327 600,0	10606,8	386 086,7	–58 486,7	–15,1

Слід зазначити, що у 2025 році на ринку овочевої продукції зафіксовано істотне зниження відпускної ціни на коренеплоди моркви, у зв'язку із чим для економічних розрахунків було прийнято мінімальну реалізаційну ціну на рівні 9000 грн за 1 т товарної продукції. Водночас собівартість одержаної продукції відповідно до технологічних карт вирощування моркви в господарстві становила 6692,9–10 606,8 грн/т.

Вартість валової продукції коренеплодів досліджуваних сортів і гібридів моркви з 1 га в середньому за три роки спостережень коливалася в межах 327 600–520 200 грн/га. Найвищі показники отримано в гібрида Олімпо F_1 (520 200 грн/га) та в сорту Кампіно (505 800 грн/га), які також забезпечили максимальний умовний чистий прибуток –133 350,5 та 119 489,1 грн/га відповідно. Рівень рентабельності в цих варіантах досягав 34,5 і 30,9 %.

Слід зазначити, що для окремих сортів і гібридів моркви за фактичного рівня врожайності та низької реалізаційної ціни продукції спостерігалося від'ємне значення рентабельності. Зокрема, це стосувалося гібридів Харізма F_1 (–5,8 %), Канада F_1 (–5,5 %) та сорту Карлена (–15,1 %). Вирощування таких форм може призводити до негативного економічного результату для господарства.

Застосування мікоризації насіння в технологіях вирощування гібридів моркви позитивно впливало як на продуктивність коренеплодів, так і на економічну ефективність цього агрозаходу (табл. 2).

З аналізу даних таблиці 2 видно, що найвищу продуктивність серед досліджуваних гібридів моркви забезпечував варіант з обробкою насіння бактеріальним препаратом із мікоризуючою дією – 66,2–74,4 т/га, тоді як у контрольному варіанті середня врожайність за три роки становила 64,2–71,7 т/га. Крім того, застосування бактеріального препарату Мікофренд для обробки насіння моркви сприяло підвищенню відсотка товарності коренеплодів на 1,8–2,9 % порівняно з контролем (без обробки).

Застосування мікоризації насіння в досліджуваних гібридів моркви забезпечило досягнення найвищих показників економічної ефективності: валова продукція для Болівар F_1 становила 446,4 тис. грн/га, для Олімпо F_1 – 546,3 тис. грн/га; умовний чистий прибуток – 59,2122 та 158,9505 тис. грн/га відповідно; рівень рентабельності – 15,3 та 41,0 %, за найнижчої собівартості вирощеної продукції – 7806,2 та 6381,4 грн/т. У контрольному варіанті (без мікоризації насіння) ці показники були нижчими: валова продукція – 430,2 та 520,2 тис. грн/га, умовний чистий прибуток – 43,3122 та 133,3505 тис. грн/га, рентабельність – 11,2 та 34,5 %, собівартість продукції – 8093,9 та 6692,9 грн/т відповідно.

За умов суттєвих коливань вартості засобів виробництва та реалізаційної ціни продукції особливого значення набуває проведення енергетичної оцінки окремих елементів технології вирощування.

Економічна ефективність виробництва моркви значною мірою визначається рівнем реалізаційної ціни, яка впливає на розмір фінансового результату. Водночас збут коренеплодів потребує додаткових витрат, пов'язаних із післязбиральною доробкою, зокрема збиранням, сортуванням і пакуванням продукції. В умовах постійних коливань вартості матеріально-технічних ресурсів для об'єктивної оцінки ефективності впровадження нових технологічних заходів доцільно застосовувати універсальні енергетичні показники. Одним із них є співвідношення енергії, акумульованої в урожаю, до сумарних витрат енергії на його виробництво – коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}), причому вищі значення цього показника свідчать про більшу ефективність використання досліджуваного елементу технології [5; 6; 13].

Таблиця 2. Оцінка економічної ефективності вирощування коренеплодів моркви залежно від мікоризації насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид / мікоризація насіння	Загальна урожайність коренеплодів, т/га	Товарність, %	Урожайність товарної продукції, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Собівартість продукції, грн/т	Витрати грн/га	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рентабельність, %
Без застосування мікоризації (контроль)								
Болівар F_1	64,2	74,5	47,8	430 200,0	8093,9	386 887,8	43 312,2	11,2
Олімпо F_1	71,7	80,7	57,8	520 200,0	6692,9	386 849,5	133 350,5	34,5
Обробка насіння моркви бактеріальним препаратом Мікофренд (20 г/кг)								
Болівар F_1	66,2	79,3	49,6	446 400,0	7806,2	387 187,8	59 212,2	15,3
Олімпо F_1	74,4	83,8	60,7	546 300,0	6381,4	387 349,5	158 950,5	41,0

Для енергетичної оцінки вирощування коренеплодів моркви використовували такі параметри, як рівень урожайності, енергетичні витрати на виробництво, кількість енергії, накопиченої в урожаю, а також коефіцієнт енергетичної ефективності (табл. 3).

Таблиця 3. Оцінка енергетичної ефективності вирощування коренеплодів моркви залежно від асортименту сортів та гібридів (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид / сорт	Загальна урожайність коренеплодів, т/га	Товарність, %	Урожайність товарної продукції, т/га	Витрати енергії, МДж/га	Енергоємність урожаю, МДж/га	K_{ee}
Болівар F_1 (К)	64,2	74,5	47,8	105 203,6	95 600	0,909
Олімпо F_1	71,7	80,7	57,8	106 121,2	115 600	1,089
Харізма F_1	50,0	80,9	40,5	99 035,4	81 000	0,818
Канада F_1	53,7	75,6	40,6	99 128,3	81 200	0,819
Яскрава	64,0	79,2	50,7	95 942,08	101 400	1,057
Кампіно	70,0	80,3	56,2	105 022,5	112 400	1,070
Шантане червоне серце	54,6	79,6	43,5	100 045,7	87 000	0,870
Карлена (К)	45,4	80,1	36,4	98 038,5	72 800	0,743

У сучасних умовах сільськогосподарське виробництво дедалі більше орієнтується на ефективне й економне використання енергетичних ресурсів. Водночас недостатньо науково обґрунтовані технології вирощування та зберігання овочевої продукції спричиняють зростання витрат як прямої, так і непрямої енергії. Актуальність цієї проблеми посилюється на фоні високих цін на паливно-мастильні матеріали, мінеральні добрива та засоби захисту рослин, що істотно підвищує собівартість продукції та знижує загальну економічну ефективність галузі [5; 7; 12; 13].

З аналізу даних таблиці 3 видно, що енергетична ефективність вирощування моркви значною мірою визначалася генетичними особливостями сорту або гібрида. Витрати енергії на виробництво коренеплодів коливалися в межах 98 038,5–106 121,2 МДж/га, енергоємність продукції становила 72 800–115 600 МДж/га. Найвищі значення коефіцієнта енергетичної ефективності зафіксовано в гібрида Олімпо F_1 – 1,089 та в сорту Кампіно – 1,070.

Крім того, встановлено, що на рівень енергетичної ефективності вирощування значний вплив справляла обробка насіння досліджуваних сортів і гібридів моркви мікоризоутворювальними препаратами (табл. 4).

Таблиця 4. Оцінка енергетичної ефективності використання бактеріального препарату Мікофренд для обробки насіння моркви в технологіях вирощування коренеплодів (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид / мікоризація насіння	Загальна урожайність коренеплодів, т/га	Товарність, %	Урожайність товарної продукції, т/га	Витрати енергії, МДж/га	Енергоємність урожаю, МДж/га	K_{ee}
Без застосування мікоризації (контроль)						
Болівар F_1	64,2	74,5	47,8	105 203,6	95 600	0,909
Олімпо F_1	71,7	80,7	57,8	106 121,2	115 600	1,089
Обробка насіння моркви бактеріальним препаратом Мікофренд (20 г/кг)						
Болівар F_1	66,2	79,3	49,6	104 395,4	95 850	0,918
Олімпо F_1	74,4	83,8	60,7	105 343,7	116 325	1,104

З аналізу даних таблиці 4 видно, що найвищі значення коефіцієнта енергетичної ефективності спостерігалися в разі обробки насіння бактеріальним препаратом Мікофренд у гібридів Болівар F_1 (0,918) та Олімпо F_1 (1,104). Цей варіант також відзначався максимальною енергетичною накопичувальною здатністю врожаю – 95 850–116 325 МДж/га. Таким чином, саме обробка насіння Мікофрендом забезпечила найвищу енергетичну ефективність у досліді вирощування столової моркви.

Висновки. Експериментальні дослідження показали, що вирощування різних сортів та гібридів середньостиглої моркви характеризується різним рівнем економічної та енергетичної ефективності (Кее), при цьому найвищі показники спостерігаються в гібрида Олімпо F_1 та в сорту Кампіно. Застосування мікоризації насіння бактеріальним препаратом Мікофренд не спричиняє значного збільшення виробничих витрат на проведення агрозаходу, водночас забезпечує підвищення загальної врожайності коренеплодів на 2,0–2,7 т/га, збільшення товарності на 3,1–4,8 % та покращення рентабельності на 4,1–6,6 % порівняно з контролем (без мікоризації насіння).

Вирощування гібрида Олімпо F_1 та сорту Кампіно забезпечує найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 1,089–1,070, що на 0,013–0,346 перевищує показники інших досліджуваних сортів і гібридів моркви столової. Найвищі значення енергетичного коефіцієнта спостерігалися в разі обробки насіння бактеріальним препаратом Мікофренд у гібридів Болівар F_1 (0,918) та Олімпо F_1 (1,104).

Отримані результати свідчать про доцільність у формуванні потенційно можливого урожаю коренеплодів моркви правильного вибору сортів та гібридів навіть у межах тієї самої групи стиглості, використання мікоризації насіння бактеріальними препаратами типу Мікофренд у зоні проведення досліджень.

У подальшому планується провести дослідження тривалості періоду зберігання коренеплодів моркви різних сортів та гібридів з урахуванням мікоризації насіння бактеріальним препаратом Мікофренд.

Список використаних джерел

1. Адаптивна технологія вирощування насіння моркви : монографія / за ред. О. Д. Вітанова. Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2020. 204 с.

2. Витрати палива і норми продуктивності для сільськогосподарської техніки, яка використовується для проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин у філіях Українського інституту експертизи сортів рослин. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України; Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця : ТОВ «Твори», 2020. 68 с.

3. Відновлення природно-ресурсного потенціалу та стійкості екосистем : колективна монографія (Чайка Т. О., Короткова І. В. Формування продуктивності моркви столової за різних способів передпосівної обробки насіння. С. 179–224.) / За заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2023. 308 с.

4. Воєводін В. Морква в цифрах і фактах: як заробити більше. *Агробізнес сьогодні*. 2025. № 5. https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/32701-morkva-v-tsyfrakh-i-faktakh-iak-zarobyty-bilshe.html.

5. Ковальчук О. В. Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва. *Розвиток економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності в умовах глобалізації*. 2018. № 15. С. 58–63.

6. Малік М. Й. Методичні підходи до організації маркетингу інновацій наукоємного ринку агропромислового виробництва. *Економіка АПК*. 2005. Вип. 8. С. 22–26.

7. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1995. 208 с.

8. Мертенс В. П. Економіка сільського господарства. К. : Урожай, 1995. С. 248–253.

9. Покропивний С. Ф. Економіка підприємств. КНЕУ, 2000. 528 с.

10. Саблук П. Т., Мазоренко Д. І., Мазнєв Г. Є. Технологія та нормативи витрат на вирощування овочевих культур. Київ : ННЦ ІАЕ, 2012. 340 с.

11. Саблук П. Т., Мазоренко Д. І., Тіщенко Л. М., Мазнєвтаін Г. Є. Прогресивні технології та нормативи витрат на вирощування овочевих культур [2-ге вид.]. Харків : Майдан, 2012. 339 с.

12. Смаглій О. Ф., Малиновський А. С., Кардашов А. Т. та ін. Енергетична оцінка агроекосистем. Житомир, 2004. 128 с.

13. Тараріко Ю. О. Системи біоенергетичного аграрного виробництва. Київ : ДІА, 2009. 16 с.

Palamarchuk V. D.
Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production and Horticulture,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *vd-palamarchuk@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-4906-3761*

Nakhtman E. V.
Postgraduate Student at the Department of Crop and Horticultural Sciences,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *evgenijnahtman@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-7305-9594*

ECONOMIC AND ENERGY EFFICIENCY OF CARROT ROOT CROP PRODUCTION

Abstract

The article presents the results of a study on the influence of the assortment of varieties and hybrids, as well as seed mycorrhization, on the economic and energy efficiency of cultivating table carrot roots under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The aim of the study was to evaluate the economic and energy efficiency of carrot root cultivation depending on the assortment of varieties and hybrids, as well as seed mycorrhization with the bacterial preparation Mycofriend, under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Research methods included observation, laboratory analysis, hypothesis formulation, experimentation, field studies, visual assessment, and comparative-calculation methods. Experimental studies were conducted in 2023–2025 in open field conditions using various mid-ripening carrot varieties and hybrids. Sowing was performed using a ridge method with a 20 + 50 cm row spacing. Prior to sowing, seeds of the hybrids Bolivar F1 and Olimpo F1 were treated with the mycorrhizal preparation Mycofriend at a rate of 20 g/kg of seeds. Observations, recordings, and assessments of the energy and economic efficiency of the applied technological elements were carried out in accordance with generally accepted methodologies.

Results. The highest gross output values were obtained for the hybrid Olimpo F1 (UAH 520,200/ha) and the variety Kampino (UAH 505,800/ha), which also provided the maximum net profit – 133,350.5 UAH/ha and 119,489.1 UAH/ha, respectively. The profitability level for these variants reached 34.5 % and 30.9 %. Seed mycorrhization in the studied carrot hybrids ensured the highest economic efficiency indicators: gross output for Bolivar F1 amounted to UAH 446.4 thousand/ha, and for Olimpo F1 – UAH 546.3 thousand/ha; net profit – 59.2122 and 158.9505 thousand UAH/ha, respectively; profitability – 15.3 % and 41.0 %, with the lowest production costs – UAH 7,806.2/t and UAH 6,381.4/t. The highest energy efficiency coefficient values were recorded for the hybrid Olimpo F_1 – 1.089, and for the variety Kampino – 1.070. Seed mycorrhization resulted in energy efficiency coefficients of 0.918 for Bolivar F1 and 1.104 for Olimpo F_1, respectively.

Conclusions. The best indicators of economic efficiency and energy coefficient were observed in the hybrid Olimpo F1 and the variety Kampino. Seed mycorrhization with the bacterial preparation Mycofriend does not significantly increase production costs, while it ensures an increase in total root yield by 2.0–2.7 t/ha, an improvement in marketable yield by 3.1–4.8 %, and an enhancement of profitability by 4.1–6.6 % compared to the control (without seed mycorrhization). The highest energy efficiency coefficient values were recorded with seed treatment using the bacterial preparation Mycofriend for the hybrids Bolivar F_1 (0.918) and Olimpo F_1 (1.104).

Key words: *carrot, economic assessment, energy efficiency coefficient, seed mycorrhization, variety, hybrid, yield, root crop, production cost.*

References

1. Vitanov, O. D. (2020). Adaptyvna tekhnolohiia vyroshchuvannia nasinnia morkvy: monohrafiia [Adaptive technology for carrot seed cultivation: monograph]. Vinnytsia: TOV “TVORY”. 204 p. [in Ukrainian].

2. Vytraty palyva i normy produktyvnosti dlia silskohospodarskoi tekhniky, yaka vykorystovuietsia dlia provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn u filiiakh Ukrainskoho instytutu ekspertyzy sortiv roslyn (2020). [Fuel consumption and performance standards for agricultural machinery used in the qualification testing of plant varieties at branches of the Ukrainian plant variety examination institute]. Ministerstvo rozvytku ekonomiky, torhivli ta silskoho hospodarstva Ukrainy; Ukrainskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn. Vinnytsia: TOV “Tvory”. 68 p. [in Ukrainian].

3. Vidnovlennia pryrodno-resursnoho potentsialu ta stiikosti ekosystem: kolektyvna monohrafiia (2023) [Restoration of natural resource potential and ecosystem stability: collective monograph]. (Chaika T.O., Korotkova I.V. Formuvannia produktyvnosti morkvy stolovoi za riznykh sposobiv peredposivnoi obrobky nasinnia [Formation of table carrot productivity under different seed pre-sowing treatments]. P. 179–224.). Za zah. red. T.O. Chaiky. Poltava: Vydavnytstvo PP “Astraia”. 308 p. [in Ukrainian].

4. Voievodin, V. (2025). Morkva v tsyfrakh i faktakh: yak zarobyty bilshe [Carrots in numbers and facts: how to earn more]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, 5. Retrieved from: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/32701-morkva-v-tsyfrakh-i-faktakh-iak-zarobyty-bilshe.html [in Ukrainian].

5. Kovalchuk, O. V. (2018). Ekonomichna efektyvnist vyrobnytstva produktsii roslynnytstva [Economic efficiency of crop production]. *Rozvytok ekonomiky, pidpryiemnytstva, torhivli ta birzhovoi diialnosti v umovakh hlobalizatsii – Development of economics, entrepreneurship, trade, and exchange activities in the context of globalization*, 15, 58–63 [in Ukrainian].

6. Malik, M. Y. (2005). Metodychni pidkhody do orhanizatsii marketynhu innovatsii naukoiemnoho rynku ahropromyslovoho vyrobnytstva [Methodological approaches to organizing innovation marketing in the science-intensive agro-industrial market]. *Ekonomika APK – Ekonomika AIC*, 8, 22–26 [in Ukrainian].

7. Medvedovskyi, O. K., Ivanenko, P. I. (1995). Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]. Kyiv: Urozhai. 208 p. [in Ukrainian].

8. Mertens, V. P. (1995). Ekonomika silskoho hospodarstva [Economics of agriculture]. Kyiv : Urozhai. P. 248–253 [in Ukrainian].

9. Pokropyvnyi, S. F. (2000). Ekonomika pidpryiemstv [Economics of enterprises]. KNEU. 528 p. [in Ukrainian].

10. Sabluk, P. T., Mazorenko, D. I., Mazniev, H. Ye. (2012). Tekhnolohiia ta normatyvy vytrat na vyroshchuvannia ovochevykh kultur [Technology and standards for the costs of vegetable crop production]. Kyiv : NNTs IAE. 340 p. [in Ukrainian].

11. Sabluk, P. T., Mazorenko, D. I., Tishchenko, L. M., Maznievtain, H. Ye. (2012). Prohresyvni tekhnolohii ta normatyvy vytrat na vyroshchuvannia ovochevykh kultur [2-he vyd.] [Advanced technologies and cost standards for vegetable crop production [2nd ed.]]. Khsrkiv : Maidan. 339 p. [in Ukrainian].

12. Smahlii, O. F., Malynovskyi, A. S., Kardashov, A. T., et al. (2004). Enerhetychna otsinka ahroekosystem [Energy assessment of agroecosystems]. Zhytomyr. 128 p. [in Ukrainian].

13. Tarariko, Yu. O. (2009). Systemy bioenerhetychnoho ahrarnoho vyrobnytstva [Bioenergy systems in agricultural production]. Kyiv : DIA. 16 p. [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 22.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 27.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.88:582.998.2:631.55 (477.43+477.85)
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-22

Паращук В. В.
доктор філософії зі спеціальності 201 «Агрономія»,
асистент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** parvital@ukr.net*
***ORCID:** 0000-0002-6646-6343*

Рудь А. В.
доктор філософії зі спеціальності 201 «Агрономія»,
асистент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** rud.anatoliy.83@gmail.com*
***ORCID:** 0000-0002-1714-2596*

ЗБЕРЕЖЕННЯ РОСЛИН ТА ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ СУХОЇ РЕЧОВИНИ В ПОСІВАХ НАГІДОК ЛІКАРСЬКИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

Анотація

Нагідки лікарські (Calendula officinalis L.) – цінна лікарська рослина, яка широко використовується офіційною та народною медициною як в Україні, так і в Європі. Лікарською сировиною рослини є суцвіття, що характеризуються протизапальними, бактерицидними, гіпотензивними, седативними, кардіотонічними та іншими властивостями.

У статті розглянуто питання окремих аспектів вирощування нагідок лікарських з урахуванням впливу сортових особливостей і способів застосування регуляторів росту рослин. Крім того, наведено результати досліджень наукової спільноти щодо впливу основних агротехнічних заходів під час вирощування календули в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

Мета наших досліджень полягала у встановленні впливу способів застосування регуляторів росту на ріст та розвиток рослин різних сортів нагідок лікарських за вирощування в умовах Лісостепу Західного. Закладався двофакторний дослід, де фактор А – регулятор росту рослин (без обробки – контроль, Івін, Авангард Стимул, Азатофіт Р), фактор С – спосіб застосування (обробка насіння, обприскування посіву).

За результатами проведених обліків та спостережень на варіантах передпосівної обробки насіння регуляторами росту встановлено підвищення схожості нагідок лікарських на 2–4 %. Усі досліджувані препарати різною мірою впливали на підвищення показника. Оптимальну польову схожість насіння 90 % відмічено на варіанті передпосівної обробки насіння регулятором росту Івін, перевищення контролю на цьому варіанті становило 4 %.

Найвищими показниками виживання рослин відрізнялися два варіанти: обприскування посівів регулятором росту Азотофіт Р та обробка насіння препаратом Івін, показники становили 95 і 94 % відповідно, тобто з перевищенням контролів на 6 та 4 %.

Оптимальні показники накопичення сухої маси рослин у посівах нагідок лікарських відмічалися на початку відмирання рослин, значення були від 0,72 до 0,96 кг/м^2. Кращими показниками виділились препарати Азотофіт Р та Івін.

***Ключові слова:** нагідки лікарські, регулятор росту, обробка насіння, обприскування посіву, схожість, виживання рослин, суха речовина.*

Вступ. Лікарські рослини посідають вагоме місце в арсеналі терапевтичних засобів, оскільки мають значний діапазон фармакологічного ефекту лікарських препаратів із рослинної сировини. Нагідки лікарські (*Calendula officinalis L.*) найчастіше використовуються в офіційній та народній медицині, оскільки мають цілу низку лікувальних властивостей: протизапальні, бактерицидні, гіпотензивні, седативні, кардіотонічні [1, с. 3; 6, с. 209; 10, с. 285]. Екстракти лікарської сировини нагідок лікарських проявляють антиоксидантні властивості [3, с. 7]. Широкий спектр застосування культури становить інтерес серед науковців та практиків.

На культурі нагідок лікарських виконано ряд досліджень у різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

В умовах південної частини Лісостепу Західного досліджено вплив комплексу технологічних заходів: строку сівби, ширини міжрядь та відстані між рослинами в рядку на формування урожайності і якості суцвіть нагідок лікарських [8, с. 222]. Т. О. Падалко у своїй наукові праці показує динаміку росту та розвитку рослин календули залежно від тривалості та фаз вегетації в умовах Правобережного Лісостепу [11, с. 78].

© Паращук В. В., Рудь А. В., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

До шляху до отримання високої продуктивності лікарських рослин важливе значення мають схожість та збереження рослин, оскільки ці специфічні культури характеризуються зазвичай низькою схожістю. Саме питанням схожості лікарських рослин присвячено наукові праці низки науковців.

Г. М. Клепач, О. М. Лупак та ін. провели дослідження впливу передпосівної обробки мікродобривом «Аватар-2 органік» на лабораторну та польову схожість насіння Calendula officinalis L [5, с. 25]. За еспериментальними даними С. В. Солоненка встановлено, що на схожість і виживання рослин сафлору красильного доцільно впливати застосуванням регулятора росту регоплант за посівної оброки насіння [7, с. 110]. Є. В. Григоришин досліджував вплив ряду рістрегулювальних препаратів на енергію проростання та схожість ехінацеї блідої. Обробка гібереліном значно стимулювала енергію проростання [4, с. 132]. Дослідженнями Л. А. Вітровчак встановлено, що на схожість чорнушки посівної регулятори росту мали деякий вплив, оптимальні показники отримано із застосуванням препарату Регоплант [2, с. 39]. В. А. Тарасюк та ін. встановили підвищення схожості та виживання рослин нагідок лікарських за використання регуляторів росту Стимпо та Регоплант [9, с. 63].

Отже, рядом досліджень встановлена доцільність застосування біологічно активних препаратів для підвищення схожості та виживання лікарських культур.

Мета дослідження полягала у встановленні впливу способів застосування регуляторів росту рослин на схожість, виживання й накопичення сухої речовини в посівах нагідок лікарських за вирощування в умовах Лісостепу Західного. У дослідах вивчалося два фактори: А – регулятор росту (без регулятора – контроль, Івін, Авангард Стимул, Азотофіт Р), В – спосіб застосування (обробка насіння, обприскування посівів у фазі розетки листків).

Виклад основного матеріалу дослідження. Отримання дружніх сходів будь-якої культури, у т. ч. і нагідок лікарських, – це запорука отримання високої продуктивності рослин. Тому саме схожості присвячено ряд досліджень наукової спільноти. Належний результат у цьому напрямі можна отримати із застосуванням передпосівної обробки насіння різного виду біологічними препаратами.

За результатами наших досліджень на варіантах передпосівної обробки насіння регуляторами росту встановлено підвищення схожості нагідок лікарських на 2–4 %. Усі досліджувані препарати різною мірою впливали на підвищення показника. Оптимальна польова схожість насіння 90 % була на варіанті передпосівної обробки насіння регулятором росту Івін, перевищення контролю на цьому варіанті становило 4 %. Мінімальне підвищення схожості – на 2 % – було із застосуванням регулятора росту Авангард Стимул.

Таблиця 1. Схожість та виживання рослин нагідок лікарських залежно від регуляторів росту рослин за різних способів їх застосування, % (середнє за 2022–2024 рр.)

Регулятор росту (А)	Спосіб застосування (В)	Схожість, %		Виживання рослин,%	
		фактично	± до контролю	фактично	± до контролю
Без регулятора (контроль)	обробка насіння	86	–	90	–
	обприскування посіву	85	–	91	–
Івін	обробка насіння	90	4	94	4
	обприскування посіву	85	–	87	2
Авангард Стимул	обробка насіння	88	3	91	1
	обприскування посіву	85	–	88	3
Азотофіт Р	обробка насіння	88	2	92	2
	обприскування посіву	86	1	95	6

Показник виживання (збереження рослин) визначали на завершенні періоду цвітіння рослин з підрахунком відсотку збережених рослин від схожих. Щодо виживання рослин нагідок лікарських на кінець вегетації, то показники коливались у межах 88–94 %.

Оптимальними показниками виживання рослин відрізнялися два варіанти: обприскування посівів регулятором росту Азотофіт Р та обробка насіння препаратом Івін, показники становили відповідно: 95 і 94 %, тобто з перевищенням контролів на 6 та 4 %.

Щодо порівняльної оцінки рослин сортів нагідок лікарських Березотіцька сонячна та Сонячна красуня, то їх схожість становила 88 та 85 % відповідно (рис. 1).

Виживання рослин сорту Березотіцька сонячна було на 1 % вищим порівняно із сортом Сонячна красуня.

Різна способи застосування регуляторів росту рослин впливали на ріст і розвиток нагідок лікарських, зокрема на накопичення сухої речовини в рослинах. У фазі сходів показник перебував у межах 0,04–0,06 кг/м^2 (табл. 2).

Встановлено, що показник збільшився на варіантах, де проводилася передпосівна обробка насіння регуляторами росту рослин на 0,01–0,02 кг/м^2. Аналогічна тенденція була і у фазі розетки листків, оскільки обприскування, здійснене в цій фазі, ще не дало вагомого ефекту, перевищення контролю було 1–3 кг/м^2.

У фазі бутонізації вплив регуляторів росту проявлявся і за обробки насіння, і за обприскування посівів, перевищення контролів становило 3–12 кг/м^2. Оптимальне накопичення сухої маси в середньому за роки досліджень становило 0,38 кг/м^2, що більше від контролю на 12 кг/м^2.

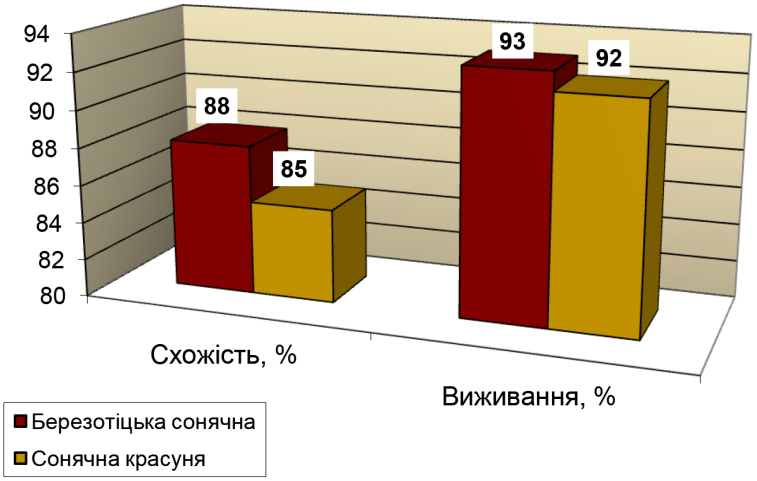


Рис. 1. Схожість та виживання сортів нагідок лікарських (середнє за 2022–2024 рр.)

Таблиця 2. Динаміка накопичення сухої маси рослин нагідок лікарських залежно від способів застосування регуляторів росту рослин, кг/м^2 (середнє за 2022–2024 рр.)

Регулятор росту (А)	Спосіб застосування (В)	Фаза росту і розвитку рослин					
		сходи	розетка листків	бутонізація	початок цвітіння	кінець цвітіння	початок відмирання
Без регулятора (контроль)	обробка насіння	0,04	0,13	0,26	0,33	0,41	0,72
	обприскування посіву	0,04	0,13	0,26	0,34	0,42	0,74
Івін	обробка насіння	0,06	0,15	0,35	0,43	0,52	0,93
	обприскування посіву	0,04	0,14	0,31	0,40	0,45	0,87
Авангард Стимул	обробка насіння	0,05	0,14	0,29	0,37	0,44	0,81
	обприскування посіву	0,04	0,15	0,32	0,42	0,45	0,84
Азотофіт Р	обробка насіння	0,06	0,15	0,32	0,41	0,51	0,90
	обприскування посіву	0,04	0,16	0,38	0,45	0,56	0,96
V		*19,8*	*7,4*	*13,4*	*10,9*	*11,4*	*10,2*

Упродовж тривалості фази цвітіння нагідок лікарських спостерігалася така ж тенденція у розрізі варіантів. Оптимальні значення забезпечили варіанти обприскування препаратами Азотофіт Р та Авангард Стимул, а також обробка насіння регулятором росту Івін.

Максимальні показники накопичення сухої маси рослин у посівах нагідок лікарських відмічалися на початку відмирання рослин, значення були від 0,72 до 0,96 кг/м^2. Максимальними показниками виділилися препарати Азотофіт Р та Івін.

Універсальний біопрепарат Азотофіт Р за своїми характеристиками здатний стимулювати розвиток кореневої системи, прискорювати ріст рослин, покращувати азотне живлення рослин, пришвидшувати та продовжувати цвітіння. Азотне живлення, необхідне для накопичення надземної маси рослин, покращується завдяки наявності в препараті Азотофіт Р азотфіксувальних бактерій Azotobacter chrooccum. Таким механізмом дії препарату Азотофіт Р пояснюється ефективність його під час застосування на нагідках лікарських.

Висновки. На варіантах передпосівної обробки насіння регуляторами росту встановлено підвищення схожості нагідок лікарських на 2–4 %. Усі досліджувані препарати різною мірою впливали на підвищення показника. Оптимальну польову схожість насіння 90 % відмічено на варіанті передпосівної обробки насіння регулятором росту Івін, перевищення контролю на цьому варіанті становило 4 %.

Найвищими показниками виживання рослин відрізнялися два варіанти: обприскування посівів регулятором росту Азотофіт Р та обробка насіння препаратом Івін, показники становили 95 і 94 % відповідно, тобто з перевищенням контролів на 6 та 4 %.

Оптимальні показники накопичення сухої маси рослин у посівах нагідок лікарських відмічалися на початку відмирання рослин, значення були від 0,72 до 0,96 кг/м^2. Кращими показниками виділилися препарати Азотофіт Р та Івін.

У перспективі плануємо встановити вплив способів застосування регуляторів росту рослин на хімічний склад суцвіть нагідок лікарських. Заслуговують на вивчення питання накопичення біологічно-активних речовин у лікарській сировині нагідок лікарських залежно від погодних умов та агротехнічних заходів.

Список використаних джерел

1. Бобирьов В. М., Дев'яткіна Н. М. Нові механізми дії ромашки та календули як основа їхнього застосування в сучасних лікарських засобах для стоматологічної практики. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2014. № 1. С. 3–9.

2. Вітровчак Л. А. Схожість та біометричні показники чорнушки посівної залежно від агротехнічних чинників в умовах Лісостепу західного. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 135. С. 34–39. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.5

3. Горчакова Н. О., Олійник С. А., Гаркава К. Г., Купраш Л. П., Чекман І. С., Туманов В. А. та ін. Антиоксидантні засоби – необхідні компоненти комплексної фармакотерапії. *Фітотерапія в Україні*. 2000. № 1 (9). С. 7–13.

4. Григоришин Є. В. Схожість та енергія проростання насіння ехінацеї блідої (echinacea pallida (nutt.) nutt.) в залежності від впливу стимуляторів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 3. С. 126–132.

5. Клепач Г. М., Лупак О. М., Дякунчак М. І., Шпек М. П., Ковальчук Г. Я. Вплив передпосівної обробки мікродобривом «Аватар-2 органік» на лабораторну та польову схожість насіння Calendula officinalis L. *Acta Carpathica*. 2022. № 1. С. 14–25. DOI: 10.32782/2450-8640.2024.2.8

6. Лихочвор В. В., Борисюк В. С., Дубковецький С. В., Онищук Д. М. Лікарські рослини. Значення, ботанічні і біологічні особливості, технологія вирощування, заготівля. Львів : НВФ «Українські технології», 2003. С. 208–211.

7. Солоненко С. В. Схожість та виживання рослин сафлору красильного залежно від досліджуваних факторів. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. С. 105–110.

8. Сухар С. В. Продуктивність нагідок лікарських в Лісостепу західному України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2012. Вип. 4 (1). С. 217–222.

9. Тарасюк В. А., Безвіконний П. В., Потапський Ю. В. Удосконалення агротехніки вирощування нагідок лікарських (*Calendula officinalis L.*) в умовах Західного Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 45. С. 59–63. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.8

10. Barbour E. K., Sagherian V., Talhouk S., Talhouk R., Farran M. T., Sleiman F. T., Harakeh S. Evaluation of homeopathy in broiler chickens exposed to live viral vaccines and administered *Calendula officinalis extract*. *Med Sci Monit*. 2004. Vol. 10. Iss. 8. P. 281–285.

11. Padalko T. O. Dynamics of growth and development of Calendula plants (Calendula officinalis L.) according to the duration and phases of vegetation in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *International periodic scientific journal: "Scientific World Journal"*. Bulgaria. Vol. 23, no. 2. P. 72–78. DOI: https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-23-00-055

Paraschuk V. V.
Doctor of Philosophy specialty 201 "Agronomy",
Assistant at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podilskyi State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *parvital@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6646-6343*

Rud A. V.
Doctor of Philosophy specialty 201 "Agronomy",
Assistant at the Department of Crop Production, Breeding and Seed Science,
Higher educational institution "Podilskyi State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *rud.anatoliy.83@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-1714-2596*

PLANT SURVIVAL AND DYNAMICS OF DRY MATTER ACCUMULATION IN CALENDULA OFFICINALIS CROPS DEPENDING ON THE APPLICATION OF GROWTH REGULATORS

Abstract

Calendula officinalis L. is a valuable medicinal plant widely used in both official and folk medicine in Ukraine and Europe. The medicinal raw material of the plant consists of inflorescences, which are characterized by anti-inflammatory, bactericidal, hypotensive, sedative, cardiotonic, and other properties.

The article considers certain aspects of cultivating calendula officinalis, taking into account the influence of varietal characteristics and methods of applying plant growth regulators. In addition, the results of studies conducted by the scientific community on the impact of the main agrotechnical measures in calendula cultivation under different soil and climatic conditions of Ukraine are presented.

The purpose of our research was to determine the influence of methods of applying growth regulators on the growth and development of plants of different calendula varieties when grown under the conditions of the Western Forest-Steppe. A two-factor experiment was established, where factor A was the plant growth regulator (no treatment – control, Ivin, Avangard Stimul, Azotofit R), and factor C was the method of application (seed treatment, crop spraying).

As a result of the conducted records and observations, it was found that pre-sowing seed treatment with growth regulators increased the germination of calendula officinalis by 2–4 %. All studied preparations affected this indicator to varying degrees. The

optimal field germination rate of seeds (90 %) was observed in the variant with pre-sowing seed treatment using the growth regulator Ivin, which exceeded the control by 4 %.

The highest plant survival rates were recorded in two variants: spraying crops with the growth regulator Azotofit R and seed treatment with Ivin, with indicators of 95 % and 94 %, respectively, which exceeded the control by 6 % and 4 %.

Optimal indicators of dry matter accumulation in calendula officinalis crops were observed at the beginning of plant senescence, with values ranging from 0.72 to 0.96 kg/m^2. The best results were obtained with the preparations Azotofit R and Ivin.

Key words: *calendula officinalis, growth regulator, seed treatment, crop spraying, germination, plant survival, dry matter.*

References

1. Bobyrov, VM., & Deviatkina, N. M. (2014). New mechanisms of action of chamomile and calendula as the basis of their use in modern medicines for dental practice [Novi mekhanizmy dii romashky ta kalenduly yak osnova yikhnoho zastosuvannia v suchasnykh likarskykh zasobakh dlia stomatolohichnoi praktyky]. *Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia – Pharmacology and Drug Toxicology*, (1), 3–9 [in Ukrainian].

2. Vitrovchak, L. A. (2024). Germination and biometric indicators of black cumin depending on agrotechnical factors in the conditions of the western Forest-Steppe [Skhozhist ta biometrychni pokaznyky chornushky posivnoi zalezhno vid ahrotekhnichnykh chynnykiv v umovakh Lisostepu zakhidnoho]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Herald*, (135), 34–39. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.5 [in Ukrainian].

3. Horchakova, N. O., Oliinyk, S. A., Harkava, K. H., Kuprash, L. P., Chekman, I. S., Tumanov, V. A., et al. (2000). Antioxidant agents – necessary components of complex pharmacotherapy [Antyoksydantni zasoby – neobkhidni komponenty kompleksnoi farmakoterapii]. *Fitoterapiia v Ukraini – Phytotherapy in Ukraine*, (1), 7–13 [in Ukrainian].

4. Hryhoryshyn, Ye. V. (2017). Germination and germination energy of pale purple coneflower seeds (Echinacea pallida (Nutt.) Nutt.) depending on the influence of stimulants [Skhozhist ta enerhiia prorostannia nasinnia ekhinatsei blidoi (Echinacea pallida (Nutt.) Nutt.) v zalezhnosti vid vplyvu stymuliatoriv]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 126–132 [in Ukrainian].

5. Klepach, H. M., Lupak, O. M., Diakunchak, M. I., Shpek, M. P., & Kovalchuk, H. Ya. (2022). Influence of pre-sowing treatment with microfertilizer “Avatar-2 Organic” on laboratory and field germination of Calendula officinalis L. seeds [Vplyv peredposivnoi obrobky mikrodobryvom “Avatar-2 orhanik” na laboratornu ta polovu skhozhist nasinnia Calendula officinalis L.]. *Acta Carpathica*, (1), 14–25. https://doi.org/10.32782/2450-8640.2024.2.8 [in Ukrainian].

6. Lykhochvor, V. V., Borysiuk, V. S., Dubkovetskyi, S. V., & Onyshchuk, D. M. (2003). Medicinal plants. Significance, botanical and biological features, technology of growing, harvesting [Likarski roslyny. Znachennia, botanichni i biolohichni osoblyvosti, tekhnolohiia vyroshchuvannia, zahotivlia]. NVF “Ukrainski tekhnolohii” [in Ukrainian].

7. Solonenko, S. V. (2018). Germination and survival of safflower plants depending on the factors studied [Skhozhist ta vyzhyvannia roslyn safloru krasylnoho zalezhno vid doslidzhuvanykh faktoriv]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Herald*, (101), 105–110 [in Ukrainian].

8. Sukhar, S. V. (2012). Productivity of pot marigold in the western Forest-Steppe of Ukraine [Produktyvnist nahidok likarskykh v Lisostepu zakhidnomu Ukrainy]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria – Ukrainian Black Sea Region Agricultural Science*, 4 (1), 217–222 [in Ukrainian].

9. Tarasiuk, V. A., Bezvikonnyi, P. V., & Potapskyi, Yu. V. (2024). Improvement of agricultural techniques for growing pot marigold (Calendula officinalis L.) in the conditions of the Western Forest-Steppe [Udoskonalennia ahrotekhniky vyroshchuvannia nahidok likarskykh (Calendula officinalis L.) v umovakh Zakhidnoho Lisostepu]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, (45), 59–63. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.8 [in Ukrainian].

10. Barbour, E. K., Sagherian, V., Talhouk, S., Talhouk, R., Farran, M. T., Sleiman, F. T., & Harakeh, S. (2004). Evaluation of homeopathy in broiler chickens exposed to live viral vaccines and administered Calendula officinalis extract. *Medical Science Monitor*, 10 (8), 281–285.

11. Padalko, T. O. (2024). Dynamics of growth and development of Calendula plants (Calendula officinalis L.) according to the duration and phases of vegetation in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *International periodic scientific journal: “Scientific World Journal”*, 23 (2), 72–78. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-23-00-055.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 26.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 631.42
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-23

Смільський В. В.
кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри автомобільного транспорту,
Відокремлений структурний підрозділ «Бережанський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»
Бережани, Україна
E-mail: *fractalped@gmail.com*
ORCID: *0009-0008-9837-812X*

Павлів О. В.
кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри екології,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: *olegpavliv826@gmail.com*
ORCID: *0009-0006-2970-1670*

Стрихар М. І.
асистент кафедри машиновикористання та технологій в сільському господарстві,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: *nikolayyakovlev1996@gmail.com*
ORCID: *0009-0002-7055-4810*

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АГРОҐРУНТІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЇХ АГРОФІЗИЧНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ

Анотація

У статті обґрунтовано доцільність застосування фрактального аналізу гранулометричного складу агроґрунтів для кількісної оцінки агрофізичної деградації в умовах інтенсифікації землеробства. Показано, що традиційний підхід, у межах якого гранулометричний склад використовується переважно як класифікаційна ознака, є методологічно обмеженим і не забезпечує достатньої інформативності щодо фізичного стану ґрунтів та ризиків розвитку деградаційних процесів.

Запропоновано поєднання кумулятивного та фрактального аналізу розподілу ґрунтових часток за розмірами як інструмент кількісної інтерпретації структурної організації ґрунтової маси. Показано, що інтенсивність і спрямованість агрофізичної деградації значною мірою визначаються генезисом ґрунтів і особливостями їх гранулометричного складу. Недостатня деталізація фізичних властивостей ґрунтів та відсутність адаптивності в технологіях обробітку сприяють прогресуванню процесів переущільнення, руйнуванню агрегатної структури та зниженню родючості. Встановлено, що форма кумулятивних кривих і характер степеневих залежностей у логарифмічних координатах відображають ступінь упорядкованості гранулометричної структури ґрунту та дозволяють ідентифікувати ознаки агрофізичної деградації, зокрема порушення ієрархічної організації структурних елементів. Показано, що відхилення гранулометричного розподілу від фрактальної поведінки може розглядатися як кількісний індикатор деградаційних змін, зумовлених механічним навантаженням.

Отримані результати підтверджують доцільність використання гранулометричних досліджень у поєднанні з кумулятивним і фрактальним аналізом для наукового обґрунтування адаптивних систем обробітку ґрунту, спрямованих на зменшення агрофізичної деградації та збереження родючості агроґрунтів. Запропонований підхід створює передумови для диференціації ґрунтів за рівнем стійкості до ущільнення і руйнування структури, а також для визначення критичних порогів антропогенного навантаження.

Ключові слова: *агрофізична деградація, гранулометричний склад, кумулятивний аналіз, фрактальна розмірність, структурна ієрархія ґрунту.*

Вступ. Деградація агроґрунтів в Україні набула системного характеру та є одним із ключових чинників зниження продуктивності агроекосистем і стійкості агровиробництва. За різними оцінками, ознаки деградаційних процесів різного генезису та інтенсивності властиві 50–60 % сільськогосподарських угідь, при цьому домінуючою формою залишається агрофізична деградація [1; 2; 6; 7].

© Смільський В. В., Павлів О. В., Стрихар М. І., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Інтенсивність і спрямованість агрофізичної деградації істотно залежать від генезису ґрунтів і їх гранулометричного складу, який визначає механічні властивості ґрунтової маси [1; 5]. Водночас у традиційній ґрунтово-агрономічній практиці гранулометричний склад здебільшого розглядається як класифікаційна ознака, що обмежує можливості кількісної діагностики деградаційних змін і не дозволяє адекватно оцінювати структурну організацію ґрунтової маси. Сучасні уявлення про ґрунт як ієрархічно організовану, поліфракційну систему зумовлюють необхідність переходу від описових до кількісних методів аналізу його структури [4]. Дослідження свідчать, що ґрунти з різним гранулометричним складом характеризуються відмінними траєкторіями деградаційних змін: легкі ґрунти швидше втрачають структурну цілісність, тоді як середні та важкі є більш схильними до ущільнення й деградації порового простору [4; 7]. За таких умов ефективність охоронних заходів значною мірою залежить від наявності кількісних діагностичних критеріїв, здатних ідентифікувати критичні пороги антропогенного навантаження на ґрунт [4]. У цьому контексті перспективним є застосування кумулятивного та фрактального аналізу гранулометричного розподілу, які забезпечують кількісну характеристику масштабної організації ґрунтових часток і дають змогу виявляти порушення структурної впорядкованості. Форма кумулятивних кривих і характер log–log-залежностей можуть відображати відхилення від фрактальної подібності, що може слугувати індикатором агрофізичної деградації ґрунту. В. В. Медведєв акцентує увагу на типологічній специфіці деградаційних процесів: легкі ґрунти швидше втрачають гумус і структурну організацію, середні та важкі – більш схильні до ущільнення, тоді як чорноземи, попри підвищену природну стійкість, деградують за умов надмірного механічного та агрохімічного навантаження [4; 7]. За таких умов ефективність охоронних заходів значною мірою визначається наявністю кількісних діагностичних критеріїв, здатних ідентифікувати критичні пороги антропогенного навантаження.

Висновки В. В. Медведєва узгоджуються з результатами досліджень С. М. Козішкурт [3], який зазначає, що надмірний механічний обробіток, використання важкої сільськогосподарської техніки, дисбаланс органічних і мінеральних добрив, а також порушення ґрунтозахисних технологій призводять до погіршення агрегатного складу та порушення водно-повітряного і теплового режимів кореневмісного шару ґрунту.

Дослідження О. В. Піковської [8] засвідчують, що за умов мінімального обробітку відзначено зростання вмісту агрономічно цінних агрегатів порівняно з традиційною оранкою.

О. М. Шомко та І. В. Давидова [11], досліджуючи деградовані території Українського Полісся, показали, що порушення ґрунтового покриву внаслідок відкритого видобування корисних копалин і вирубування лісів зумовлює втрату екологічної рівноваги, при цьому ріст і розвиток деревних порід безпосередньо залежать від гранулометричного складу та рівня родючості ґрунтів.

Наведені дослідження обмежується аналізом табличних даних або побудовою кумулятивних кривих розподілу часток, що не забезпечує достатньої чутливості до ранніх стадій агрофізичної деградації за умов інтенсивного антропогенного навантаження. Це обґрунтовує доцільність пошуку кількісних методів діагностики, здатних відображати ієрархічну організацію ґрунтової маси та масштабні закономірності розподілу її елементів. У цьому контексті кумулятивний і фрактальний аналіз гранулометричного складу розглядаються як перспективний інструментарій, що забезпечує перехід від описової типології ґрунтів до кількісної оцінки ступеня впорядкованості їхньої структури [10].

Наукові положення, сформульовані В. В. Медведєвим, щодо провідної ролі гранулометричного складу у формуванні фізико-механічних властивостей ґрунтів і необхідності адаптації систем обробітку до їх фізичного стану, створюють теоретичне підґрунтя для впровадження фрактальної гранулометричної діагностики. Такий підхід дозволяє поєднати класичні уявлення про механічний склад ґрунту з сучасними кількісними методами аналізу його структурної організації. У цьому контексті кумулятивно-фрактальний аналіз гранулометричного складу розглядаються як перспективний інструментарій, що дає змогу перейти від описової типології ґрунтів до кількісної оцінки впорядкованості їхньої структури.

Мета роботи – розроблення методики фрактально-орієнтованої кількісної оцінки гранулометричного складу агроґрунтів для ідентифікації агрофізичної деградації та наукового обґрунтування адаптивних систем їх обробітку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Традиційно результати гранулометричного аналізу закінчуються табличними даними процентного вмісту окремих фракцій, і на їх підставі ґрунтам надають узагальнені класифікаційні назви – *піщані, супіщані, легко- або важкосуглинкові тощо*. Такий описовий характер не забезпечує кількісної індивідуальної структурної впорядкованості, текстурної однорідності та деградаційного стану ґрунтового матеріалу, що обмежує можливості діагностики агрофізичних змін.

Для ілюстрації можливостей кумулятивно-фрактального аналізу використано результати гранулометричного та мікроагрегатного аналізу легкоглинистого (табл. 27) і легкосуглинкового ґрунтів (табл. 23), опубліковані в підручнику Булигіна С. Ю. та Вітвіцького С. В. [2]. Отримані дані модифіковано у вигляді відносного вмісту фракцій та представлені у таблицях 1 і 2.

Цінність обраного матеріалу полягає у поєднанні різноспрямованих факторів впливу – традиційної агротехніки, зрошення, а також відмінностей між лісовими ґрунтами та ріллею. Їх порівняння в межах класичної гранулометричної інтерпретації не дозволяє однозначно ідентифікувати відмінності між досліджуваними ґрунтами, що підтверджує обмежену діагностичну здатність суто табличного аналізу. Дані таблиць 1 і 2 були перетворені у кумулятивні суми (табл. 3 і 4). При цьому розмірні інтервали фракцій замінено їх середніми значеннями.

Таблиця 1. Гранулометричний склад легкоглинистого ґрунту (табл. 27)

Фактор впливу		Розмір фракцій, мм					
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
I	1	0,103	0,308	0,145	0,083	0,161	0,193
	2	0,178	0,473	0,172	0,102	0,049	0,026
II	1	0,084	0,316	0,121	0,072	0,157	0,240
	2	0,126	0,376	0,202	0,193	0,067	0,036

***Фактор впливу*:** I – загальноприйнята агротехніка, II – загальноприйнята агротехніка і зрошення слабко мінералізованими водами

Склад: 1 – гранулометричний, 2 – мікроагрегатний.

Таблиця 2. Гранулометричний склад легкосуглинкового ґрунту (табл. 23)

фон	склад	Розмір фракцій, мм					
		>0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001
I	1	0,024	0,120	0,564	0,041	0,098	0,161
	2	0,067	0,226	0,603	0,060	0,037	0,007
II	1	0,023	0,108	0,561	0,054	0,090	0,154
	2	0,050	0,146	0,625	0,078	0,053	0,027

***Фон*:** I – ліс; II – рілля

***Склад*:** 1 – гранулометричний, 2 – мікроагрегатний.

Таблиця 3. Кумулятивний склад фракцій легкоглинистого ґрунту

Фактор впливу		розмір фракцій, мм						*D*	R^2
		0,300	0,150	0,030	0,0075	0,003	0,0005		
I	1	1	0,890	0,582	0,437	0,354	0,193	0,251	0,99
	2	1	0,822	0,349	0,177	0,075	0,026	0,58	0,99
II	1	1	0,906	0,59	0,469	0,397	0,240	0,219	0,99
	2	1	0,874	0,498	0,296	0,103	0,036	0,524	0,99

***Фактор впливу*:** I – загальноприйнята агротехніка,
II – загальноприйнята агротехніка і зрошення слабко мінералізованими водами

***Склад*:** 1 – гранулометричний, 2 – мікроагрегатний.

Таблиця 4. Кумулятивний склад фракцій легкосуглинкового ґрунту

фон	склад	розмір фракцій, мм						*D*	R^2
		0,300	0,150	0,030	0,0075	0,003	0,0005		
I	1	1,000	0,984	0,864	0,300	0,259	0,161	0,317	0,85
	2	1,000	0,933	0,707	0,104	0,044	0,007	0,747	0,75
II	1	0,990	0,967	0,859	0,298	0,244	0,154	0,323	0,85
	2	0,979	0,929	0,783	0,158	0,080	0,027	0,600	0,77

***Фон*:** I – ліс; II – рілля

***Склад*:** 1 – гранулометричний, 2 – мікроагрегатний.

На основі отриманих даних побудовано графіки (рис. 1). Отримані криві візуально засвідчують відмінності між ґрунтами, однак не дозволяють повною мірою охарактеризувати ієрархічну організацію гранулометричних фракцій та масштабну неоднорідність ґрунтової маси.

На рисунку 1а спостерігається практична ідентичність кривих 1 (після застосування загальноприйнятої агротехніки) та 2 (після зрошення). Така ситуація свідчить про недостатню диференційованість результатів і не дозволяє здійснити чітку інтерпретацію фізичних змін у структурно-елементному складі ґрунту, що підтверджує обмежену діагностичну чутливість кумулятивного аналізу. Аналогічний ефект простежується й на рисунку 1, *б*, де кумулятивні криві 1 та 2, відповідно для лісового та орного ґрунтових фонів, демонструють високий ступінь збігу, що також ускладнює диференціацію їхніх фізико-генетичних характеристик.

Значно вищий рівень інформативності дає подання результатів у логарифмічних координатах (рис. 2). Фрактальний аналіз реалізується шляхом апроксимації кумулятивних кривих у log–log координатах, де фрактальна розмірність виступає інтегральним показником упорядкованості гранулометричної структури. Кут нахилу кривих до осі абсцис визначає показник степені *D* апроксимувальної функції, який тут використовується як індекс фрактальності. Точність апроксимації оцінювали за коефіцієнтом детермінації R^2, числові значення якого наведено в таблицях 3 і 4. Високі значення R^2, отримані для даних таблиці 3, істотно контрастують із низькими значеннями

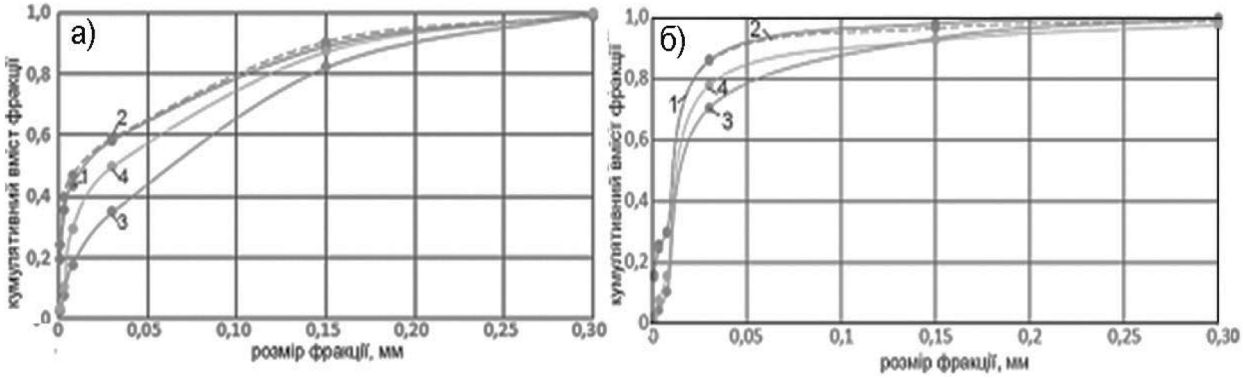


Рис. 1. Графіки кумулятивного складу гранулометричних фракцій:
а – легкоглинистого ґрунту різного використання; б – сірого лісового легкосуглинкового ґрунту

для таблиці 4, що може свідчити про наявність фізичної деградації ґрунту. Як видно з рисунка, структурно стабільні ґрунти характеризуються плавними залежностями близькими до степеневих (рис. 2 *а*), натомість механічно порушені – ламаними кривими з вираженими перегинами (рис. 2, *б*), що підтверджує наявність істотних відмінностей у структурній організації ґрунтів різного агрофізичного стану. Такі перегини відображають порушення ієрархічної організації часток та акумуляцію фракцій у критичних інтервалах розмірів. Зміна кривизни графіків указує на існування масштабних порогів, що відповідають переходу від домінування первинної текстурної організації до вторинної агрегації, модифікованої антропогенним впливом. Порушення лінійності залежностей у log–log координатах свідчить про нефрактальний характер розподілу елементів у окремих масштабних інтервалах, що доцільно розглядати як кількісний індикатор агрофізичної деградації ґрунту техногенного походження. З огляду на нелінійний характер графіків на рис. 2, визначення усередненої фрактальної розмірності *D* для всього діапазону фракцій є методично спрощеним підходом і може маскувати діагностично важливу інформацію.

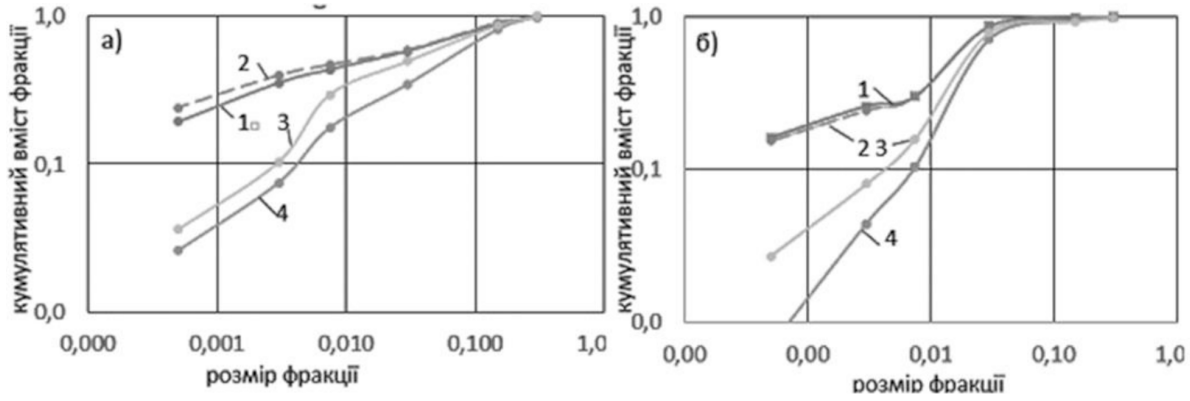


Рис. 2. Log–log-залежність кумулятивного вмісту фракцій від їх розміру, мм:
а – легкоглинистого ґрунту різного використання; б – сірого лісового легкосуглинкового ґрунту;
1 і 2 – гранулометричні фракції; 3 і 4 – мікроагрегатні фракції

У досліджуваних ґрунтах показник *D* змінюється залежно від масштабного інтервалу, що суперечить припущенню про фрактальну самоподібність у широкому діапазоні розмірів ґрунтових елементів. Саме порушення масштабної інваріантності доцільно розглядати як кількісний індикатор агрофізичної деградації, зокрема руйнування агрегатної ієрархії та втрати структурної цілісності. Для деградованих ґрунтів відхилення від фрактальної закономірності проявляється у зміні нахилу кривих і нестабільності значень *D*.

Висновки. Обґрунтовано ефективність кумулятивно-фрактального аналізу як екологічно орієнтованого інструменту діагностики фізичного стану ґрунтів. Запропонований підхід забезпечує кількісну оцінку структурної стабільності ґрунтового покриву та дає змогу своєчасно виявляти початкові прояви агрофізичної деградації, які не завжди фіксуються традиційними показниками.

Встановлено, що форма логарифмічних кумулятивних кривих гранулометричного складу є інформативним діагностичним критерієм для ідентифікації критичних масштабних інтервалів ґрунтових часток. Саме ці інтервали визначають особливості водно-повітряного режиму, структурну цілісність та екологічну функціональність ґрунтів.

Показано, що порушення лінійності log–log-залежностей відображає нефрактальний характер структурної організації ґрунту в окремих масштабних діапазонах. Такі відхилення можуть розглядатися як надійний кількісний індикатор техногенно зумовленої деградації ґрунтів і свідчать про порушення їх ієрархічної структури під впливом антропогенних навантажень.

Перспективними напрямами подальших досліджень є:

– розширення застосування кумулятивно-фрактального аналізу на ґрунти різних генетичних типів і гранулометричних класів з метою уточнення універсальності отриманих діагностичних критеріїв;

– інтеграція фрактальних параметрів із показниками водопроникності, пористості та механічної стійкості агрегатів для комплексної оцінки екологічного стану ґрунтів;

– дослідження динаміки фрактальних характеристик у часовому аспекті з урахуванням змін землекористування та агротехнологій;

Список використаних джерел

1. Бережняк Є. М., Наумовська О. І., Бережняк М. Ф. Деградаційні процеси в ґрунтах України та їх негативні наслідки для довкілля. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2022. Т. 13, № 3–4. С. 96–109. https://doi.org/10.31548/biologiya13(3-4).2022.014

2. Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Агрофізика ґрунту. Підручник. К. : Видавництво, 2021. 315 с.

3. Козішкурт С. М. Збереження родючості ґрунтів Полісся потребує локального моніторингу. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Технічні науки. 2014. Вип. 1. С. 19–26.

4. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М. Гранулометричний склад ґрунтів України: генетичний, екологічний і агрономічний аспекти: монографія. Харків, 2011. 292 с.

5. Медведєв В. В., Пліско І. В. Теоретичні і прикладні аспекти прогнозування стану ґрунтового покриву. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 1 (814). С. 5–14. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-01

6. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М. Агрофізична деградація ґрунтів. Родючість ґрунтів. Моніторинг та управління. Київ : Урожай, 1992. С. 80–90.

7. Медведєв В. В. Структура ґрунту як екологічний чинник. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2009. Вип. 3. С. 25–31.

8. Піковська О. В. Вплив мінімізації обробітку ґрунту на структурний стан чорнозему звичайного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2013. Вип. 183 (2). С. 193–197.

9. Пліско І. В., Уваренко К. Ю., Крилач С. І., Накісько С. Г. Закономірності прояву фізичної деградації в орних ґрунтах України та регіони підвищеного її ризику. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 10 (823). С. 5–13. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-01

10. Човнок Ю. В., Броварець О. О. Використання методів фрактального аналізу довгострокових часових рядів для дослідження параметрів електропровідності ґрунтів сільськогосподарського призначення. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2018. № 3 (66), т. 2. С. 112–119.

11. Шомко О. М., Давидова І. В. Фізико-механічний склад ґрунтів рекультивованих територій після видобування ільменіту на Житомирському Поліссі. *Технічна інженерія*. 2022. № 1. С. 166–175. DOI: https://doi.org/10.26642/ten-2022-1(89)-166-175

Smilskyi V. V.
Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Motor Transport,
Detachabled Subdivision
"Berezhany Professional College of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine"
Berezhany, Ukraine
E-mail: *fractalped@gmail.com*
ORCID: *0009-0008-9837-812X*

Pavliv O. V.
Candidate of Veterinary Sciences,
Associate Professor at the Department of Ecology,
Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
"Berezhany Agrotechnical Institute"
Berezhany, Ukraine
E-mail: *olegpavliv826@gmail.com*
ORCID: *0009-0006-2970-1670*

Stryhar M. I.
Assistant at the Department of Machinery Use and Technologies in Agriculture,
Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
"Berezhany Agrotechnical Institute"
Berezhany, Ukraine
E-mail: *nikolayyakovlev1996@gmail.com*
ORCID: *0009-0002-7055-4810*

FRACTAL ANALYSIS OF AGRICULTURAL SOILS FOR ASSESSMENT OF THEIR AGROPHYSICAL DEGRADATION

Abstract

The paper substantiates the applicability of fractal analysis of particle-size distribution for the quantitative assessment of agrophysical degradation of agricultural soils under intensive land use. It is shown that the conventional approach, in which particle-size composition is treated mainly as a classification characteristic, is methodologically limited and does not provide sufficient information on the physical condition of soils or the risks of degradation processes.

A combined cumulative and fractal analysis of soil particle-size distribution is proposed to quantify the structural organization of the soil mass. The study is based on granulometric data obtained by standard laboratory methods, followed by the construction of cumulative distribution curves and their analysis in logarithmic coordinates. Fractal parameters were determined from the slope of power-law relationships using linear regression, and the quality of approximation was evaluated to ensure the reliability of the obtained indicators.

The results demonstrate that the shape of cumulative curves and the characteristics of log–log dependencies reflect the degree of ordering of the granulometric structure and allow the identification of agrophysical degradation features, including disturbances of the hierarchical organization of soil structural elements. Deviations from fractal behavior of the particle-size distribution are shown to be a quantitative indicator of degradation changes caused by mechanical loading, soil compaction, and destruction of the aggregate structure.

The obtained findings confirm the feasibility of integrating granulometric studies with cumulative and fractal analysis for the scientific substantiation of adaptive soil tillage systems aimed at reducing agrophysical degradation and maintaining soil fertility. The proposed approach enables soil differentiation according to resistance to compaction and structural breakdown, as well as the identification of critical thresholds of anthropogenic pressure.

Key words: *agrophysical degradation, particle-size distribution, cumulative analysis, fractal dimension, soil structural hierarchy.*

References

1. Berezhniak, Ye. M., Naumovska, O. I., Berezhniak, M. F (2022). Dehradatsiini protsesy v gruntakh Ukrainy ta yikh nehatyvni naslidky dlia dovkillia. [Degradation processes in the soils of Ukraine and their negative environmental impacts]. *Biolohichni systemy: teoriia ta innovatsii – Biological Systems: Theory and Innovation*, vol. 13, no. 3–4, pp. 96–109. DOI: 10.31548/biologiya13(3-4).2022.014 [in Ukrainian].

2. Bulyhin, S. Yu., & Vitvitskyi, S.V. (2021). Ahrofizyka gruntu [Soil agrophysics]. Kyiv, Vydavnytstvo, 315 p. [in Ukrainian].

3. Kozishkurt, S. M. (2014). Zberezhennia rodiuchosti gruntiv Polissia potrebuie lokalnoho monitorynhu [Preservation of soil fertility in Polissia requires local monitoring]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Tekhnichni nauky – Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering. Technical Sciences*, issue 1, pp. 19–26 [in Ukrainian].

4. Medvediev, V. V., & Laktionova, T. M. (2011). Hranulometrychnyi sklad gruntiv Ukrainy: henetychnyi, ekolohichnyi i ahronomichnyi aspekty [Particle-size distribution of soils of Ukraine: Genetic, ecological and agronomic aspects]. Kharkiv, 292 p. [in Ukrainian].

5. Medvediev, V. V., & Plisko, I. V (2021). Teoretychni i prykladni aspekty prohnozuvannia stanu gruntovoho pokryvu. [Theoretical and applied aspects of forecasting the state of soil cover.], *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 1 (814), pp. 5–14. DOI: 10.31073/agrovisnyk202101-01 [in Ukrainian].

6. Medvediev, V. V., & Laktionova, T. M. (1992). *Ahrofizychna dehradatsiia gruntiv. In: Rodiuchist gruntiv [Agrophysical soil degradation. In Soil fertility. Monitoring and management]*. Kyiv, Urozhai, pp. 80–90 [in Ukrainian].

7. Medvediev, V. V. (2009). Struktura gruntu yak ekolohichnyi chynnyk [Soil structure as an environmental factor]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, issue 3, pp. 25–31 [in Ukrainian].

8. Pikovska, O. V. (2013). *Vplyv minimizatsii obrobitku gruntu na strukturnyi stan chornozemu zvychainoho [Influence of tillage minimization on the structural condition of typical chernozem]*. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia: Ahronomiia – Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Agronomy*, issue 183 (2), pp. 193–197 [in Ukrainian].

9. Plisko, I. V., Uvarenko, K. Yu., Krylach, S. I., & Nakisko, S. H. (2021). Zakonomirnosti proiavu fizychnoi dehradatsii v ornykh gruntakh Ukrainy ta rehiony pidvyshchenoho yii ryzyku [Regularities of physical degradation manifestation in arable soils of Ukraine and regions of increased risk]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 10 (823), pp. 5–13. DOI: 10.31073/agrovisnyk202110-01 [in Ukrainian].

10. Chovnok Yu. V., & Brovarets O. O. (2018). Vykorystannia metodiv fraktalnoho analizu dovhostrokovykh chasovykh riadiv dlia doslidzhennia parametriv elektroprovidnosti gruntiv silskohospodarskoho pryznachennia [Application of fractal analysis methods of long-term time series to study soil electrical conductivity parameters]. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu – Bulletin of Kherson National Technical University*, no. 3 (66), vol. 2, pp. 112–119 [in Ukrainian].

11. Shomko O. M., & Davydova I. V. (2022) Fizyko-mekhanichnyi sklad gruntiv rekultyvovanykh terytorii pislia vydobuvannia ilmenitu na Zhytomyrskomu Polissi [Physical and mechanical composition of soils in reclaimed areas after ilmenite mining in Zhytomyr Polissia]. *Tekhnichna inzheneriia – Technical Engineering*, no. 1, pp. 166–175. DOI: 10.26642/ten-2022-1(89)-166-175 [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 12.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 636.594:791.82(477-25)
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-24

Сорокун А. В.
аспірант кафедри годівлі тварин та технології кормів імені П. Д. Пшеничного,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *sorokun1997@gmail.com*
ORCID: *0009-0007-4384-8123*

ПОКАЗНИКИ ЗАБОЮ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ВАЛІНУ

Анотація

У статті висвітлено результати досліджень з визначення оптимального рівня валіну в комбікормах для курчат-бройлерів. У науково-господарському досліді досліджено вплив різних рівнів валіну в комбікормах на показники забою у курчат-бройлерів. У добовому віці 330 курчат-бройлерів кросу «Росс-308» випадковим чином розподілені на 3 групи, по 110 голів у кожній, які отримували повнораціонні гранульовані корми, що відрізнялись рівнями валіну. Кількість обмінної енергії, поживних і біологічно активних речовин у комбікормах для всіх груп бройлерів була однаковою. Поживність комбікормів змінювали залежно від віку бройлерів: 1–10, 11–24, 25–37 і 38–45 діб. Кількість загального валіну в комбікормі для контрольної групи, відповідно, становила 11,7; 10,6; 9,8; 9,3 г/кг, для першої дослідної – 12,2; 11,1; 10,2; 9,7 г/кг і для другої дослідної – 11,2; 10,2; 9,4; 8,9 г/кг. За використання комбікорму з підвищеним вмістом валіну, передзабійна жива маса зростає на 2,0 %; маса напівпатраної тушки – на 2,6 %; маса патраної тушки – на 3,5 %; маса грудних м'язів – на 4 %; маса м'язів тазових кінцівок – на 2,4 %; вихід напівпатраної тушки – на 0,6 ($p < 0,05$) %); вихід патраної тушки – на 1,5 %; вихід грудних м'язів – на 2,0 % та вихід м'язів тазових кінцівок – на 1,5 %. За використання комбікорму зі зниженим рівнем валіну порівняно з контролем, маса грудних м'язів птиці була нижчою за контроль на 87 г. що становить 6,1 % ($p < 0,05$), простежувався менший вихід напівпатраної тушки на 0,8 % ($p < 0,01$), менший вихід грудних м'язів (на 4 %, $p < 0,01$).

Проведене дослідження вказує на необхідність оновлення рекомендованих рівнів валіну для різних періодів вирощування птиці. Враховуючи те, що існують різні чинники, через котрі дефіцит валіну в курчат-бройлерів може погіршити показники їхнього росту, є необхідність проведення подальших поглиблених досліджень для розв'язання даної проблеми.

Ключові слова: *валін, амінокислота, комбікорм, курчата-бройлери, забійний вихід.*

Вступ. Високий вміст протеїну в кормах курчат-бройлерів призводить до підвищення вартості кормів і збільшує виділення азоту в довкілля. Поряд із цим, нестача або надлишок протеїну чи окремих незамінних амінокислот призводить до зниження продуктивності птиці та прибутків. Тому точна оцінка потреб сучасної птиці у поживних речовинах надзвичайно важлива для забезпечення благополуччя, продуктивності та ефективності виробництва [4]. Поживність раціону є важливою для реалізації генетичного потенціалу продуктивності птиці [10].

Водночас продуктивність птиці визначається не лише високими приростами живої маси та низькими витратами корму, але й високим забійним виходом. Вихід, у першу чергу, грудних та інших м'язів більш залежний від чинників живлення, ніж інші показники. Доведено вплив валіну на ріст і розвиток м'язів та вихід продуктів забою [9].

Якщо вплив оптимальних рівнів лізину та метіоніну вважається вищим, ніж інших амінокислот на ріст м'язів, то вихід грудних м'язів визначається, передусім, достатньою кількістю валіну в раціоні.

Тривала селекція курчат-бройлерів з урахуванням ефективності використання корму та виходу грудних м'язів [8] супроводжувалася переглядом норм амінокислотного живлення. Також і специфікації у комерційних комбікормах для бройлерів оновлюються відповідно до нових кросів і програм годівлі [2]. Рекомендації щодо валіну наведені для курчат-бройлерів на основі мінімальних вимог сирого протеїну для птиці. Однак для ідеального використання у конкретних умовах вирощування бройлерів вміст амінокислот потрібно оптимізувати, інакше валін, що перевищує граничні потреби, буде дезаміновано та використано для отримання енергії, а не для синтезу білка.

Відомо, що селекція зумовлює певні зміни в будові тіла птиці, отже, і позначається на потребах у поживних речовинах, особливо – у амінокислотах. Наприклад, сучасні програми годівлі курчат-бройлерів можуть мати вищий рівень лізину для забезпечення особливого розвитку грудних м'язів порівняно з потребою на забезпечення приростів живої маси бройлерів [6].

Дослідники також спостерігали більш високу живу масу та підвищення загального білка й альбуміну плазми у відповідь на додавання L-валіну [5]. Необхідно збільшити кількість інгредієнтів, що містять валін, оскільки годівля з дефіцитом валіну може призвести до погіршення продуктивності [1]. Необхідно задовольнити потребу птиці у валіні, перш ніж уводити добавки ізолейцину. Таким чином, валін можна розглядати як четверту лімітуючу амінокислоту в годівлі курчат-бройлерів, вирощених на основі кукурудзяних [3; 7].

© Сорокун А. В., 2026

Мета роботи – дослідження комплексного впливу різних рівнів валіну в раціоні курчат-бройлерів на м'ясну продуктивність.

Виклад основного матеріалу дослідження. Експериментальні дослідження проводилися в умовах виробничих потужностей групи компаній «VITAGRO» на курчатах-бройлерах кросу «Росс-308».

Для дослідів було сформовано 3 групи курчат-бройлерів по 110 голів у кожній, контрольну та дві дослідні, відповідно. Дослід тривав 45 діб і був поділений на 4 періоди: 1–10; 11–24; 25–37 та 38–45 діб відповідно до схеми експерименту (табл. 1).

Бройлерів утримували у приміщенні з регульованим мікрокліматом на підлозі з використанням підстилки. Фронт годівлі та напування відповідав нормативам вирощування кросу «Росс-308».

Таблиця 1. Схема науково-господарського досліду

Група	Показник	Період, діб			
		1–10	11–24	25–37	38–45
		вміст у кормі, г/кг			
Контрольна	Загальний валін	11,7	10,6	9,8	9,3
	Засвоюваний валін	10,0	9,1	8,4	8,0
1-а дослідна	Загальний валін	12,2	11,1	10,2	9,7
	Засвоюваний валін	10,5	9,5	8,8	8,4
2-а дослідна	Загальний валін	11,2	10,2	9,4	8,9
	Засвоюваний валін	9,5	8,6	7,9	7,6

Корм птиця споживала з групових годівниць, воду – з ніпельних напувалок, доступ до яких був вільним упродовж доби. Параметри мікроклімату відповідали вимогам компанії-оригінатора кросу відповідно до періоду вирощування та способу утримання. Під час досліду курчата отримували гранульований повнораціонний комбікорм, який містив різні рівні валіну. Рівень досліджуваного чинника в годівлі регулювали за рахунок уведення до раціону різної кількості синтетичного L-валіну (98,5 % діючої речовини).

Комбікорм курчатам-бройлерам згодовували досхочу. Облік кількості спожитих комбікормів проводили щоденно. Вміст компонентів у комбікормах залежав від періоду досліду: 1–10; 11–24; 25–37; 38–45 діб (табл. 2).

Таблиця 2. Склад повнораціонних комбікормів для курчат-бройлерів, % за масою

Компонент	Період, діб			
	1–10	11–24	25–37	38–45
Макуха соєва	39,50	33,50	29,00	23,50
Кукурудза	33,66	37,68	35,9	39,03
Пшениця	20,00	20,00	25,00	25,00
Макуха соняшникова	1,50	3,50	4,50	6,50
Вапняк кормовий	1,24	0,92	0,70	0,62
Монокальцій фосфат	1,00	0,80	0,70	0,6
Соєва олія	1,30	1,80	2,40	3,00
Премікс	1,80	1,80	1,80	1,75

Рецепти змішування були однаковими, лише відрізнялися за використання преміксів, що містили різні рівні L-валіну. Рівні досліджуваної амінокислоти у комбікормі регулювали введенням відповідного синтетичного аналога. Протягом науково-господарського досліду бройлерам контрольної групи згодовували повнораціонні комбікорми, збалансовані за всіма поживними речовинами згідно з рекомендованими нормами для кросу, а дослідні – відрізнялись різним рівнем валіну (табл. 3).

Комбікорми згодовувалися у сухому гранульованому вигляді (до 24-добового віку фракція крупки розміром 2–3,5 мм).

Наприкінці науково-господарського досліду було проведено забій піддослідних бройлерів (по 6 голів з кожної групи) та досліджено відповідні показники. Оцінювання результатів забою курчат-бройлерів проводили за наступними показниками:

– передзабійна жива маса – жива маса курчат-бройлерів після 12- годинного голодування;

– маса тушки непатрана – маса тушки без крові і пір'я;

– маса напівпатраної тушки – маса тушки без крові, пір'я і кишечника; – маса патраної тушки – маса тушки без крові, пір'я, голови, ніг, крил по ліктьовий суглоб, кишечника;

– маса їстівних частин – маса всієї їстівної частини патраної тушки;

– маса грудних м'язів, м'язів тазових кінцівок, шкіри, внутрішнього жиру, печінки, легень, нирок, м'язового шлунка, серця.

Таблиця 3. Вміст основних поживних речовин та енергії у 100 г комбікорму, за період 1–10 діб, %

Показник	Вік, діб			
	1–10	11–24	25–37	38–45
Обмінна енергія, МДж	1,25	1,28	1,30	1,31
Сирий протеїн	23,32	21,53	19,80	18,27
Сирий жир	5,26	5,71	6,17	6,73
Сира клітковина	3,69	3,87	3,94	4,12
Кальцій	0,96	0,87	0,71	0,65
Фосфор	0,64	0,59	0,54	0,50
Лізин	1,49	1,36	1,24	1,17
Засвоюваний лізин	1,32	1,18	1,08	1,02
Метіонін+цистин	1,13	1,04	0,98	0,93
Засвоюваний метіонін+цистин	1,00	0,92	0,86	0,82
Валін	1,12–1,22	1,02–1,11	0,94–1,03	0,89–0,97
Засвоюваний валін	0,95–1,05	0,87–0,96	0,80–0,88	0,76–0,84

На основі цих показників визначали вихід продуктів забою та індекси м'ясних якостей тушок:

– вихід напівпатраної та патраної тушок – відношення маси відповідно напівпатраної та патраної тушок до передзабійної живої маси, виражене у відсотках;

– вихід грудних м'язів, м'язів тазових кінцівок, шкіри, внутрішнього жиру, печінки, легень, нирок, м'язового шлунка, серця, відношення маси відповідних продуктів забою до передзабійної живої маси, виражене у відсотках;

– м'ясність тушки – відношення маси всіх м'язів до маси патраної тушки, %;

– м'ясність грудей – відношення маси грудних м'язів до маси патраної тушки, %;

– м'ясність тазових кінцівок – відношення маси м'язів тазових кінцівок до маси патраної тушки, %;

Статистичну обробку даних, отриманих під час дослідження, проводили за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій. Результати представлені як середнє±стандартне відхилення ($\bar{x}$±SD).

Відмінності між групами птиці обчислювали за допомогою Т-тесту. Для показників рівня значущості критерію вірогідності (p) у таблицях прийняті такі позначення: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$ порівняно з контрольною групою.

Показники забою піддослідних курчат-бройлерів наведено у таблиці (табл. 4).

Таблиця 4. Показники забою курчат-бройлерів, г $(\bar{x} \pm SD, n = 6)$

Показник	Група курчат-бройлерів		
	контрольна	1-а дослідна	2-а дослідна
Передзабійна жива маса	3320 ± 125,4	3388 ± 111,7	3241 ± 73,4
Маса непатраної тушки	3132,6 ± 109,8	3194,3 ± 114,0	3050,7 ± 63,4
Маса напівпатраної тушки	2869,4 ± 103,0	2946,0 ± 93,6	2778,7 ± 72,2
Маса патраної тушки	2530,9 ± 74,0	2623,5 ± 93,6	2462,5 ± 57,9
Маса їстівних частин:			
– м'язи грудні	827,8 ± 39,1	863,0 ± 42,9	776,0 ± 21,6*
– м'язи тазових кінцівок	604,6 ± 36,6	619,5 ± 21,8	580,0 ± 13,5
– шкіра з підшкірним жиром	287,1 ± 18,5	290,6 ± 11,0	275,0 ± 20,7
– внутрішній жир	66,8 ± 10,4	61,7 ± 5,7	61,9 ± 6,3
– печінка	67,2 ± 11,4	71,2 ± 10,6	73,5 ± 5,9
– легені	22,0 ± 1,9	22,2 ± 2,2	21,7 ± 1,5
– м'язовий шлунок	70,8 ± 6,8	70,4 ± 2,7	68,5 ± 1,9
– серце	16,8 ± 6,7	17,05 ± 6,7	16,9 ± 4,8
Скелет:			
– кістки тулуба	204,0 ± 7,6	205,0 ± 10,2	197,0 ± 11,2
– кістки нижніх кінцівок	135,0 ± 7,6	139,0 ± 8,2	135,0 ± 10,1
– кістки верхніх кінцівок	42,5 ± 8,9	38,4 ± 6,1	40,2 ± 4,5

Примітка: * – $p < 0,05$ (різниця вірогідна відносно контрольної групи).

Аналіз передзабійної живої маси свідчить, що збільшення валіну в комбікормі впливало на показники м'ясної продуктивності курчат-бройлерів. За збільшення вмісту валіну в комбікормі курчат 1-ї дослідної групи забійний вихід, хоч і невірогідно, але зріс на 68 г (на 2 %). У птиці 2-ї дослідної групи даний показник порівняно з контролем виявився меншим на 79 г (або 2,4 %).

Аналогічну тенденцію спостерігали і за масою непатраної тушки. Так, птиця 1-ї дослідної групи мала вищі показники за контрольних аналогів на 61,7 г або на 1,9 %, а 2-ї дослідної групи, навпаки, нижчі (на 82 г або на 2,7 %).

Маса напівпатраної тушки у курчат-бройлерів 1-ї дослідної групи була вищою за контроль на 2,6 %, а 2-а дослідна група мала показник на 3,1 % менший від контрольної.

Маса патраної тушки була вищою контрольного показника у птиці 1-ї дослідної групи на 92,6 г або 3,5 %, а курчата 2-ї групи мали нижчі показники – на 2,6 %.

За масою їстівних частин тушки також виявлено певні зміни. Так, маса грудних м'язів була найвищою у курчат 1-ї дослідної групи. Вона перевершували контроль на 35,2 г або 4 %. Маса грудних м'язів птиці 2-ї групи була вірогідно нижчою контролю та 1-ї дослідної групи на 51 та 87 г, відповідно, що становить 6,1 % ($P < 0,05$) від контролю.

За масою тазових кінцівок різниця між 1-ю дослідною та контрольною була на рівні 14,9 г, різниця між 2-ю дослідною та контрольною – 24,6 г, що становить 4 %.

За іншими їстівними частинами тушки вірогідної різниці чи певних закономірностей не спостерігали, за винятком маси печінки та м'язового шлунка. Так, маса печінки птиці 1-ї та 2-ї дослідних групи, хоч і невірогідно, але була вищою порівняно із контрольною на 5,6 і 8,5 %, відповідно. Маса м'язового шлунка курчат контрольної та дослідних груп майже не відрізнялася.

Для більш глибокого аналізу впливу різних рівні валіну в комбікормах на м'ясну продуктивність курчат-бройлерів були розраховані відносні показники виходу продуктів забою (табл. 5).

Таблиця 5. Вихід продуктів забою, % ($\overline{x} \pm SD, n = 6$)

Показник	Група курчат-бройлерів		
	контрольна	1-а дослідна	2-а дослідна
Вихід напівпатраної тушки	86,43 ± 0,3	86,95 ± 0,3*	85,7 ± 0,4**
Вихід патраної тушки	76,26 ± 1,5	77,42 ± 0,3	75,98 ± 0,6
М'язи грудні	24,93 ± 0,6	25,46 ± 0,77	23,95 ± 0,3**
М'язи тазових кінцівок	18,20 ± 0,5	18,29 ± 0,8	17,91 ± 0,1
Шкіра з підшкірним жиром	8,66 ± 0,7	8,58 ± 0,4	8,48 ± 0,5
Внутрішній жир	2,01 ± 0,3	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,2
Печінка	2,01 ± 0,3	2,1 ± 0,3	2,27 ± 0,2
Легені	0,66 ± 0,1	0,65 ± 0,1	0,66 ± 0,0
М'язовий шлунок	2,10 ± 0,2	2,08 ± 0,2	2,11 ± 0,1
Серце	0,68 ± 0,2	0,66 ± 0,2	0,66 ± 0,2
Кістки тулуба	6,18 ± 0,2	6,06 ± 0,3	6,11 ± ,2
Кістки нижніх кінцівок	4,10 ± 0,3	4,11 ± 0,2	4,18 ± 0,3
Кістки верхніх кінцівок	1,28 ± 0,3	1,13 ± 0,3	1,24 ± 0,1

Примітка: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ (різниця вірогідна відносно контрольної групи).

Аналіз виходу продуктів забою встановив вплив рівня валіну в комбікормі курчат-бройлерів на зміни виходу напівпатраної тушки, а саме: перша дослідна переважала контрольну на 0,6 % ($p < 0,05$), а друга дослідна мала менший вихід напівпатраної тушки на 0,8 % ($p < 0,01$).

Найбільша маса грудних м'язів була у птиці 1-ї дослідної групи – на 2,0 % вище показника контрольної групи. Водночас різниця між 2-ю дослідною групою та контролем становила 4 % ($p < 0,01$), якщо порівнювати дослідні групи, то різниця за даним показником становить 6 % ($p < 0,01$).

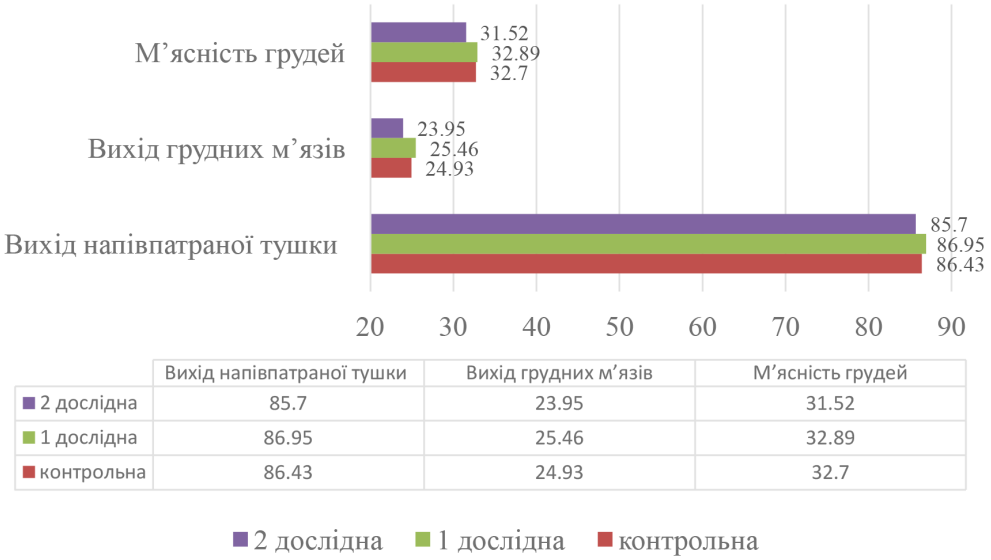
Індекси м'ясності птиці піддослідних груп наведено у таблиці 6.

Таблиця 6. Індекси м'ясності, % ($\overline{x} \pm SD, n = 6$)

Показник	Група курчат-бройлерів		
	контрольна	1-а дослідна	2-а дослідна
М'ясність тушки	56,58 ± 1,9	56,52 ± 1,5	55,10 ± 0,4
М'ясність грудей	32,70 ± 1,1	32,89 ± 0,9	31,52 ± 0,3*
М'ясність тазових кінцівок	23,87 ± 1,0	23,63 ± 1,0	23,58 ± 0,2

Примітка: * – $p < 0,05$ (різниця вірогідна відносно контрольної групи).

Суттєве зменшення індексу м'ясності грудей на 3,6 % ($p < 0,05$) відмічалось у 2-й дослідній групі, бройлери якої отримувала зменшений рівень валіну. Перша дослідна група дещо переважала контроль, але лише на 0,05 %.



	Вихід напівпатраної тушки	Вихід грудних м'язів	М'ясність грудей
2 дослідна	85.7	23.95	31.52
1 дослідна	86.95	25.46	32.89
контрольна	86.43	24.93	32.7

Рис. 1. Вихід продуктів забою та м'ясність грудей курчат-бройлерів

Дані зміни, очевидно, можна пояснити стимулюючою дією підвищеного рівня валіну в комбікормі курчат-бройлерів на ріст м'язів.

Висновки

1. Експериментально встановлено ефективні рівні валіну в комбікормах курчат-бройлерів. Найвищі показники м'ясної продуктивності курчат-бройлерів встановлені за використання таких рівнів валіну в комбікормі, відповідно, у перший період вирощування (вік 1–10 діб) – 1,22 %; у другий період (вік 11–24 доби) – 1,11 % у третій (вік 25–37 доби) – 1,02 % та в четвертий (вік 38–45 діб) – 0,97 %.
2. За використання комбікорму з ефективним вмістом валіну, передзабійна жива маса зростає на 2,0 %; маса напівпатраної тушки – на 2,6 %; маса патраної тушки – на 3,5 %; маса грудних м'язів – на 4 %; маса м'язів тазових кінцівок – на 2,4 %; вихід напівпатраної тушки – на 0,6 % ($p < 0,05$); вихід патраної тушки – на 1,5 %; вихід грудних м'язів – на 2,0 % та вихід м'язів тазових кінцівок – на 1,5 %.
3. Встановлено негативний вплив зменшення рівнів валіну на показники забою курчат-бройлерів. Найнижчі показники забійних якостей спостерігались у бройлерів 2-ї дослідної групи, які отримували зменшений рівень валіну: в перший період вирощування (вік 1–10 діб) – 1,12 %; у другий (вік 11–24 доби) – 1,02 % у третій (вік 25–37 доби) – 0,94 % та в четвертий (вік 38–45 діб) – 0,89 %. Маса грудних м'язів птиці була нижчою контролю на 87 г, що становить 6,1 % ($p < 0,05$), менший вихід напівпатраної тушки на 0,8 % ($p < 0,01$) та грудних м'язів – на 4 % ($p < 0,01$).

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу різних рівнів валіну на морфологію кишечника та мікробіом сліпої кишки у бройлерів.

Список використаних джерел

1. Amirdahri S., Janmohammadi H., Taghizadeh A., Lambert W., Soumeh E. Oliayi. Valine requirement of female Cobb broilers from 8 to 21 days of age. *Journal of Applied Poultry Research*. 2020. Vol. 29, Is. 4. P. 775–785. https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.04.005

2. Belloir P., Lessire M., Lambert W., Corrent E., Berri C., Tesseraud S. Changes in body composition and meat quality in response to dietary amino acid provision in finishing broilers. *Animal*. 2019. Vol. 13, № 5, P. 1094–1102. https://doi.org/10.1017/S1751731118002306

3. Goo D., Kim W. K. Valine deficiency has a greater impact on broiler growth and bone health than isoleucine deficiency. *Poultry Science*. 2024. Vol. 105, Is. 2. Article 104742. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104742

4. Kidd M., Tillman P. Key principles concerning dietary amino acid responses in broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 2016. Vol. 221, Part 8. P. 314–322. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.012

5. Kop-Bozbay C., Akdag A., Atan H., Ocak N. Response of broilers to supplementation of branched-chain amino acids blends with different valine contents in the starter period under summer conditions. *Animal Bioscience*. 2020. Vol. 34, № 2. P. 295–305. https://doi.org/10.5713/ajas.19.0828

6. Maynard C. W., Kidd M. T., Chrystal P. V., McQuade L. R., McInerney B. V., Selle P. H., Liu S. Y. Assessment of limiting dietary amino acids in broiler chickens offered reduced crude protein diets. *Animal Nutrition*. 2022. Vol. 10. P. 1–11. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.11.010

7. Maynard, C.W., Liu, S.Y., Lee, J.T., Caldasd J., J. J. Diehl J. J., Rochell S. J., Kidd M. T. Determining the 4th limiting amino acid in low crude protein diets for male and female Cobb MV × 500 broilers. *British Poultry Science*. 2020. P. 695–702. https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1782348

8. Ross 308/308 FF broiler: Performance Objective. Aviagen, 2022. 14 s. URL: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossxRoss308-BroilerPerformanceObjectives2022-EN.pdf

9. Scheuermann G., Bilgili S., Hess J., Mulvaney D. Breast muscle development in commercial broiler chickens. *Poultry Science*. 2003. Vol. 82, Is.10. P. 1648–1658. https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1648

10. Xie C., Macelline S., Liu S., Toghyani M. Interactions of dietary nutrient density with genotype and sex in broiler chickens: implications for growth, carcass quality, and nutrient utilization. *Poultry Science*. 2026. 105, Is. 1. Article 106147. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106147

Sorokun A. V.
Poistgraduate Student at the P.D. Pshenychnyy Department of Animal Nutrition and Feed Technology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
E-mail: *sorokun1997@gmail.com*
ORCID: *0009-0007-4384-8123*

INDICATORS OF SLAUGHTER OF BROILER CHICKENS USING DIFFERENT LEVELS OF VALINE

Abstract

The article highlights the results of research on determining the optimal level of valine in broiler feed. In a scientific and economic experiment, the effect of different levels of valine in feed on slaughter rates in broiler chickens was investigated. At a day-old age, 330 broiler chickens of the «Ross-308» cross were randomly divided into 3 groups of 110 birds each, which received complete pelleted feeds that differed in valine levels. The amount of metabolizable energy, nutrients and biologically active substances in the feed for all groups of broilers was the same. The nutritional value of the feed was changed depending on the age of the broilers: 1–10, 11–24, 25–37 and 38–45 days. The amount of total valine in the feed for the control group was 11.7, 10.6, 9.8, 9.3 g/kg, for the first experimental group – 12.2, 11.1, 10.2, 9.7 g/kg and for the second experimental group – 11.2, 10.2, 9.4, 8.9 g/kg. When using feed with a high content of valine, pre-slaughter live weight increased by 2.0 %; semi-gutted carcass weight – by 2.6 %; gutted carcass weight – by 3.5 %; breast muscle weight – by 4 %; weight of pelvic muscles – by 2.4 %; yield of semi-gutted carcass – by 0.6 ($P < 0.05$) %); yield of gutted carcass – by 1.5 %; yield of breast muscles – by 2.0 % and yield of pelvic muscles – by 1.5 %. When using feed with a reduced level of valine compared to the control, the weight of poultry breast muscles was lower than the control by 87 g, which is 6.1 % ($p < 0.05$), there was a lower yield of half-gutted carcass by 0.8 % ($p < 0.01$), and a lower yield of breast muscles (by 4 %, $p < 0.01$).

The study indicates the need to update the recommended levels of valine for different periods of poultry rearing. Given that there are various factors that can lead to a deficiency of valine in broiler chickens that can impair their growth performance, further in-depth research is needed to address this issue.

Key words: *valine, amino acid, feed, broiler chickens, slaughter yield.*

References

1. Amirdahri, S., Janmohammadi, H., Taghizadeh, A., Lambert, W., Soumeh, E., & Oliayi M. (2020). Valine requirement of female Cobb broilers from 8 to 21 days of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 29 (4), 775–785. https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.04.005. [in English].

2. Belloir, P., Lessire, M., Lambert, W., Corrent, E., Berri C., & Tesseraud, S. (2019). Changes in body composition and meat quality in response to dietary amino acid provision in finishing broilers. *Animal*, 13 (5), 1094–1102. https://doi.org/10.1017/S1751731118002306. [in English].

3. Goo, D., & Kim, W. K. (2024). Valine deficiency has a greater impact on broiler growth and bone health than isoleucine deficiency. *Poultry Science*, 105 (2), Article 104742. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104742 [in English].

4. Kidd, M., & Tillman, P. (2016). Key principles concerning dietary amino acid responses in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 221 (8), 314–322. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.012. [in English].

5. Kop-Bozbay, C., Akdag, A., Atan, H., Ocak, N. (2020). Response of broilers to supplementation of branched-chain amino acids blends with different valine contents in the starter period under summer conditions. *Animal Bioscience*, 34 (2), 295–305. https://doi.org/10.5713/ajas.19.0828. [in English].

6. Maynard, C. W., Kidd, M. T., Chrystal, P. V., McQuade, L. R., McInerney, B. V., Selle, P. H., & Liu, S. Y. (2022). Assessment of limiting dietary amino acids in broiler chickens offered reduced crude protein diets. *Animal Nutrition*, 10, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.11.010. [in English].

7. Maynard, C. W., Liu, S. Y., Lee, J. T., Caldasd, J., J. J. Diehl, J. J., Rochell, S. J., & Kidd, M. T. (2020). Determining the 4th limiting amino acid in low crude protein diets for male and female Cobb MV × 500 broilers. *British Poultry Science*, 695–702. https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1782348. [in English].

8. Ross 308/308 FF broiler: Performance Objective. (2022). Aviagen, 14. Retrieved from https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/RossxRoss308-BroilerPerformanceObjectives2022-EN.pdf. [in English].

9. Scheuermann, G., Bilgili, S., Hess, J., & Mulvaney, D. (2003). Breast muscle development in commercial broiler chickens. *Poultry Science*, 82 (10), 1648–1658. https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1648. [in English].

10. Xie, C., Macelline, S., Liu, S., & Toghyani, M. (2026). Interactions of dietary nutrient density with genotype and sex in broiler chickens: implications for growth, carcass quality, and nutrient utilization. *Poultry Science*, 105 (1), Article 106147. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106147 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.174:581.1.044.3
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-25

Столяр С. Г.
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри технологій у рослинництві,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *svitlana-stoliar@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5925-2008*

Трембіцька О. І.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *ksyusha.trembitskaya@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1152-0215*

Кропивницький Р. Б.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *kropiwnizkij@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-7833-3396*

Руденко Ю. Ф.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій у рослинництві,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: *rudenkoyu2015@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-6818-8853*

АДАПТИВНІ МЕХАНІЗМИ *SORGHUM BICOLOR* L. В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Анотація

За результатами проведених досліджень встановлено, що сучасні кліматичні зміни, які проявляються у стійкому підвищенні середньорічної температури повітря та зростанні частоти гідротермічних аномалій, зумовлюють істотну трансформацію агрокліматичних умов Полісся України та формують нові виклики для стабільного функціонування традиційних агроценозів. Аналіз багаторічних метеорологічних даних Житомирської області підтвердив тенденцію до регіонального потепління та підвищення ризику водного стресу в період вегетації сільськогосподарських культур. Доведено, що Sorghum bicolor L. характеризується високим адаптивним потенціалом до змінених гідротермічних умов завдяки комплексу взаємопов'язаних фізіологічних і морфологічних механізмів. Реалізація С4-фотосинтетичного шляху, ефективна регуляція продихової провідності, висока водоутримувальна здатність асиміляційних тканин і добре розвинена коренева система забезпечують оптимізацію водного балансу, збереження фотосинтетичної активності та стабільність продуктивного процесу за умов підвищеного температурного навантаження й обмеженого вологозабезпечення.

Порівняльний аналіз фізіологічних параметрів сорго, кукурудзи та пшениці озимої засвідчив істотні переваги Sorghum bicolor щодо ефективності використання води, термостійкості та збереження продуктивності в умовах посухи. Вищі показники коефіцієнта використання води, глибини проникнення кореневої системи та температурного порогу фотосинтетичної активності зумовлюють менші втрати врожаю сорго порівняно з традиційними зерновими культурами за екстремальних погодних умов. Отримані результати свідчать, що за сучасних кліматичних трансформацій сорго перестає бути культурою виключно аридних регіонів і може розглядатися як перспективний компонент агроценозів Полісся України. Його впровадження сприятиме підвищенню адаптивної стійкості агроекосистем, диверсифікації структури посівних площ та зниженню ризиків втрати врожаю, пов'язаних із кліматично зумовленими посухами.

Ключові слова: *сорго звичайне двокольорове, кліматичні зміни, посухостійкість рослин, адаптивний потенціал, гідротермічний стрес, Полісся.*

© Столяр С. Г., Трембіцька О. І., Кропивницький Р. Б., Руденко Ю. Ф., 2026

pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Вступ. В умовах глобальних змін клімату, що супроводжуються зростанням середньорічних температур і частоти посушливих періодів, питання вирощування посухостійких культур набуває особливого значення. За даними Міжурядової групи експертів з питань змін клімату (IPCC), середньорічна температура в регіоні Східної Європи зросла на 1,2–1,5 °C за останні 50 років, а частота екстремальних погодних явищ, включно з тривалими періодами посухи, продовжує зростати [9]. Це безпосередньо впливає на продуктивність традиційних зернових культур, як-от пшениця і кукурудза, які демонструють значне зниження врожайності в умовах гідротермічного стресу [1; 3; 5].

З огляду на вищезазначене особливий науковий і практичний інтерес викликає сорго звичайне двокольорове (*Sorghum bicolor* L.), яке володіє унікальними фізіологічними особливостями й адаптоване до посушливих умов [3; 6]. Сорго демонструє високу посухостійкість завдяки глибокій кореневій системі, ефективному механізму регулювання продихів, накопиченню осмопротекторів та особливостям фотосинтезу [2; 6]. Отже, актуальним є вивчення можливостей упровадження сорго у менш традиційні для нього агрокліматичні зони, зокрема на Поліссі України [8; 10].

Полісся України традиційно вважалося регіоном із достатнім рівнем зволоження, однак сучасні тенденції кліматичних змін призводять до зростання ризиків літніх посух, що негативно впливає на врожайність традиційних культур. У цьому контексті сорго має значний потенціал як стабільна зернова культура, здатна забезпечувати високу продуктивність навіть за умов водного дефіциту. Крім того, його вирощування сприяє підвищенню адаптивного потенціалу сільськогосподарських систем та агроекологічної стійкості регіону [4; 7].

Незважаючи на значний науковий інтерес до адаптаційних механізмів сорго в умовах посухи, ця культура залишається недооціненою в Україні, а її вирощування обмежене. Важливим завданням сучасної аграрної науки є розширення знань про фізіологічні особливості сорго в умовах водного стресу, визначення оптимальних агротехнологій його вирощування й адаптація до специфічних умов Полісся України. Дослідження в цьому напрямі сприятимуть розширенню зернового сектора країни, забезпеченню продовольчої безпеки та формуванню стійких агрофітоценозів в умовах кліматичних змін.

Мета дослідження – науково обґрунтувати перспективи використання *Sorghum bicolor* L. в агроценозах Полісся України за умов кліматичних змін шляхом комплексної оцінки його адаптивного потенціалу та механізмів фізіолого-морфологічної стійкості до водного й температурного стресу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження виконувалися з метою наукового обґрунтування фізіологічних механізмів адаптації *Sorghum bicolor* в умовах кліматичних змін зони Полісся України.

Експериментальні дослідження розпочато у 2018 році в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету. У межах досліду вивчали особливості росту й розвитку, формування продуктивності, адаптивні властивості та конкурентоздатність рослин сучасних сортів і гібридів сорго звичайного двокольорового за різних систем виробництва, зокрема органічної та традиційної.

Упродовж 2019–2025 рр. дослідження було розширено та продовжено в умовах сільськогосподарських підприємств Житомирської області, а саме ПП «Чайківка», ФГ «Агропрофіт», ТОВ «Бел-Агро 3» та СТОВ «Урожай». Це дало змогу оцінити адаптивні та фізіологічні особливості сорго в умовах зони Полісся.

Об’єктом досліджень були сорти сорго: Лан 59, Смотрич, Сонцедар, Ярона, а також гібридні форми: 419×124, 319×120, 341×120, Албанус, Анггі, Арскі, Брігга, Бургго, Зуні, Кейто, Оггана, Понкі, Прайм, Спринт W 341/22, Таргга, Юкі, Ютамі, Янкі різних груп стиглості, які включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Дослід закладали із чотириразовою повторністю, варіанти розміщували послідовно. Варіантами досліду слугували генотипи (сорти та гібриди). Площа облікової ділянки становила 20 м², загальна площа ділянки – 25 м² з урахуванням захисних смуг. Ширина міжрядь – 45 см (для забезпечення належної аерації та освітленості посівів). Норма висіву встановлювалася з розрахунку отримання 200 тис. рослин/га перед збиранням (із корекцією за лабораторною схожістю насіння).

Агротехнічні заходи здійснювали відповідно до зональних рекомендацій для Полісся з урахуванням біологічних особливостей сорго. Передпосівний обробіток ґрунту, строки сівби, система удобрення та заходи контролю бур’янів виконували на вирівняному фоні для всіх варіантів. Насіння гібридів було оброблено компанією виробником фунгіцидом Максим XL, інсектицидом Круізер 600FS та антидотом Концеп III. Упродовж вегетації забезпечували однакові умови догляду за посівами в усіх повтореннях, що мінімізувало вплив технологічних чинників на фенологічні показники.

Збір, систематизацію та первинну статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Сучасні кліматичні зміни характеризуються стійким підвищенням температурного режиму та зростанням частоти екстремальних гідротермічних явищ, що істотно трансформує умови функціонування агроекосистем у різних природно-кліматичних зонах.

У зв’язку із цим у межах досліджень здійснено аналіз багаторічних метеорологічних даних Житомирської області за період близько 75 років із метою оцінки кліматичних передумов адаптації сільськогосподарських культур, зокрема *Sorghum bicolor*, до умов Полісся України.

За результатами узагальнення метеоданих встановлено, що середньорічна температура повітря в Житомирській області має чітко виражений висхідний тренд (рис. 1). Якщо в середині XX століття температурний режим характеризувався відносною стабільністю та помірністю, то з кінця XX – початку XXI століття спостерігається прискорене зростання середньорічних температур із частішим перевищенням багаторічної норми. Особливо помітним є підвищення температур у вегетаційний період, що безпосередньо впливає на водний баланс ґрунту, інтенсивність транспірації та формування врожаю сільськогосподарських культур.

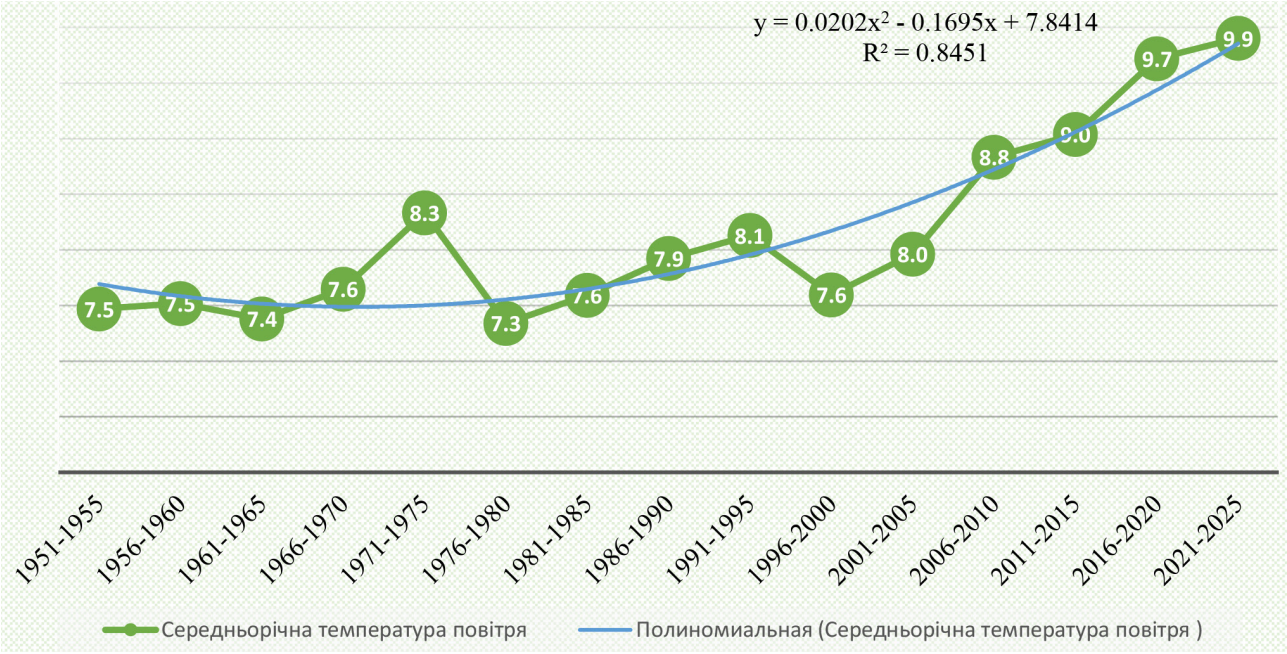


Рис. 1. Динаміка середньорічної температури повітря в Житомирській області

Зростаючий характер лінії тренду відображає поступову трансформацію термічного режиму регіону в бік потепління, що зумовлює зміну гідротермічних умов вегетаційного періоду та формує нові виклики для традиційних фітоценозів Полісся України. Високе значення коефіцієнта детермінації (R^2 = 0,8451) вказує на тісний зв'язок між часовим фактором і змінами температурного режиму, що дає змогу розглядати виявлену тенденцію як закономірний кліматичний процес, а не випадкові флуктуації погодних умов.

Паралельно зі зростанням температурного режиму відбувається зміна характеру атмосферних опадів. За умов збереження близьких до середньобагаторічних сум опадів спостерігається їх нерівномірний розподіл упродовж року, що зумовлює чергування періодів надмірного зволоження з тривалими бездощовими інтервалами в критичні фази росту та розвитку рослин. Такі умови формують явище так званої прихованої посухи, яке дедалі частіше проявляється навіть у традиційно достатньо вологозабезпеченій зоні Полісся.

Виявлені довгострокові кліматичні тенденції зумовили необхідність детальнішого аналізу температурного режиму безпосередньо в період проведення польових досліджень, оскільки саме він визначає рівень термічного та водного стресу рослин у конкретних агроекологічних умовах (рис. 2).

Аналіз динаміки середньорічної температури повітря в Житомирській області впродовж 2018–2025 рр. свідчить про систематичне перевищення багаторічної кліматичної норми (8,5 °C), що підтверджує посилення процесів регіонального потепління навіть у традиційно вологій зоні Полісся. У більшості років досліджуваного періоду середньорічна температура перевищувала кліматичну норму на 0,7–2,6 °C, з максимальними значеннями у 2024 році (11,1 °C), що свідчить про формування стійкого термічного фону, нетипового для регіону. Навіть у 2021 році, який характеризувався відносним зниженням температури (8,3 °C), температурні показники залишалися близькими до багаторічної норми, що вказує на відсутність повернення до традиційного кліматичного режиму. Отримані дані підтверджують зростання частоти теплих і аномально теплих років у період вегетації сільськогосподарських культур, що об'єктивно підвищує роль посухостійких і термотолерантних видів, зокрема *Sorghum bicolor*, у формуванні стабільних фітоценозів Полісся України.

Отримані кліматичні дані свідчать, що Полісся України поступово втрачає характерні риси регіону зі стабільним гідротермічним режимом і набуває ознак території з підвищеним ризиком температурного та водного стресу для рослин. Це істотно знижує адаптивний потенціал традиційних зернових культур, насамперед пшениці озимої та кукурудзи, які чутливі до дефіциту вологи в поєднанні з високими температурами повітря.

У зазначених умовах особливої актуальності набуває сорго звичайне двокольорове, яке традиційно розглядається як посухостійка культура аридних і напіваридних регіонів, проте за сучасних кліматичних трансформацій демонструє високий адаптивний потенціал і для умов Полісся України.

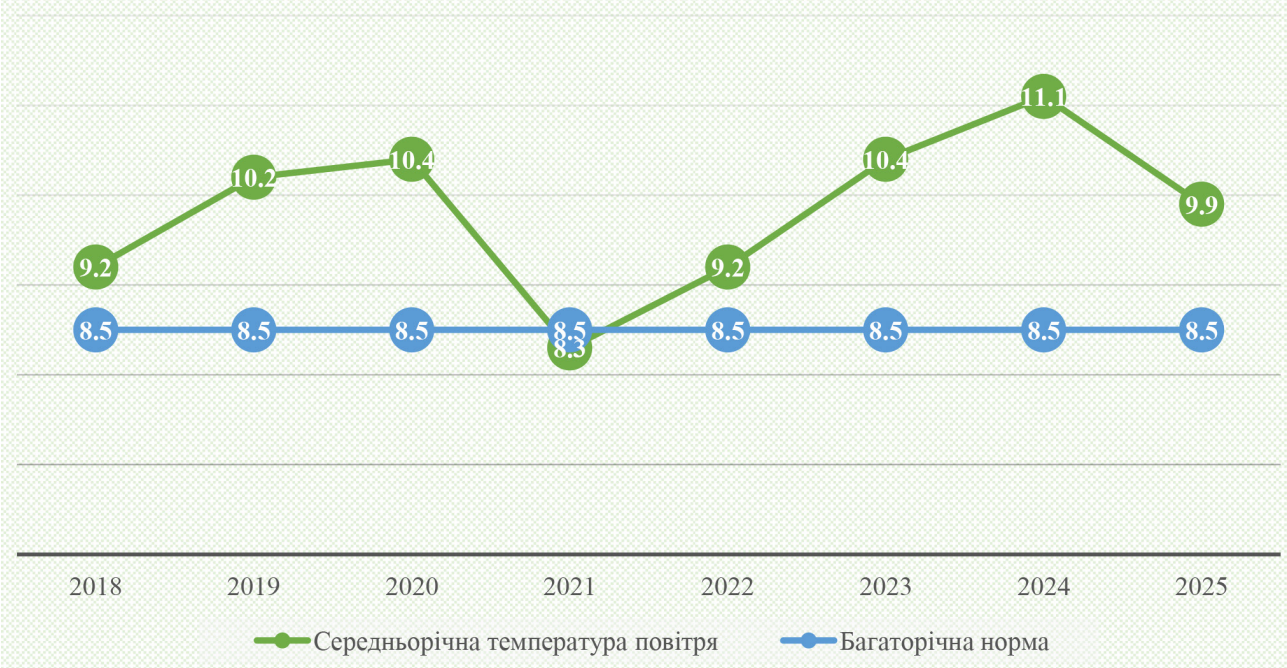


Рис. 2. Варіабельність середньорічної температури повітря в Житомирській області в період експериментальних досліджень

Фізіологічні особливості *Sorghum bicolor*, зокрема реалізація С4-фотосинтетичного шляху, регуляція продихової провідності та висока водоутримувальна здатність асиміляційних тканин, формують інтегрований механізм адаптації рослин до умов гідротермічного стресу, що забезпечує стабільність фотосинтетичних процесів і формування врожаю за дефіциту вологи. У поєднанні з добре розвиненою кореневою системою ці особливості зумовлюють ефективне використання ґрунтової вологи та підтримання продукційного процесу навіть за підвищеного температурного навантаження, що обґрунтовує доцільність вирощування культури в трансформованих агрокліматичних умовах Полісся України (рис. 3).

Високий рівень адаптації сорго до умов водного дефіциту зумовлений комплексом фізіологічних і морфологічних характеристик, які забезпечують його високу продуктивність порівняно з іншими зерновими культурами.

У табл. 1 наведено порівняльний аналіз основних фізіологічних параметрів культур, що дає можливість обґрунтувати перспективність вирощування *Sorghum bicolor* у Поліссі як культури, що стійка до нестабільного зволоження та збільшення періодів посухи.

Відзначимо, що наведені в табл. 1 дані дають можливість комплексно оцінити адаптивний потенціал сорго до умов змін клімату порівняно з іншими зерновими культурами. Аналіз фізіологічних параметрів вказує на значні переваги щодо ефективності використання водних ресурсів, термостійкості та збереження продуктивності за екстремальних умов довкілля.

Глибина проникнення кореневої системи є одним із ключових морфофізіологічних чинників формування посухостійкості рослин, оскільки визначає їх здатність залучати вологу з глибоких ґрунтових горизонтів у періоди дефіциту атмосферних опадів. У цьому контексті *Sorghum bicolor* характеризується істотно більшою глибиною залягання кореневої системи (2,5–3,0 м) порівняно з кукурудзою (1,5–2,0 м) і пшеницею озимою (1,2–1,8 м), що забезпечує стабільніше водопостачання рослин і знижує залежність продукційного процесу від короткочасних і тривалих посушливих періодів.

Важливою складовою адаптивного потенціалу є оптимізація водообміну на рівні рослинного організму, що проявляється у зниженні інтенсивності транспірації. Показники втрат води через транспірацію у сорго (250–350 г води на 1 г сухої речовини) суттєво нижчі, ніж у кукурудзи (400–500 г) та пшениці (500–600 г), що свідчить про більш ефективні механізми регуляції продихової провідності й активну участь осморегуляторних сполук у підтриманні водного статусу клітин.

Висока ефективність використання водних ресурсів є інтегральною характеристикою посухостійкості культури. Коефіцієнт використання води (WUE) у сорго становить 0,50–0,70 кг зерна на 1 мм використаної води, що істотно перевищує відповідні показники кукурудзи (0,25–0,40 кг/мм) і пшениці (0,30–0,45 кг/мм). Це вказує на здатність *Sorghum bicolor* трансформувати обмежені водні ресурси в біомасу та врожай із вищою продуктивною віддачею, ніж у традиційних зернових культур.

Термостійкість фотосинтетичного апарату є ще одним визначальним чинником адаптації до умов кліматично зумовленої посушливості. Критичний температурний поріг збереження фотосинтетичної активності у сорго (42–45 °С) значно перевищує аналогічні показники кукурудзи (35–38 °С) та пшениці (30–35 °С), що

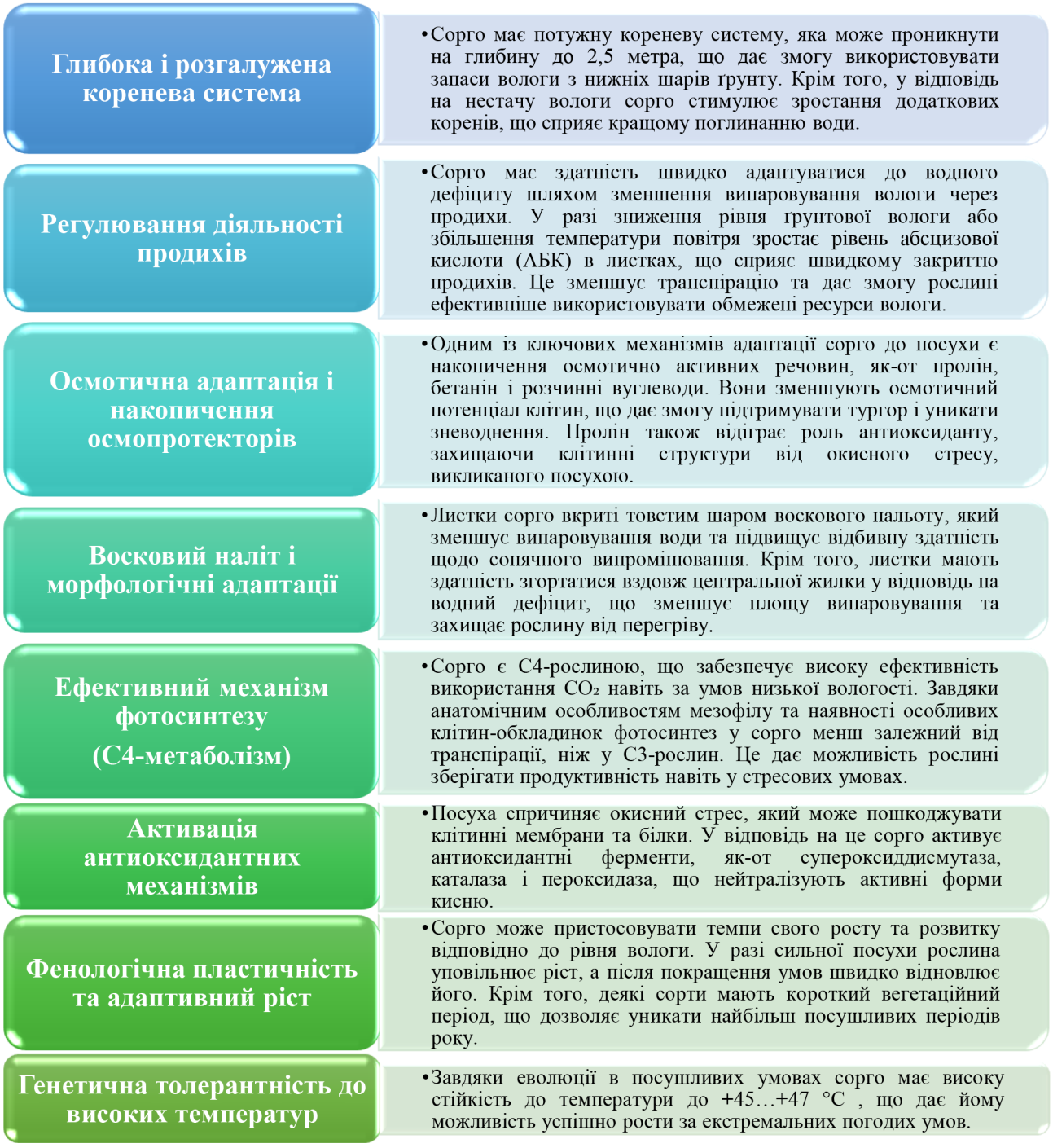


Рис. 3. Фізіологічні механізми посухостійкості *Sorghum bicolor* L.

зумовлено функціонуванням С4-фотосинтетичного шляху, більш ефективного за високих температур і низької вологості повітря. У підсумку за умов теплового стресу сорго демонструє істотно вищу стабільність продукційного процесу.

Сукупна дія зазначених морфофізіологічних механізмів визначає нижчі втрати врожайності *Sorghum bicolor* у періоди інтенсивної посухи, які становлять 20–40 %, тоді як у кукурудзи вони досягають 50–70 %, а у пшениці – 40–60 %. Така різниця свідчить про вищу толерантність сорго до водного стресу та його більшу екологічну стабільність за екстремальних гідротермічних умов.

Адаптивні переваги сорго проявляються також у здатності формувати продуктивні посіви за значно нижчої кількості опадів (300–500 мм за вегетаційний період) порівняно з кукурудзою (500–800 мм) та пшеницею (400–700 мм). Це є наслідком поєднання глибокої кореневої системи, ефективного контролю транспіраційних втрат і зменшеного випаровування через продихи.

Критичним показником агрономічної стабільності культури є збереження продуктивності за екстремально високих температур. За умов перевищення температури повітря +35 °С сорго зберігає 70–90 % потенційної врожайності, тоді як кукурудза – лише 30–50 %, а пшениця – 40–60 %. Це підтверджує високу адаптивну пластичність

Таблиця 1. Основні фізіологічні параметри культур в умовах змін клімату

Параметри	Сорго	Кукурудза	Пшениця озима
Глибина кореневої системи, м	2,5–3,0	1,5–2,0	1,2–1,8
Втрата води через транспірацію, г води/г сухої речовини	250–350	400–500	500–600
Коефіцієнт використання води (WUE), кг зерна/мм води	0,50–0,70	0,25–0,40	0,30–0,45
Температурний поріг для фотосинтезу, °C	42–45	35–38	30–35
Зниження врожайності через сильну посуху, %	20–40	50–70	40–60
Оптимальна кількість опадів для вегетації, мм	300–500	500–800	400–700
Збереження продуктивності за температури понад +35 °C, %	70–90	30–50	40–60

Sorghum bicolor та обґрунтовує його перспективність як культури стратегічного значення в умовах подальшого розвитку кліматичних змін.

Висновки. Отже, результати досліджень підтверджують, що трансформація термічного режиму та зростання кліматичної нестабільності змінюють екологічну нішу сільськогосподарських культур у зоні Полісся України, зумовлюючи потребу в перегляді традиційних підходів до формування агроценозів. Установлено, що сучасні гідротермічні умови регіону вже не відповідають повною мірою біологічним вимогам низки традиційних зернових культур, що актуалізує пошук альтернативних, більш адаптивних видів.

Дослідження адаптивних механізмів *Sorghum bicolor* засвідчило, що поєднання фізіологічних і морфологічних ознак культури забезпечує її ефективне функціонування за умов водного дефіциту та підвищеного температурного навантаження. Виявлені особливості водного обміну, фотосинтетичної активності та кореневого живлення формують високу екологічну пластичність і визначають його конкурентні переваги в агроекосистемах Полісся.

Результати досліджень науково обґрунтовують доцільність розширення посівів *Sorghum bicolor* у зоні Полісся України як елементу адаптивного землеробства до кліматичних змін і формування стійких, продуктивних агроценозів у довгостроковій перспективі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з поглибленим вивченням сортових особливостей *Sorghum bicolor* L. в умовах Полісся України, зокрема оцінкою їх продуктивності за кліматичних змін, дослідженням біохімічних маркерів стресостійкості та оптимізацією елементів технології вирощування культури.

Список використаних джерел

1. Столяр С. Г., Трембіцька О. І. Обґрунтування розширення асортименту вирощування нішевих культур у Поліссі України для здорового харчування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № 1 (46). P. 108–113. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.15

2. Столяр С. Г., Трембіцька О. І. Перспективні нішеві культури для органічного землеробства в Поліссі України з урахуванням змін клімату. *Органічне агровиробництво: освіта і наука* : збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2024 р. Київ : Науково-методичний центр ВФПО. 2024, С. 58–62.

3. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S. et al. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*. 2022. Vol. 255. A. 20. https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7

4. Borrell A. K., Mullet J. E., George-Jaeggli B., van Oosterom E. J., Hammer G. L., Klein P. E., Jordan D. R. Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *Journal of Experimental Botany*. 2014. Vol. 65 (21). P. 6251–6263. DOI: 10.1093/jxb/eru232

5. Demissie H. S., Mindaye T. T., Teklu D. N., Kebede F. G. Root system architecture analysis of sorghum genotypes and its effect on drought adaptation. *Rhizosphere*. 2023. Vol. 27. A. 100772. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100772

6. Fontanet-Manzaneque J. B. et al. Sorghum as a monocot model for drought research. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 16. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1665967

7. Mwamahonje A., Eleblu J. S. Y., Ofori K., Feyissa T., Deshpande S., Tongoona P. Evaluation of Traits' Performance Contributing to Drought Tolerance in Sorghum. *Agronomy (MDPI)*. 2021. Vol. 11 (9). A. 1698. https://doi.org/10.3390/agronomy11091698

8. Prasad V. B. R., Govindaraj M., Djanaguiraman M., Djalovic I., Shailani A., Rawat N., Singla-Pareek S. L., Pareek A., Prasad P. V. V. Drought and High Temperature Stress in Sorghum: Physiological, Genetic, and Molecular Insights and Breeding Approaches. *International journal of molecular sciences*. 2021. Vol. 22 (18). A. 9826. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms22189826

9. Tarariko O. H., Cruse R. M., Ilienko T. V., Kuchma T. L., Kozlova A. O., Andereiev A. A., Yatsiuk M. V., Velychko V. A. Impact of climate changes on agroresources of Ukrainian Polissia based on geospatial data. *Agricultural Science and Practice*. 2024. Vol. 11 (2). P. 3–29. https://doi.org/10.15407/agrisp11.02.003

10. Vadez V., Krishnamurthy L., Hash C. T., Upadhyaya H. D., Borrell A. K. Yield, transpiration efficiency, and water-use variations and their interrelationships in the sorghum reference collection. *Crop & Pasture Science*. 2011. Vol. 62 (8). P. 645–655. https://doi.org/10.1071/CP11007

Stoliar S. H.
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Technology in Plant Production,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *svitlana-stoliar@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-5925-2008*

Trembitska O. I.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Soil Science and Agriculture,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *ksyusha.trembitskaya@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-1152-0215*

Kropyvnytskyi R. B.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Soil Science and Agriculture,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *kropiwnizkij@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-7833-3396*

Rudenko Yu. F.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Production Technologies,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: *rudenkoyu2015@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-6818-8853*

ADAPTIVE MECHANISMS OF *SORGHUM BICOLOR* L. UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS IN THE POLISSYA REGION OF UKRAINE

Abstract

Research has shown that current climate change, manifested in a steady increase in average annual air temperature and an increase in the frequency of hydrothermal anomalies, is causing a significant transformation of the agroclimatic conditions of the Polissya region of Ukraine and creating new challenges for the stable functioning of traditional agrocenoses. Analysis of long-term meteorological data for the Zhytomyr region has confirmed the trend toward regional warming and an increased risk of water stress during the growing season for agricultural crops. It has been proven that Sorghum bicolor L. is characterized by a high adaptive potential to changed hydrothermal conditions due to a complex of interrelated physiological and morphological mechanisms. The implementation of the C4 photosynthetic pathway, effective regulation of stomatal conductance, high water-holding capacity of assimilation tissues, and a well-developed root system ensure optimization of water balance, preservation of photosynthetic activity, and stability of the productive process under conditions of increased temperature stress and limited moisture supply. A comparative analysis of the physiological parameters of sorghum, corn, and winter wheat showed significant advantages of Sorghum bicolor L. in terms of water use efficiency, heat resistance, and productivity preservation under drought conditions. Higher values of water use efficiency, root system penetration depth, and photosynthetic activity temperature threshold result in lower yield losses of sorghum compared to traditional grain crops under extreme weather conditions. The results obtained indicate that, given the current climate changes, sorghum is no longer a crop exclusively for arid regions and can be considered a promising component of the agrocenoses of the Polissya region of Ukraine. Its introduction will contribute to increasing the adaptive resilience of agroecosystems, diversifying the structure of cultivated areas, and reducing the risks of crop losses associated with climate-induced droughts. The research has established that modern climate change, manifested in a steady increase in the average annual air temperature and an increase in the frequency of hydrothermal anomalies, is causing a significant transformation of the agroclimatic conditions of the Polissya region of Ukraine and creating new challenges for the stable functioning of traditional agrocenoses. Analysis of long-term meteorological data for the Zhytomyr region has confirmed the trend towards regional warming and an increased risk of water stress during the growing season for agricultural crops. It has been proven that Sorghum bicolor L. is characterized by a high adaptive potential to changed hydrothermal conditions due to a complex of interrelated physiological and morphological mechanisms. The implementation of the C4 photosynthetic pathway, effective regulation of stomatal conductance, high water-holding capacity of assimilation tissues, and a well-developed root system ensure optimization of water balance, preservation of photosynthetic activity, and stability of the productive process under conditions of increased temperature stress and limited moisture supply. A comparative analysis of the physiological

parameters of sorghum, corn, and winter wheat showed significant advantages of Sorghum bicolor L. in terms of water use efficiency, heat resistance, and productivity preservation under drought conditions. Higher values of water use coefficient, root system penetration depth, and temperature threshold of photosynthetic activity result in lower yield losses.

Key words: *Sorghum bicolor, climate change, plant drought resistance, adaptive potential, hydrothermal stress, Polissia*

References

1. Stoliar, S. H., & Trembitska, O. I. (2025). Obgruntuvannia rozshyrennia asortymentu vyroshchuvannia nishevykh kultur u Polissi Ukrainy dlia zdorovoho kharchuvannia [Justification for expanding the range of niche crops grown in the Polissya region of Ukraine for healthy nutrition]. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika, *1* (46), 108–113. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.15 [in Ukrainian].

2. Stoliar, S. G., & Trembitska, O. I. (2024). Perspektyvni nishovi kultury dlia orhanichnoho zemlerobstva v Polissi Ukrainy z urakhuvanniam zmin klimatu [Prospective niche crops for organic farming in Polissia, Ukraine, considering climate change]. *Organic Agricultural Production: Education and Science*, IX International Scientific-Practical Conference Proceedings, 58–62 [in Ukrainian].

3. Abreha, K. B., Enyew, M., Carlsson, A. S., et al. (2022). Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*, 255, 20. https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7

4. Borrell, A. K., Mullet, J. E., George-Jaeggli, B., van Oosterom, E. J., Hammer, G. L., Klein, P. E., & Jordan, D. R. (2014). Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth, and water uptake. *Journal of experimental botany*, *65* (21), 6251–6263. https://doi.org/10.1093/jxb/eru232

5. Demissie, H. S., Mindaye, T. T., Teklu, D. N., Kebede, F.G. (2023). Root system architecture analysis of sorghum genotypes and its effect on drought adaptation. *Rhizosphere, 27*, 100772. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2023.100772

6. Fontanet-Manzaneque, J. B., et al. (2025). Sorghum as a monocot model for drought research. *Frontiers in Plant Science, 16*. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1665967

7. Mwamahonje, A., Eleblu, J. S. Y., Ofori, K., Feyissa, T., Deshpande, S., & Tongoona, P. (2021). Evaluation of Traits' Performance Contributing to Drought Tolerance in Sorghum. *Agronomy*, *11* (9), 1698. https://doi.org/10.3390/agronomy11091698

8. Prasad, V. B. R., Govindaraj, M., Djanaguiraman, M., Djalovic, I., Shailani, A., Rawat, N., Singla-Pareek, S. L., Pareek, A., & Prasad, P. V. V. (2021). Drought and High Temperature Stress in Sorghum: Physiological, Genetic, and Molecular Insights and Breeding Approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, *22* (18), 9826. https://doi.org/10.3390/ijms22189826

9. Tarariko, O. H., Cruse, R. M., Ilienko, T. V., Kuchma, T. L., Kozlova, A. O., Andereiev, A. A., Yatsiuk, M. V., & Velychko, V. A. (2024). Impact of climate changes on agroresources of Ukrainian Polissia based on geospatial data. *Agricultural Science and Practice*, *11* (2), 3–29. https://doi.org/10.15407/agrisp11.02.003

10. Vadez, V., Krishnamurthy, L., Hash, C. T., Upadhyaya, H. D., & Borrell, A. K. (2011). Yield, transpiration efficiency, and water-use variations and their interrelationships in the sorghum reference collection. *Crop and Pasture Science, 62* (8), 645–655. https://doi.org/10.1071/CP11007

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 15.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.73:631.531:631.51
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-26

Ткач О. В.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *tkachov@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-1368-673X*

Аморциту О. В.
аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна,
E-mail: *mail_for_sani_ok@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-0944-245X*

ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОВОЇ СХОЖОСТІ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ, СТРОКІВ СІВБИ І ГЛИБИНИ ЗАГОРТАННЯ НАСІННЯ

Анотація

У роботі розглянуто актуальні питання підвищення ефективності вирощування цикорію коренеплідного шляхом оптимізації комплексу агротехнічних заходів, спрямованих на покращення польової схожості насіння та забезпечення сприятливих умов для росту й розвитку рослин протягом усього вегетаційного періоду. Цикорій коренеплідний належить до цінних технічних культур, коренеплоди якого є основною сировиною для виробництва інуліну, фруктози, кавових напоїв та спирту. Проте його вирощування супроводжується певними труднощами, зумовленими біологічними особливостями культури: насіння цикорію характеризується повільним проростанням, низькою енергією проростання та поганою здатністю вбирати вологу через особливості будови насіннєвої оболонки. Це призводить до розтягнутого періоду появи сходів, що створює сприятливі умови для проростання та розвитку бур'янів, які активно конкурують із культурними рослинами за елементи живлення, вологу та світло, особливо на початкових етапах росту.

Встановлено, що вирішальне значення для подолання зазначених негативних явищ має ретельна підготовка ґрунту, зокрема його верхнього шару, де безпосередньо відбувається проростання насіння. Основними завданнями системи обробітку ґрунту під цикорій коренеплідний є створення глибокого добре аерованого орного шару, нагромадження та збереження продуктивної вологи, мобілізація поживних речовин, знищення бур'янів, збудників хвороб та шкідників, а також ретельне вирівнювання та розпушування поверхневого шару для забезпечення рівномірного загортання насіння на оптимальну глибину. Оскільки цикорій формує продуктивні органи (коренеплоди) безпосередньо у ґрунті, якість обробітку безпосередньо впливає на товарні властивості врожаю: у добре розпушеному ґрунті коренеплоди набувають правильної форми, рівномірно потовщуються, тоді як в ущільненому або грудкуватому ґрунті вони деформуються, знижуючи якість продукції.

Особливу увагу приділено дослідженню впливу строків сівби та глибини загортання насіння на польову схожість і подальший розвиток рослин. Встановлено, що строки сівби мають бути науково обґрунтованими з урахуванням температурного режиму ґрунту, його фізичної стиглості та вологозабезпеченості. Запізнення із сівбою призводить до втрати ґрунтової вологи, пересихання верхнього шару та погіршення умов проростання, тоді як надто рання сівба в недостатньо прогрітий ґрунт спричиняє затримку проростання, ураження насіння хворобами та зрідженість сходів. Глибина загортання насіння також має критичне значення: за надто мілкого загортання насіння потрапляє у швидковисихаючий шар ґрунту і не отримує достатньої кількості вологи для набухання та проростання; за надто глибокого – сходи не можуть пробитися на поверхню через товщу ґрунту, особливо на важких за механічним складом ґрунтах, схильних до утворення ґрунтової кірки.

Ключові слова: *цикорій коренеплідний, обробіток ґрунту, польова схожість, строки сівби, глибина загортання насіння, проростання насіння, коренева система, врожайність, агротехнічні заходи.*

Вступ. Цикорій коренеплідний (Cichorium intybus L.) є цінною технічною культурою, що використовується для виробництва інуліну, кавових напоїв і харчових добавок, а його коренеплоди містять комплекс біологічно активних речовин, які мають лікувально-профілактичне значення [3; 12]. Успішне вирощування цієї культури значною мірою залежить від отримання своєчасних і дружніх сходів, які є фундаментом для формування високої продуктивності коренеплодів. Біологічною особливістю цикорію є відносно повільний початковий ріст і низька конкурентоспроможність щодо бур'янів, що висуває підвищені вимоги до агротехнічних заходів, які забезпечують оптимальні умови для проростання насіння та подальшого розвитку рослин [12]. Насіння цикорію характеризується твердою оболонкою та уповільненим поглинанням вологи, що за несприятливих умов може призвести до затримки проростання та збільшення періоду «сіва – сходи». Це, зі свого боку, створює «вікно» для проростання

© Ткач О. В., Аморциту О. В., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

бур'янів, які здатні суттєво пригнічувати культурні рослини на початкових етапах розвитку [1]. Саме тому дослідження впливу таких ключових елементів технології, як обробіток ґрунту, строки сівби та глибина загортання насіння, на польову схожість та початкові етапи росту є надзвичайно актуальним завданням, вирішення якого дасть можливість підвищити ефективність вирощування цієї культури в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Вплив обробітку ґрунту. Система основного та передпосівного обробітку ґрунту відіграє вирішальну роль у створенні сприятливого водно-повітряного, теплового й поживного режимів для проростання насіння. Якісно підготовлений ґрунт повинен мати дрібно грудкувату структуру, бути достатньо ущільненим у посівному ложі для забезпечення контакту насінини з ґрунтовими частинками та капілярного підтоку вологи, а зверху – мати розпушений шар для зменшення випаровування [15]. Для цикорію, насіння якого вимогливе до вологи, особливо важливе значення має збереження весняних запасів води. Тому система обробітку має передбачати заходи, спрямовані на закриття вологи (ранньовесняне боронування) та створення вирівняного, добре розробленого шару ґрунту перед сівбою [5]. Застосування глибокого осіннього обробітку сприяє накопиченню вологи та поживних речовин у глибших шарах, що в подальшому стимулює розвиток потужної кореневої системи [2]. Крім того, ретельний обробіток забезпечує знищення проростків бур'янів, зменшуючи конкуренцію на найбільш вразливому етапі розвитку культури, а також сприяє загортанню рослинних решток і збудників хвороб, що позитивно впливає на фітосанітарний стан посівів [7]. Дослідженнями доведено, що застосування енергозберігаючих способів обробітку з комбінованою шириною міжрядь дає змогу оптимізувати структурний стан верхнього шару, що безпосередньо впливає на польову схожість насіння [13; 14].

Роль строків сівби. Вибір оптимального строку сівби є одним із найважливіших технологічних прийомів, що визначає умови проростання та подальшого росту рослин, оскільки він інтегрує вплив абіотичних факторів на початкових етапах розвитку. Строк сівби безпосередньо впливає на температурний режим ґрунту та вологозабезпеченість насіння в період проростання. Занадто рання сівба в холодний, недостатньо прогрітий ґрунт (нижче за 3–4 °С) призводить до подовження періоду проростання, ураження насіння ґрунтовими патогенами, зокрема збудниками кореневих гнилей (Pythium, Fusarium), та отримання зріджених, невирівняних сходів [12]. Фізіологічні процеси в насінні за низьких температур сповільнюються, що робить його більш вразливим. Навпаки, запізнення із сівбою може збігатися з періодом швидкого висихання верхнього шару ґрунту внаслідок підвищення температури повітря й активізації вітрової діяльності, що також різко знижує польову схожість, оскільки насіння цикорію, з його твердою оболонкою, потребує значної та стабільної кількості вологи для набухання та початку ростових процесів. М. І. Бахмат і О. В. Ткач [1; 2] у своїх дослідженнях встановили, що найвищі показники польової схожості (на рівні 75–85 %) та подальшої врожайності цикорію коренеплідного забезпечуються в разі сівби в оптимальні, середньоранні строки, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогрівається до стійких 8–10 °С і містить достатню кількість продуктивної вологи. За таких умов насіння проростає дружно та швидко (протягом 8–12 днів), випереджаючи в рості основну масу бур'янів, що є критичним для культури з повільним початковим ростом [11]. Крім того, оптимальні строки сівби сприяють формуванню більш розвиненої, глибоко проникаючої кореневої системи, що в подальшому позитивно впливає на стійкість рослин до літніх посух і загальну продуктивність, включно з накопиченням маси коренеплоду та вмістом у ньому інуліну [6; 13; 16].

Значення глибини загортання насіння. Глибина загортання насіння є технологічним параметром, тісно пов'язаним зі строками сівби, гранулометричним складом ґрунту, його вологістю та температурним режимом навесні. Для дрібного насіння цикорію (маса 1000 насінин зазвичай не перевищує 1,2–1,8 г) цей параметр має критичне значення для отримання повноцінних сходів. Занадто мілке загортання (0,5–1,0 см) може призвести до швидкого пересихання насіння у верхньому, найбільш динамічному за водним режимом шарі, особливо за нестійкого зволоження та відсутності опадів, що спричиняє загибель набряклого або проростаючого насіння. Крім того, у разі мілкого загортання існує ризик вимивання насіння талими або зливовими водами. Надмірно глибоке загортання (понад 3–4 см) ускладнює проростання, оскільки насіння, використовуючи енергію, закладену в невеликому насінні, може не мати достатньої сили, щоб пробитися на поверхню, особливо на важких за механічним складом ґрунтах, схильних до ущільнення, запливання й утворення кірки [2; 12]. За таких умов сходи виходять ослабленими, зрідженими або з'являються зі значним запізненням. Оптимальною глибиною загортання насіння цикорію, що забезпечує баланс між доступом до вологи, тепла та кисню, вважається 1,5–2,5 см. Вона гарантує надходження насінини у стабільно вологий шар ґрунту, необхідний тісний контакт із ґрунтовими частинками для капілярного підсмоктування води та достатню кількість тепла для активації ферментативних процесів. Дослідження М. І. Бахмата та О. В. Ткача [1; 2] підтверджують, що відхилення від цієї глибини як у бік зменшення, так і в бік збільшення призводить до статистично значущого зниження польової схожості. На легких супіщаних ґрунтах, що швидко прогріваються, але й швидше втрачають вологу з верхнього шару, глибину можна дещо збільшувати (до 2,0–2,5 см), тоді як на важких суглинкових, холодних ґрунтах кращі результати дає мілкіше загортання (1,0–2,0 см) за обов'язкової умови наявності вологи в посівному шарі. Стабільність дотримання оптимальної глибини загортання також безпосередньо залежить від якості передпосівної підготовки ґрунту – його вирівняності, дрібногрудкуватої структури та відсутності великих грудок, які можуть призвести до нерівномірного загортання насіння [5].

Мета роботи полягає у комплексному дослідженні впливу основних технологічних прийомів вирощування цикорію коренеплідного – різних систем обробітку ґрунту, альтернативних строків сівби та різної глибини

загортання насіннєвого матеріалу – на польову схожість насіння, динаміку росту й розвитку рослин упродовж вегетації. Досягнення поставленої мети передбачає виявлення такого оптимального поєднання обробітку ґрунту, строків сівби та глибини загортання насіння, яке забезпечує найсприятливіші умови для реалізації біологічного потенціалу культури, подолання негативних наслідків повільного проростання насіння та формування високопродуктивних агроценозів цикорію коренеплідного із заданими параметрами якості коренеплодів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим агротехнічним заходом в технології вирощування цикорію коренеплідного є проведення зяблевої оранки на глибину до 25–27 см. Це зменшує забур'яненість верхнього шару ґрунту, сприяє нагромадженню в ньому вологи, стимулює мікробіологічні процеси та створює умови для розвитку кореневої системи рослин.

Весняний обробіток ґрунту (культивацію, переорювання) проводиться з одночасним боронуванням і катуванням. Такий обробіток сприяє появі дружніх сходів культури. Важливим фактором у технології є строки сівби. Запізнення із сівбою призводить до зниження польової схожості насіння через підвищення температури, яка впливає на розвиток рослин цикорію. Глибина загортання насіння має бути відповідно глибини розгалуження кореневої системи. Крім того, оптимальними умовами для насіння під час сівби є розміщення його з достатньо капілярною вологою та наявність верхнього пухкого шару ґрунту з доброю аерацією. Тому технологія вирощування цикорію передбачає дотримання високоякісного обробітку ґрунту, сівби насіння на вирівняне щільне ложе та рівномірне покриття добре ретельно розпушеним ґрунтом. Низька польова схожість насіння цикорію призводить до зменшення густоти рослин на одиниці площі в період збирання врожаю та понижує врожайність і якісні показники.

На основі проведених експериментальних польових досліджень, що проводилися на базі ФОП Аморциту О. В. в с. Форосна Чернівецького району Чернівецької області впродовж 2023–2025 рр. встановлено, що обробіток ґрунту, строк сівби, глибина зародження насіння впливали на показники польової схожості цикорію коренеплідного (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив обробітку ґрунту, строків сівби, глибини загортання насіння на польову схожість, %

Обробіток ґрунту (*Фактор А*)	**Строк сівби (*Фактор В*)**								
	Ранньо-весняна сівба								
	25–28.03			**10–13.04**			**25–28.04**		
	Глибинна загортання насіння, см (*Фактор С*)								
	1,0–1,5	**2,0–2,5**	**3,0–3,5**	**1,0–1,5**	**2,0–2,5**	**3,0–3,5**	**1,0–1,5**	**2,0–2,5**	**3,0–3,5**
2023 р.									
Глибока зяблева оранка – 25–27 см	78,4	78,7	83,1	74,8	72,5	69,1	76,3	75,3	74,5
Весняне переорювання зябу – 20–22 см	68,9	69,3	–	70,8	71,7	72,4	77,4	76,1	69,1
Переорювання, культивація –15–17 см	66,4	67,4	–	71,3	71,5	76,1	72,3	71,7	71,5
2024 р.									
Глибока зяблева оранка – 25–27 см	79,5	80,1	80,6	82,1	81,4	79,1	80,1	79,6	79,3
Весняне переорювання зябу – 20–22 см	70,3	70,0	–	78,6	77,3	76,1	75,6	74,9	74,3
Переорювання, культивація –15–17 см	71,8	70,3	–	77,3	76,2	73,2	76,2	73,9	70,1
2025 р.									
Глибока зяблева оранка – 25–27 см	81,5	81,0	–	82,4	81,7	80,7	83,4	81,9	80,6
Весняне переорювання зябу – 20–22 см	80,1	80,3	–	80,1	80,0	80,3	79,3	78,7	80,5
Переорювання, культивація –15–17 см	76,3	76,8	–	78,6	76,3	79,4	80,1	80,7	79,9

Показники польової схожості насіння цикорію коренеплідного залежали від обробітку ґрунту, строків сівби і глибини загортання насіння. Ранньовесняну сівбу цикорію коренеплідного проводили на початку весняно-польових робіт, коли температура ґрунту у верхньому шарі досягла 5–6 °С. Зокрема, з найкращими показниками польової схожості насіння відмічено в разі глибокої зяблевої оранки, за різних строків сівби вона становила незалежно від глибини загортання 78,4–69,1 %, тоді як у разі переорювання зябу і культивації – 77,4–68,9 та 76,1–66,4 % відповідно. Найбільш сприятливим для польової схожості насіння виявився 2025 р. Так, у разі зяблевого обробітку ґрунту за різної глибини загортання насіння під час підзимової сівби польова схожість становить від 78,6 до 80,1 %. Також найвищі показники польової схожості (83,4 %) зафіксовано за зяблевого обробітку ґрунту та сівби в ранньовесняний період на глибину 1,0–1,5 см. Пониження показників до 80,6 % спостерігалося за сівби 25–28 березня та глибини загортання 3,0–3,5 см.

Обробіток ґрунту з переорюванням зябу і культивацією понизили польову схожість насіння порівняно з обробітком – зяблевою оранкою. Найкращі показники польової схожості показав 2025 рік. У разі переорювання зябу показники становили від 79,3 до 80,5 % за різної глибини загортання, тоді як у разі проведення обробітку ґрунту культивації – від 80,0 до 76,0 %.

Таким чином, можна зробити висновок, що погодно-кліматичні умови в роки проведення досліджень по-різному впливали на польову схожість насіння та якість обробітку ґрунту. Найкращі показники загалом

зафіксовано за основного обробітку ґрунту – зяблевої оранки. За підзимової сівби та глибини загортання насіння 2,0–2,5 см польова схожість становила 83,1 %.

Ранньовесняні строки сівби цикорію по-різному впливали на показники польової схожості. При цьому висіяне насіння у весняний період потрапляє в неоднакові температурні умови і вологість ґрунту, внаслідок чого польова схожість може бути різною, на яку впливає і різний обробіток ґрунту. Найкращі показники отримано за сівби 10–13.04 за обробітку ґрунту – зяблевої оранки. У 2025 році за проведення посіву в цей період з глибиною загортання насіння 1,0–1,5 см польова схожість становила 82,4 %, а за строку сівби 25–28.04 – 83,4 % відповідно. Цей період характеризується більш сприятливими погодно-кліматичними умовами з помірно теплим і вологим кліматом.

У процесі онтогенезу в рослинах відбуваються певні фізіологічні та морфологічні зміни, які виражені фенологічними фазами. Перехід від однієї фази до наступної відбувається поступово й залежить від умов навколишнього середовища. Науковцями було виділено тривалість життєвого циклу культур з такими основними періодами та фенологічними фазами: насінний період (фаза ембріональна, покою і проростання), період вегетативного росту (фаза інтенсивного росту, нагромадження поживних речовин і спокою), продуктивний (фаза бутонізації, цвітіння і плодоношення) період і фаза старіння [12; 13; 16].

Важливу роль у проростанні насіння відіграють умови середовища – достатня кількість тепла, помірна вологість, сонячне освітлення. Фаза проростання насіння починається після виходу його із стану спокою і закінчується переходом рослин до самостійного (автотрофного) живлення. Під впливом тепла, вологи й повітря насіння цикорію бубнявіє, запасні поживні речовини перетворюються в доступні і зародок проростає. З розкриттям сім'ядоль і утворенням першого справжнього листка постає період вегетативного росту, який характеризується інтенсивним ростом асиміляційного апарату та кореневої системи, причому ріст кореневої системи більш інтенсивний.

Важливою фазою розвитку рослин є фаза нагромадження можливих речовин, вона настає, коли добре розвинені коренева й надземна частини рослини, а продукти фотосинтезу не повністю використовуються на процеси росту та відкладаються про запас у продуктивних органах.

Результатами експериментальних досліджень встановлено, що всі стани розвитку рослин цикорію коренеплідного відбуваються послідовно. На тривалість фази «сівба – поява сходів» суттєво впливають погодно-кліматичні умови (табл. 2).

Таблиця 2. Дати настання основних фаз росту та розвитку рослин цикорію коренеплідного залежно від обробітку ґрунту, строків сівби, глибини загортання насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (*Фактор А*)	Строк сівби (*Фактор В*)									
	Підзимова сівба				Ранньовесняної сівба					
	25–28.10		25–28.11		25–28.03		10–13.04		25–28.04	
	Глибинна загортання насіння, см (*Фактор С*)									
	1,0–1,5	2,0–2,5	1,0–1,5	2,0–2,5	1,0–1,5	2,0–2,5	1,0–1,5	2,0–2,5	1,0–1,5	2,0–2,5
Фаза «сівба – поява сходів»										
Глибока зяблева оранка – 25–27 см	28.04	1.05	29.05	1.05	4.05	6.05	7.05	19.05	21.05	22.05
Переорювання зябу – 20–22 см	1.05	3.05	1.05	3.05	5.05	7.05	8.05	18.05	22.05	24.05
Культивація – 15–17 см	1.05	3.05	1.05	3.05	5.05	8.05	8.05	21.05	21.05	24.05
Фаза формування 3–5 справжніх листків										
Глибока зяблева оранка – 25–27 см	21.05	22.05	23.05	24.05	23.05	24.05	20.06	22.06	24.06	27.06
Переорювання зябу – 20–22 см	20.05	21.05	24.05	25.05	24.05	25.05	20.06	23.06	25.06	27.06
Культивація – 15–17 см	22.05	22.05	23.05	24.05	23.05	25.05	21.06	24.06	26.06	28.06
Фаза змикання листків у міжряддях										
Глибока зяблева оранка –25–27 см	3.08	2.08	3.08	3.08	14.08	15.08	18.08	19.08	21.08	22.08
Переорювання зябу –20–22 см	4.08	3.08	4.08	5.08	15.08	16.08	19.08	19.08	22.08	22.08
Культивація – 15–17 см	4.08	5.08	5.08	6.08	15.08	16.08	20.08	20.08	22.08	23.08
Фаза технічної стійкості коренеплодів										
Глибока зяблева оранка – 25–27 см	3.09	3.09	4.09	5.09	15.09	16.09	17.09	18.09	22.09	20.09
Переорювання зябу – 20–22 см	3.09	4.09	4.09	6.09	17.09	17.09	19.09	20.09	23.09	23.09
Культивація – 15–17 см	4.09	5.09	5.09	7.09	18.09	18.09	19.09	21.09	24.09	24.09

Результатами досліджень встановлено, що фаза «сівба – поява сходів» починається після виходу насіння із стану спокою і закінчується до самостійного живлення. Так, за підзимової сівби після глибокої зяблевої оранки незалежно від глибини загортання насіння масові сходи цикорію коренеплідного спостерігаються з 28.04 до 01.05, за переорювання зябу і культивації – 01.05–03.05, за ранньовесняної сівби – 25.03–28.03, за обробітку ґрунту – зяблевої оранки масові сходи з'явилися в період 04.05–07.05, переорювання зябу – 05.05–08.05 і культивації – 5.05–08.05. У разі сівби 10.04–13.04 за обробітку ґрунту – глибокої зяблевої оранки сходи з'явилися 07.05–19.09, переорювання

зябу – 08.05–18.05 і культивації – 08.05–21.05. Аналогічні показники з'явлення сходів і в разі строків сівби 25.04–28.04. Так, масові сходи цикорію незалежно від глибини загортання з'явилися з 21.05 по 24.05.

З моменту формування й утворення 3–5 справжніх листків настає період вегетативного росту. Він характеризується інтенсивним ростом асиміляційного апарату та кореневої системи, причому ріст кореневої системи більш інтенсивний. Так, за підзимової сівби формування 3–5 справжніх листків встановлено 20.05–25.05 незалежно від способів обробітку ґрунту. За ранньовесняної сівби 23.03–28.03 формування 3–5 справжніх листків відмічено 23.05–25.05, за сівби 10.04–13.04 – 20.06–26.06 і сівби 25.04–28.04 – 24.06–28.06 відповідно. Також слід відмітити, що одночасно з розвитком кореневої системи розвивається і вегетативна маса, яка характеризується фазою змикання листків із міжряддям. За нашими спостереженнями, вона проходить інтенсивніше впродовж серпня, особливо у другій половині.

Фаза технічної стиглості коренеплодів цикорію настає тоді, коли добре розвинені коренева й підземна частини рослин, а поживні продукти відкладаються про запас у продуктивних органах. Так, фаза технічної стійкості незалежно від обробітку ґрунту за підзимової сівби найкраще формується в період 03.09–07.09, за ранньовесняної сівби: 25.03–28.03 – 15.09–19.09, 10.04–13.04 – 17.09–21.09 і 25.04–28.04 – 22.09–24.09 відповідно. Таким чином, фаза технічної стиглості цикорію коренеплідного наступає раніше в разі підзимової сівби. Цей період характеризується більш сприятливим для формування коренеплоду, ефективним використанням весняної вологи ґрунту, що в подальшому забезпечує проходження основних фенологічних фаз розвитку рослин.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено оптимальні параметри обробітку ґрунту, строків сівби та глибини загортання насіння, що забезпечують максимальну польову схожість насіння (на рівні 75–85 %), дружню появу сходів, високу виживаність рослин та інтенсивний ріст і розвиток культури. Встановлено кореляційні зв'язки між досліджуваними факторами та показниками врожайності, що дало змогу визначити практичні рекомендації для виробництва щодо покращення технології вирощування цикорію коренеплідного в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Упровадження рекомендованих агрозаходів сприятиме підвищенню врожайності культури, покращенню якості коренеплодів та збільшенню рентабельності виробництва.

Список використаних джерел

1. Бахмат М. І., Ткач О. В. Вплив строку сівби і глибини загортання насіння на польову схожість та врожайність цикорію коренеплідного. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 2. С. 39–42. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-39-42

2. Бахмат М. І., Ткач О. В. Обґрунтування площі живлення рослин для технології вирощування цикорію коренеплідного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 104. С. 16–20. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2018.104

3. Енергозберігаюча технологія вирощування цикорію коренеплідного з комбінованою шириною міжрядь (рекомендації) / М. І. Бахмат, О. В. Ткач, В. Л. Курило, В. Г. Молдован, А. В. Моргун. Кам'янець-Подільський : Аксіома, 2019. 56 с.

4. Вьютнова О. М., Полянина Т. Ю. Кореневий цикорій – цінна культура. *Картопля і овочі*. 2008. № 7. С. 21–22.

5. Кузьміч В. М., Яценко А. О. Рекомендації по вирощуванню цикорію кореневого. Самчики : ХІАВ НААНУ, 2010. 15 с.

6. Миколайко В. П. Особливості росту та розвитку насінників рослин цикорію коренеплідного залежно від агротехнологічних умов вирощування насіння. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2016. Вип. 24. С. 151–158.

7. Овчарук В. І., Ткач О. В., Овчарук О. В. Значення ролі органо-мінеральних добрив в кореневому живленні рослин цикорію коренеплідного. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2022. Вип. 1 (47). С. 97–102.

8. Ткач О. В. Енергозберігаючий спосіб вирощування цикорію коренеплідного з комбінованою шириною міжрядь. *Подільський вісник. Серія «Сільське господарство, техніка, економіка»*. 2019. Вип. 31. С. 30–36.

9. Ткач О. В. Урожайність коренеплодів цикорію залежно від густоти рослин. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 112. С. 150–156. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.20

10. Ткач О. В. Продуктивність цикорію коренеплідного залежно від способу вирощування з комбінованою шириною міжрядь. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2020. Вип. 96. С. 592–605.

11. Ткач О. В., Овчарук О. В., Овчарук В. І., Ткач Л. В., Аморциту О. В. Вплив комплексу системи обробітку ґрунту на особливості проростання і показники харчової цінності цикорію. *Подільський вісник. Серія «Сільське господарство, техніка, економіка»*. 2023. Вип. 1 (38). С. 64–69. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.9

12. Яценко А. О. Цикорій коренеплідний: біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів : навчальний посібник. Умань : ФІЦБ УААН, 2003. 161 с.

13. Bakhmat M., Padalko T., Krachan T., Tkach O., Pantsyreva H., Tkach L. Formation of the Yield of Matricaria recutita and Indicators of Food Value of Cichorium intybus by Technological Methods of Co-Cultivation in the Interrows of an Orchard. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. № 24 (8). P. 250–259. https://doi.org/10.12911/22998993/166561

14. Tkach O., Pantsyreva H., Ovcharuk O., Ovcharuk V., Padalko T., Tkach L, Amorcite O. Influence of feeding area on development, productivity and nutritional value of chicory. *Estonian University of Life Sciences. Agronomy Research*. 2024. Vol. 22 (1) P. 301–312. https://doi.org/10.15159/AR.24.024

15. Tkach O. V., Ovcharuk O. V., Ovcharuk V. I., Padalko T. O. Peculiarities of growth and development of chicory root seed plants. *World Journal*. Bulgaria. 2023. Issue 18. Part 2. P. 84–90. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-067

16. Vandoorne B., Mathieu A. S., Van den Ende W., Vergauwen R., Périlleux C., Javaux M., Lutts S. Water stress drastically reduces root growth and inulin yield in Cichorium intybus (var. sativum) independently of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 2012. Vol. 63. No. 12. P. 4359–4373. https://doi.org/10.1093/jxb/ers095

Tkach O. V.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at the Department of Agriculture, Soil Science, and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *tkachov@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-1368-673X*

Amortzitu O. V.
Postgraduate Student at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *mail_for_sani_ok@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-0944-245X*

FEATURES OF FIELD GERMINATION AND DEVELOPMENT OF ROOT CHICORY PLANTS DEPENDING ON SOIL CULTIVATION, SOWING TIMES AND SEED COVERING DEPTH

Abstract

The paper considers topical issues of improving the efficiency of root chicory cultivation by optimizing a set of agrotechnical measures aimed at improving field germination of seeds and ensuring favorable conditions for plant growth and development throughout the growing season. Root chicory is a valuable industrial crop, the roots of which are the main raw material for the production of inulin, fructose, coffee drinks, and alcohol. However, its cultivation is accompanied by certain difficulties due to the biological characteristics of the crop: chicory seeds are characterized by slow germination, low germination energy, and poor moisture absorption due to the peculiarities of the seed coat structure. This leads to a prolonged period of emergence, which creates favorable conditions for the germination and development of weeds that actively compete with cultivated plants for nutrients, moisture, and light, especially in the early stages of growth.

It has been established that thorough soil preparation, in particular of the top layer where seed germination occurs, is crucial for overcoming these negative phenomena. The main tasks of the soil cultivation system for root chicory are to create a deep, well-aerated arable layer, accumulate and retain productive moisture, mobilizing nutrients, destroying weeds, pathogens, and pests, as well as carefully leveling and loosening the surface layer to ensure uniform seed embedding at the optimal depth. Since chicory forms productive organs (root crops) directly in the soil, the quality of cultivation directly affects the commercial properties of the crop: in well-loosened soil, root crops acquire the correct shape and thicken evenly, while in compacted or lumpy soil, they become deformed, reducing product quality.

Particular attention was paid to studying the effect of sowing dates and seed planting depth on field germination and further plant development. It has been established that sowing dates must be scientifically justified, taking into account the soil temperature regime, its physical maturity, and moisture supply. Delayed sowing leads to loss of soil moisture, drying out of the top layer, and deterioration of germination conditions, while too early sowing in insufficiently warmed soil causes delayed germination, seed disease, and sparse emergence. The depth of seed planting is also critical: if planted too shallow, the seeds end up in a fast-drying layer of soil and do not receive enough moisture to swell and germinate; if the depth is too great, the seedlings cannot break through the soil layer, especially in heavy soils prone to crusting.

Key words: *root chicory, soil cultivation, field germination, sowing dates, seed planting depth, seed germination, root system, yield, agrotechnical measures.*

References

1. Bakhmat, M. I., & Tkach, O. V. (2019). Vplyv stroku sivby i hlybyny zahortannia nasinnia na polovu skhozhist ta vrozhainist tsykoriiu koreneplidnoho [Influence of sowing time and depth of seeding on field germination and yield of chicory root]. *Visnyk Umanskoho NUS. Naukovyi zhurnal – Bulletin of Uman NUS. Scientific journal*, 2, 39–42. https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-39-42 [in Ukrainian].

2. Bakhmat, M. I., & Tkach, O. V. (2018). Obgruntuvannia ploshchi zhyvlennia roslyn dlia tekhnolohii vyroshchuvannia tsykoriiu koreneplidnoho [Substantiation of plant nutrition area for chicory root cultivation technology]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Naukovyi zhurnal – Tavriyskyi naukovyi vestnyk. Scientific journal*, 104, 16–20. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2018.104 [in Ukrainian].

3. Bakhmat, M. I., Tkach, O. V., Kurylo, V. L., Moldovan, V. G., & Morgun, A. V. (2019). Enerhozberihaiucha tekhnolohiia vyroshchuvannia tsykoriiu koreneplidnoho z kombinovanoiu shyrynoiu mizhriad (rekomendatsii) [Energy-saving technology of chicory root cultivation with combined row spacing (recommendations)]. Kamianets-Podilskyi : Axiom. 59 [in Ukrainian].

4. Vyutnova, O. M., & Polyanyna, T. Y. (2008). Korenevyi tsykoryi – tsinna kultura [Root chicory is a valuable crop]. Kartoplia i ovochi – Potatoes and vegetables. 21–22 [in Ukrainian].

5. Kuzmich, V. M., & Yatsenko, A. O. (2010). Rekomendatsii po vyroshchuvanniu tsykoriiu korenevoho [Recommendations for the cultivation of chicory root]. Samchyky : KHIAW NAAN, 15 [in Ukrainian].

6. Mykolayko, V. P. (2016). Osoblyvosti rostu ta rozvytku nasinnykiv roslyn tsykoriiu koreneplidnoho zalezhno vid ahrotekhnolohichnykh umov vyroshchuvannia nasinnia [Peculiarities of growth and development of chicory root plants' seedlings

depending on agrotechnological conditions of seed cultivation]. *Zbirnyk naukovykh prats PDATU. Silskohospodarski nauky – Collection of scientific works of PSTAE. Agricultural sciences*, 24 (1), 151–158 [in Ukrainian].

7. Ovcharuk, V. I., Tkach, O. V., & Ovcharuk, O. V. (2022). Znachennia roli orhano-mineralnykh dobryv v korenevomu zhyvlenni roslyn tsykoriiu koreneplidnoho [The importance of the role of organic-mineral fertilizers in the root nutrition of chicory plants]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia "Ahronomiia i biolohiia" – Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and Biology"*, 1 (47), 97–102 [in Ukrainian].

8. Tkach, O. V. (2019). Enerhozberihaiuchyi sposib vyroshchuvannia tsykoriiu koreneplidnoho z kombinovanoiu shyrynoiu mizhriad [Energy-saving method of growing chicory root with combined row spacing]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilskyi Visnyk: agriculture, technology, economy*, 31, 30–36 [in Ukrainian].

9. Tkach, O. V. (2020). Urozhainist koreneplodiv tsykoriiu zalezhno vid hustoty Roslyn [Yield of chicory root crops depending on the density of plants]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Naukovyi zhurnal – Tavriyskyi naukovyi vestnyk. Scientific journal*, 112, 150–156. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.20 [in Ukrainian].

10. Tkach, O. V. (2020). Produktyvnist tsykoriiu koreneplidnoho zalezhno vid sposobu vyroshchuvannia z kombinovanoiu shyrynoiu mizhriad [Productivity of chicory root depending on the method of cultivation with combined row spacing]. *Zb. nauk. prats Umanskoho NUS – Collection of scientific works of Uman NUS*, 96 (1), 592–605 [in Ukrainian].

11. Tkach, O. V., Ovcharuk, O. V., Ovcharuk, V. I., Tkach, L. V., & Amortsytu, O. V. (2023). Vplyv kompleksu systemy obrobitku hruntu na osoblyvosti prorostannia i pokaznyky kharchovoi tsinnosti tsykoriiu [Influence of the complex of soil tillage system on the features of germination and indicators of nutritional value of chicory]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilskyi Visnyk: agriculture, technology, economics*, 1 (38), 64–69. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.9 [in Ukrainian].

12. Yatsenko, A. O. (2003). Tsykorii koreneplidnyi: Biolohiia, selektsiia, vyrobnytstvo i pererobka koreneplodiv: navch. Posib [Root chicory: Biology, breeding, production and processing of root crops: a textbook]. Uman: FICB UAAN. 161 [in Ukrainian].

13. Bakhmat, M., Padalko, T., Krachan, T., Tkach, O., Pantsyreva, H., & Tkach, L. (2023). Formation of the Yield of Matricaria recutita and Indicators of Food Value of Sychorium intybus by Technological Methods of Co-Cultivation in the Interrows of an Orchard. *Journal of Ecological Engineering*, 24 (8), 250–259 [in English]. https://doi.org/10.12911/22998993/166561

14. Tkach, O., Pantsyreva, H., Ovcharuk, O., Ovcharuk, V., Padalko, T., Tkach, L., & Amorcite, O. (2024). Influence of feeding area on development, productivity and nutritional value of chicory. *Agronomy Research*, 22 (1), 301–312. https://doi.org/10.15159/AR.24.024 [in English].

15. Tkach, O. V., Ovcharuk, O. V., Ovcharuk, V. I., & Padalko, T. O. (2023). Peculiarities of growth and development of chicory root seed plants. *SWorld Journal*, 18 (2), 84–90. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-067 [in English].

16. Vandoorne, B., Mathieu, A. S., Vanden Ende, W., Vergauwen, R., Périlleux, C., Javaux, M., & Lutts, S. (2012). Water stress drastically reduces root growth and inulin yield in Cichorium intybus (var. sativum) independently of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 63 (12), 4359–4373. https://doi.org/10.1093/jxb/ers095 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 05.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.88:632.95
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-27

Трач І. В.
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** trachiv@pdatu.edu.ua*
***ORCID:** 0000-0001-8005-855X*

Вітровчак Л. А.
доктор філософії зі спеціальності 201 «Агрономія»,
асистент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
***E-mail:** linda_1996@ukr.net*
***ORCID:** 0000-0001-6928-1865*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ХІМІЧНИХ І БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У БОРОТЬБІ ЗІ ШКІДНИКАМИ ТА ХВОРОБАМИ НАГІДОК ЛІКАРСЬКИХ

Анотація

Нагідки лікарські (Calendula officinalis L.) – цінна лікарська рослина, що використовується офіційною та народною медициною. Календула входить до десятки найпоширеніших у Європі лікарських рослин.

Нагідки лікарські, як затребувана й ефективна з економічного погляду культура, викликають зацікавленість науковців та сільгоспвиробників в аспекті вдосконалення комплексу технологічних заходів, що сприятимуть підвищенню урожайності повітряно-сухих суцвіть як цінної лікарської сировини для фармацевтики. Важливим чинником є вирощування рослин, не пошкоджених шкідниками та не уражених хворобами.

Мета роботи полягала у виявленні шкідників та хвороб, встановленні ефективності досліджуваних інсектицидів і фунгіцидів за вирощування культури в умовах Лісостепу Західного. У дослідах вивчалися два фактори: А – сорт (Сонячна красуня, Березотіцька сонячна); фактор В – препарат (без обробки – контроль, інсектициди: Актеллік, Фітоверм; фунгіциди: Беноміл, Триходермін).

За результатами проведених обліків та спостережень виявлено, що найбільш численним видом шкідників у посівах нагідок лікарських була попелиця, ЕПШ становить 5–10 % уражених рослин, а поширена хвороба – фузаріозне в'янення. Боротьбу проводили із застосуванням біологічних та хімічних препаратів.

Обстеження посівів щодо заселеності та пошкодження попелицею нагідок лікарських показали, що без застосування інсектицидів кількість заселених рослин зростала від 165–169 до 296–302 особин на 10 рослин.

Розрахунок ефективності інсектициду передбачає оцінку біологічної (відсоток знищених шкідників) складової, що ґрунтується на порівнянні оброблених і контрольних ділянок, з урахуванням погодних умов, фази розвитку рослин та шкідників для визначення реального зниження шкодочинності.

Обприскування препаратом Актеллік сприяло істотному зменшенню поширення шкідника, а саме на 71–72 % через 10 діб після обробки та на 94–96 % на 30-ту добу після обробки. Застосування біологічного інсектициду Фітоверм проявляло дещо менший ефект. Так, на 30-ту добу ефективність препарату становила 92–93 %.

Оптимальна дія в боротьбі з фузаріозним в'яненням була в разі обприскування фунгіцидом Беноміл, застосування якого зменшило поширення хвороби на 6–7 %.

***Ключові слова:** нагідки лікарські, сорти, попелиця, фузаріозне в'янення, інсектициди, фунгіциди.*

Вступ. Нагідки лікарські (*Calendula officinalis L.*) – цінна лікарська рослина, що використовується офіційною та народною медициною. Календула входить до десятки найпоширеніших у Європі лікарських рослин [10, с. 120].

Корисні властивості нагідок засновані на комплексі біологічно-активних речовин: каротиноїдів, стеринів, тритерпеноїдів, ефірних олій, флавоноїдів, кумаринів та інших речовин [2, с. 116; 4, с. 175]. Лікарською сировиною є суцвіття, які завдяки наявності ряду біологічно-активних речовин мають цінні фармакологічні властивості: протизапальні, ранозагоювальні, бактерицидні, спазмолітичні, жовчогінні та ін.[1, с. 3].

Поширення нагідок лікарських в умовах Лісостепу Західного потребує наукового обґрунтування технології вирощування цієї культури. Поряд із важливими технологічними аспектами: строками та способами сівби, системою живлення, нормами висіву, кількістю проведених зборів та ін. – поза увагою залишаються питання боротьби з шкідниками та хворобами, які можуть спричинити зниження урожайності повітряно-сухих суцвіть і погіршення якості лікарської рослинної сировини.

© Трач І. В., Вітровчак Л. А., 2026

Нагідкам лікарським, як одній із найбільш затребуваних лікарських культур, попри великі затрати ручної праці під час їх вирощування, наукова спільнота надає значної уваги, оскільки отримання чистого прибутку від реалізації лікарської рослинної сировини становить інтерес серед аграріїв.

Для умов південної частини Лісостепу Західного С. В. Сухар встановлено залежності впливу строків сівби, ширини міжрядь та відстані між рослинами в рядку на процеси росту, розвитку, формування показників фотосинтетичної продуктивності, величини врожаю і якості суцвіть нагідок лікарських. Автор рекомендує сівбу нагідок лікарських здійснювати за рівня термічного режиму ґрунту 6–8 °С на глибині загортання насіння широкорядним способом із шириною міжрядь 30 см і відстанню між рослинами в межах 10 см, що відповідає нормі висіву 0,35 млн схожих насінин на гектар [7, с. 219; 8, с. 10].

Експериментальними дослідженнями В. В. Паращук, В. Я. Хоміної встановлено, що для вирощування нагідок лікарських доцільно проводити передпосівну обробку насіння регулятором росту Івін або обприскування посівів у фазі розетки листків препаратом Азотофіт Р, що сприяє підвищенню урожайності на 0,19–0,25 т/га (10,9–14,5 %) та підвищенню вмісту діючих речовин. Автори рекомендують висівати нові сорти нагідок лікарських: Березотіцька сонячна та Сонячна красуня. Також економічно обґрунтовано, що в період цвітіння доцільно проводити 10 зборів суцвіть (через кожні 10 діб до завершення періоду цвітіння) [6, с. 191; 9, с. 23].

О. Лупак, Г. Антоняк та ін. за результатами досліджень рекомендують на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах Західного Лісостепу сівбу лікарських рослин *C. officinalis* L. і *Matricaria recutita* L проводити навесні за температури 7–8 °С на глибині залягання насіння та за температури 6–7 °С на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття. Підвищенню врожайності та якості сировини лікарських рослин *C. officinalis* L. і *Matricaria recutita* L в агроекологічних умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу сприяє застосування біостимуляторів росту Вермимаг та Вермийодіс під час вегетації рослин у нормі по 5 л/га у два прийоми: перше внесення – у фазі сходів, друге – у фазі бутонізації [5, с. 65; 11, с. 75].

Отже, питання оптимізації комплексу технологічних факторів досліджуються, проте інформації про захист від шкідників і хвороб дуже мало. Проте М. М. Кирик, В. К. Шевчук та ін. присвятили свої дослідження хворобам рідкісних рослин, у т. ч. лікарських [3].

Мета роботи полягала у виявленні шкідників та хвороб, встановленні ефективності досліджуваних інсектицидів і фунгіцидів за вирощування культури в умовах Лісостепу Західного. У дослідах вивчалися два фактори: А – сорт (Сонячна красуня, Березотіцька сонячна); фактор В – препарат (без обробки – контроль, інсектициди: Актеллік, Фітоверм; фунгіциди: Беноміл, Триходермін).

Виклад основного матеріалу дослідження. На нагідках лікарських найчастіше зустрічаються шкідники: попелиця, павутинний кліщ, білокрилка та трипси, а із хвороб – грибкові інфекції, зокрема альтернаріоз (чорна плямистість), фузаріозне в'янення, борошниста роса.

Під час обстеження посівів нагідок лікарських нами виявлено, що найбільш численним видом шкідників у посівах нагідок лікарських була попелиця, ЕПШ становить 5–10 % уражених рослин. Ураження попелицею проявлялося скручуванням та деформацією листків, його пожовтінням і затримкою росту пагонів, на листках з'являвся липкий наліт.

У розрізі сортів на окремих варіантах спостерігалася незначна різниця щодо заселеністю попелицею, сорт нагідок лікарських Сонячна красуня виявився дещо більш стійким.

Для лікарських рослин, у т. ч. і нагідок лікарських, бажано надавати перевагу агротехнічним та біологічним методам боротьби зі шкідниками та хворобами, проте, як показали обліки, хімічні препарати мали більший ефект.

Препарат Актеллік – єдиний інсектицид, що дозволений в Україні для застосування на лікарських рослинах. Препарат належить до ІІІ класу токсичності і вважається найбезпечнішим фосфорорганічним інсектицидом для людини та довкілля.

Обстеження посівів щодо заселеності та пошкодження попелицею нагідок лікарських показали, що без застосування інсектицидів кількість заселених рослин зростала від 165–169 до 296–302 особин на 10 рослин (табл. 1).

Розрахунок ефективності інсектициду передбачає оцінку біологічної (відсоток знищених шкідників) складової, що ґрунтується на порівнянні оброблених і контрольних ділянок, враховуючи погодні умови, фазу розвитку рослин та шкідників, щоб визначити реальне зниження шкодочинності.

Обліки численності шкідників після обробки хімічним (Актеллік) та біологічним (Фітоверм) інсектицидами проводили на 10-ту та 30-ту добу.

Обприскування препаратом Актеллік сприяло істотному зменшенню поширення шкідника, а саме на 71–72 % через 10 діб після обробки та на 94–96 % на 30-ту добу після обробки. Застосування біологічного інсектициду Фітоверм проявляло дещо менший ефект. Так, на 30-ту добу ефективність препарату становила 92–93 %.

У посівах нагідок лікарських виявлено фузаріозне в'янення – це грибкова хвороба, яка вражає кореневу систему, закупорює судини, викликає пожовтіння, в'янення, засихання листя та загибель рослин, що проявляється вогнищами й часто супроводжується білим або рожевим нальотом біля основи стебла.

Поширення фузаріозного в'янення в посівах нагідок лікарських продовжувалося до кінця вегетації культури.

Більшого цифрового виразу поширення хвороби набирало в більш пізні фази росту й розвитку рослин нагідок лікарських (контрольний варіант – без фунгіциду), тоді як застосування хімічного та біологічного фунгіцидів сприяло зменшенню кількості пошкоджених рослин і ступеня їх ураження.

Таблиця 1. Оцінка біологічної ефективності дії інсектицидів у посівах нагідок лікарських, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Препарат (В)	Кількість днів після обробки			
	10		30	
	к-сть особин на рослину, шт	ефективність дії інсектициду, %	к-сть особин на рослину, шт	ефективність дії інсектициду, %
сорт Сонячна красуня (фактор А)				
Без препарату (контроль)	165	–	296	–
Актеллік	45	72	12	96
Фітоверм	62	63	21	93
сорт Березотіцька сонячна, (фактор А)				
Без препарату (контроль)	169	–	302	–
Актеллік	49	71	19	94
Фітоверм	66	61	24	92

Із настанням генеративного періоду розвитку рослин нагідок лікарських поширення фузаріозного в'янення без застосування фунгіцидів зростало в сорту Сонячна красуня від 9 до 15 %, у сорту Березотіцька сонячна – від 11 до 17 % рослин (табл. 2).

Таблиця 2. Поширення фузаріозного в'янення та ступінь ураження рослин у посівах нагідок лікарських залежно від сорту та застосування інсектициду, % (середнє за 2023–2025 рр.)

Препарат (В)	Фази росту та розвитку рослин					
	розетка листків		бутонізація		цвітіння	
	поширення	ступінь ураження рослин	поширення	ступінь ураження рослин	поширення	ступінь ураження рослин
Сорт Сонячна красуня (фактор А)						
Без препарату (контроль)	9	14	10	17	15	21
Беноміл	9	13	3	6	3	6
Триходермін	9	14	5	9	6	11
Сорт Березотіцька сонячна, см (фактор А)						
Без препарату (контроль)	11	16	12	19	17	23
Беноміл	11	13	4	7	4	7
Триходермін	11	14	6	10	7	13
$НІР_{05С}$	1,0		1,1		1,6	

Оптимальна дія в боротьбі з фузаріозним в'яненням спостерігалася за обприскування Беномілом, застосування якого зменшило поширення хвороби на 6–7 %.

Загалом нагідки лікарські мають високу стійкість до багатьох патогенів завдяки потужним антимікробним, протизапальним та антисептичним властивостям, ефективно пригнічуючи стафілококи та стрептококи, але самі можуть страждати від грибкових захворювань. Тому саме в разі поширення фузаріозного в'янення слід проводити обробку фунгіцидами.

Висновки. За результатами проведених обліків за наявності найбільш поширених шкідників і хвороб у посівах нагідок лікарських боротьбу проводили із застосуванням біологічних та хімічних препаратів.

Обприскування препаратом Актеллік сприяло істотному зменшенню поширення шкідника, а саме на 71–72 % через 10 діб після обробки та на 94–96 % на 30-ту добу після обробки. Застосування біологічного інсектициду Фітоверм проявляло дещо менший ефект. Так, на 30-ту добу ефективність препарату становила 92–93 %.

Оптимальна дія в боротьбі з фузаріозним в'яненням спостерігалася за обприскування фунгіцидом Беноміл, застосування якого зменшило поширення хвороби на 6–7 %.

Перспективи подальших досліджень. Плануємо продовжити дослідження щодо обліку шкідників і хвороб на лікарських рослинах за вирощування в умовах Лісостепу Західного. Серед засобів боротьби з шкідниками та хворобами підібрати ефективні біологічні препарати.

Список використаних джерел

1. Бобирьов В. М., Дев'яткіна Н. М. Нові механізми дії ромашки та календули як основа їхнього застосування в сучасних лікарських засобах для стоматологічної практики. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2014. № 1. С. 3–9.

2. Климчук О. В., Поліщук І. С., Мазур В. А. Лікарські рослини. Технологія вирощування: навчальний посібник / М-во освіти та науки, молоді та спорту України, М-во аграрної політики та продовольства України, ВНАУ. Вінниця, 2012. 187 с.

3. Кирик М. М., Шевчук В. К., Вільчинська Л. А., Піковський М. Й. Хвороби рідкісних і зникаючих видів рослин, занесених до Червоної книги України : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2023. 104 с.

4. Лихочвор В. В., Борисюк В. С., Дубковецький С. В., Онищук Д. М. Лікарські рослини. Значення, ботанічні і біологічні особливості, технологія вирощування, заготівля. Львів : НВФ «Українські технології», 2003. 208 с.

5. Лупак О., Антоняк Г., Шпек М. Формування продуктивності Calendula officinalis L. залежно від внесення стимуляторів росту та ґрунтовокліматичних умов культивування. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. Львів : Львів. нац. аграр. ун-т, 2016. № 20. С. 60–65.

6. Паращук В. В., Хоміна В. Я. Формування показників фотосинтетичної продуктивності посівів нагідок лікарських залежно від способів застосування регуляторів росту рослин. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 185–191. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.20

7. Сухар С. В. Продуктивність нагідок лікарських в Лісостепу західному України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2012. Вип. 4 (1). С. 217–222.

8. Сухар С. В., Хоміна В. Я. Удосконалення елементів технології вирощування нагідок лікарських в умовах Лісостепу Західного : монографія. м. Ніжин, ПП «Лисенко», 2015, 144 с.

9. Хоміна В. Я., Паращук В. В. Формування біометричних показників нагідок лікарських залежно від застосування регуляторів росту рослин. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 1 (46). С. 19–24. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.17

10. Alnuqaydan A. M., Lenehan C. E., Hughes R. R., Sanderson B. J. (2015). Extracts from *Calendula officinalis* offer in vitro protection against H_2O_2 induced oxidative stress cell killing of human skin cells. *Phytother Res*. 2015. Vol. 29. P. 120–123. DOI: 10.1002/ptr.5236

11. Lupak O., Klepach H., Antonyak H. Marigold (*Calendula officinalis* L.) and its components as a source of biologically active substances. Ecology and human health. Edited by Andrzej Krynski, Georges Kamtoh Tebug, Svitlana Voloshanska. Czestochowa: Educator, 2018. P. 65–76.

Trach I. V.
Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production, Soil Science and Plant Protection,
Higher education institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *trachiv@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0001-8005-855X*

Vitrovchak L. A.
Doctor of Philosophy in specialty 201 "Agronomy",
Assistant at the Agriculture, Soil Science and Plant Protection Department,
Higher educational institution "Podilskyi State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *linda_1996@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-6928-1865*

EFFICIENCY OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS IN THE CONTROL OF PESTS AND DISEASES OF POT MARIGOLD (*CALENDULA OFFICINALIS* L.)

Abstract

Pot marigold (Calendula officinalis L.) is a valuable medicinal plant widely used in both official and folk medicine. Calendula is among the ten most common medicinal plants in Europe.

As a highly demanded and economically efficient crop, pot marigold attracts the interest of researchers and agricultural producers in terms of improving technological measures that contribute to increasing the yield of air-dried inflorescences as valuable medicinal raw material for the pharmaceutical industry. An important factor is the cultivation of plants that are not damaged by pests and not affected by diseases.

The aim of the study was to identify pests and diseases and to determine the effectiveness of the studied insecticides and fungicides when cultivating the crop under the conditions of the Western Forest-Steppe. Two factors were studied in the experiment: factor A – cultivar (Soniachna Krasunia, Berezotytska Soniachna); factor B – preparation (untreated – control; insecticides: Actellic, Fitoverm; fungicides: Benomyl, Trichodermin).

As a result of records and observations, it was found that the most numerous pest species in pot marigold crops was aphid, with an economic threshold of harmfulness of 5–10 % of affected plants, while the most common disease was Fusarium wilt. Control measures were carried out using biological and chemical preparations.

Surveys of crops for infestation and damage by aphids on pot marigold (Calendula officinalis) showed that without the use of insecticides, the number of infested plants increased from 165–169 individuals to 296–302 individuals per 10 plants.

The calculation of insecticide efficiency includes an assessment of the biological component (percentage of pest mortality), which is based on a comparison of treated and control plots, taking into account weather conditions and the developmental stages of both plants and pests in order to determine the actual reduction in harmfulness.

Spraying with Actellic significantly reduced pest spread, namely by 71–72 % 10 days after treatment and by 94–96 % 30 days after treatment. The application of the biological insecticide Fitoverm showed a slightly lower effect; specifically, its efficiency on the 30th day was 92–93 %.

The optimal effect in controlling Fusarium wilt was achieved by spraying with the fungicide Benomyl, the use of which reduced the spread of the disease by 6–7 %.

Key words: *pot marigold (Calendula officinalis L.), cultivars, aphid, Fusarium wilt, insecticides, fungicides.*

References

1. Bobyrov, V. M., & Deviatkina, N. M. (2014). Novi mekhanizmy dii romashky ta kalenduly yak osnova yikhnoho zastosuvannia v suchasnykh likarskykh zasobakh dlia stomatolohichnoi praktyky [New mechanisms of action of chamomile and calendula as a basis for their use in modern medicines for dental practice]. *Farmakolohiia ta likarska toksykolohiia – Pharmacology and Drug Toxicology*, (1), 3–9 [in Ukrainian].

2. Klymchuk, O. V., Polishchuk, I. S., & Mazur, V. A. (2012). Likarski roslyny. Tekhnolohiia vyroshchuvannia: navchalnyi posibnyk [Medicinal plants. Cultivation technology: a study guide]. Vinnytsia: VNAU [in Ukrainian].

3. Kyryk, M. M., Shevchuk, V. K., Vilchynska, L. A., & Pikovskyi, M. I. (2023). Khvoroby ridkisnykh i znykaiuchykh vydiv roslyn, zanesenykh do Chervonoi knyhy Ukrainy: navchalnyi posibnyk [Diseases of rare and endangered plant species listed in the Red Data Book of Ukraine: a study guide]. Kamianets-Podilskyi : Ruta [in Ukrainian].

4. Lykhochvor, V. V., Borysiuk, V. S., Dubkovetskyi, S. V., & Onyshchuk, D. M. (2003). Likarski roslyny. Znachennia, botanichni i biolohichni osoblyvosti, tekhnolohiia vyroshchuvannia, zahotivlia [Medicinal plants. Significance, botanical and biological features, cultivation technology, harvesting]. Lviv : Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].

5. Lupak, O., Antoniak, H., & Shpek, M. (2016). Formuvannia produktyvnosti Calendula officinalis L. zalezhno vid vnesennia stymuliatoriv rostu ta gruntovoklimatychnykh umov kultyvuvannia [Productivity formation of Calendula officinalis L. depending on the application of growth stimulants and soil-climatic conditions of cultivation]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: ahronomiia – Bulletin of Lviv National Agricultural University: Agronomy*, (20), 60–65 [in Ukrainian].

6. Parashchuk, V. V., & Khomina, V. Ya. (2025). Formuvannia pokaznykiv fotosyntetychnoi produktyvnosti posiviv nahidok likarskykh zalezhno vid sposobiv zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn [Formation of photosynthetic productivity indicators of pot marigold crops depending on the methods of application of plant growth regulators]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychykh nauk – Ukrainian Journal of Natural Sciences*, (11), 185–191. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.20 [in Ukrainian].

7. Sukhar, S. V. (2012). Produktyvnist nahidok likarskykh v Lisostepu zakhidnomu Ukrainy [Productivity of pot marigold in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria – Ukrainian Black Sea Region Agricultural Science*, 4 (1), 217–222 [in Ukrainian].

8. Sukhar, S. V., & Khomina, V. Ya. (2015). Udoskonalennia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia nahidok likarskykh v umovakh Lisostepu Zakhidnoho: monohrafiia [Improvement of elements of pot marigold cultivation technology in the Western Forest-Steppe: a monograph]. Nizhyn : Lysenko [in Ukrainian].

9. Khomina, V. Ya., & Parashchuk, V. V. (2024). Formuvannia biometrychnykh pokaznykiv nahidok likarskykh zalezhno vid zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn [Formation of biometric parameters of pot marigold depending on the application of plant growth regulators]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 1 (46), 19–24. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.17 [in Ukrainian].

10. Alnuqaydan, A. M., Lenehan, C. E., Hughes, R. R., & Sanderson, B. J. (2015). Extracts from Calendula officinalis offer in vitro protection against H2O2 induced oxidative stress cell killing of human skin cells. *Phytotherapy Research*, 29, 120–123. DOI: 10.1002/ptr.5236

11. Lupak, O., Klepach, H., & Antonyak, H. (2018). Marigold (Calendula officinalis L.) and its components as a source of biologically active substances. In A. Krynski, G. K. Tebug, & S. Voloshanska (Eds.), *Ecology and human health* (pp. 65–76). Educator.

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 23.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 633.34:631.5:631.53:631.16(477.8)
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-28

Хоміна В. Я.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувачка кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *homina13@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-8698-0008*

Олійник Ю. А.
аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID: *0000-0002-2398-2831*

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ СІВБИ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Анотація

Удосконалення комплексу агротехнічних факторів, які б сприяли отриманню високої урожайності і якості зерна сої та максимального прибутку від реалізації продукції, є надзвичайно актуальними питаннями.

У статті наведено результати досліджень наукової спільноти щодо впливу способів сівби, норм висіву насіння, обробітків ґрунту на продуктивність різних за стиглістю сортів сої за вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Мета наших досліджень полягала у встановленні впливу способу сівби та норми висіву насіння на урожайність та економічну ефективність вирощування різних за стиглістю сортів сої в умовах Лісостепу Західного. У досліді вивчався вплив факторів: А – сорт (Моцард (ультраранній), Сяйво (середньоранній), Сенсор (середньостиглий); В – спосіб сівби: широкорядний (45 см), twin row, або двострічковий (19 × 38 см); С – норма висіву насіння (400, 500, 600, 700 тис. насінин/га). За контроль взято сортостандарт Моравія (середньостиглий), спосіб сівби – широкорядний (45 см), норма висіву насіння – 500 тис. насінин/га.

За результатами виконаних досліджень встановлено найбільш адаптовані до умов вирощування сорти сої, кращий спосіб сівби та норму висіву насіння. Розраховано показники економічної ефективності в розрізі досліджуваних варіантів.

Найбільш урожайними в дослідженнях були сорти: Сяйво за сівби двострічковим способом (twin row) з нормою висіву насіння 600 тис. насінин/га з показником 3,7 т/га та Сенсор за сівби двострічковим способом (twin row) з нормою висіву насіння 500 тис. насінин/га з показником 3,95 т/га, і найменш урожайним – сорт Моцард із показником 1,96 т/га на варіанті з нормою висіву 400 тис. насінин/га широкорядним способом.

Рівень рентабельності вирощування сої коливався в досить широкому діапазоні – 26–157 %. Найбільший рівень рентабельності – 132 та 157 % – отримано в сорту Сяйво за сівби twin row (19 × 38 см) з нормою висіву насіння 600 тис. шт/га та в сорту Сенсор за сівби twin row (19 × 38 см) з нормою висіву насіння 500 тис шт /га відповідно.

Ключові слова: *соя, сорт, спосіб сівби, норма висіву насіння, урожайність, показники економічної ефективності.*

Вступ. Соя увібрала найцінніші властивості рослинного світу, відзначається пластичністю, чутливістю до ґрунтово-кліматичних умов, високим потенціалом продуктивності, різними холодостійкістю, посухостійкістю, вологоспоживанням, строками достигання.

У період розвитку євроінтеграції та глобалізації вітчизняної економіки виробництво зернобобових культур, зокрема сої, потребує гнучкого підходу до міжнародної конкурентної боротьби, забезпечивши вирішення проблем продовольчої та екологічної безпеки [4]. Основними шляхами підвищення економічної ефективності виробництва є зростання його продуктивності, зниження витрат і вдосконалення каналів реалізації. Отже, питання вдосконалення комплексу агротехнічних факторів, які б сприяли отриманню високої урожайності і якості зерна сої та максимального прибутку від реалізації продукції, є надзвичайно актуальними.

Раціональне розміщення рослин на площі для створення оптимальних умов процесу фотосинтезу та функціонування кореневої системи є предметом постійної уваги дослідників.

Під час вибору способу сівби важливо враховувати високу пластичність сої до площі живлення, що проявляється у зміні індивідуальної продуктивності рослин. У посівах сої з оптимальною густотою та площею живлення рослин основна кількість бобів формується на головному пагоні, у зріджених – на бокових гілках. Надмірне загущення посівів призводить до їх вилягання, передчасного пожовтіння й опадання листків, неповного використання світла, вологи, поживних речовин, зниження біологічної фіксації азоту з атмосфери [7]. Суттєвих

© Хоміна В. Я., Олійник Ю. А., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

коливань в урожайності за збільшення ширини міжрядь від 15 до 60 см не спостерігається, оскільки рослини здатні змінювати продуктивність залежно від площі живлення [1]. Збільшення норми висіву з 400 до 1200 тис./га рослин призводило до скорочення вегетаційного періоду, значного видовження рослин і зменшення врожайності насіння через утворення бобів лише у верхній частині рослин [3]. Зміна густоти рослин сої впливає на ступінь використання основних життєвих факторів, а їх взаємодія визначає величину врожаю та його структуру. Норма висіву, на думку М. Івасик, більше, ніж спосіб сівби, впливає на величину врожайності сої [2].

Серед низки наукових досліджень щодо сої значна увага приділяється адаптивній системі основного обробітку ґрунту під сою [10; 11].

Дослідженнями В. Расевича та Н. Терещенко встановлено, що урожайність сої за традиційного обробітку за різних фонів живлення становила в середньому 2,22–3,10 т/га, No-till на фоні оранки – 2,10–2,86 т/га, поверхневий обробіток – 2,16–3,04 т/га, No-till на фоні поверхневого обробітку – 2,11–2,90 т/га [5]. Дослідження Т. Чайки, В. Логвиненка, А. Пшенишного свідчать про незначну перевагу в урожайності зерна сої за проведення глибокого рихлення, де показник коливався в межах 2,30–2,53 т/га, проти: оранка – 2,24–2,57 т/га та No-till – 2,24–2,42 т/га [6]. Дослідженнями Ю. Юрченко встановлено вплив способу сівби на формування врожайності та якості насіння сої. У дослідженнях здійснено порівняльну оцінку способів сівби з різною шириною міжрядь (15, 30, 45 см) за вирощування різних сортів сої: Титан, Паллада, Кобуко [9].

Т. Шепілова, Д. Петренко також присвятили свої дослідження вивченню впливу способу сівби та норми висіву насіння на урожайність та якісні показники сої за вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. Експериментально встановлено, що найкращі результати сої забезпечує сівба з міжряддям 15 см та з нормою 0,8 млн шт/га [8].

Отже, забезпечити довгострокову конкурентну перевагу у вирощуванні сої можливо завдяки сталому підвищенню рівня урожайності за оптимальних економічних ресурсів.

Мета роботи полягала у встановленні впливу способу сівби та норми висіву насіння на урожайність та економічну ефективність вирощування різних за стиглістю сортів сої в умовах Лісостепу Західного.

Закладався трифакторний дослід: фактор А – сорт (Моцард (ультраранній), Сяйво (середньоранній), Сенсор (середньостиглий); фактор В – спосіб сівби: широкорядний (45 см), twin row, або двострічковий (19 × 38 см); фактор С – норма висіву насіння (400, 500, 600, 700 тис. насінин/га). За контроль взято сортостандарт Моравія (середньостиглий), спосіб сівби – широкорядний (45 см), норма висіву насіння – 500 тис. насінин/га.

Виклад основного матеріалу дослідження. Останнім часом в Україні для оптимізації процесів фотосинтезу в посівах різних сільськогосподарських культур, які, зі свого боку, корелюють з урожайністю, значний акцент роблять на ефективність двострічкових способів сівби. Для визначення гіпотези нашого експерименту в дослідження включили спосіб сівби twin row, або двострічковий (19 × 38 см) із метою порівняння його з погляду ефективності й економічної доцільності з більш традиційним – широкорядним (45 см).

Найбільш урожайними в дослідженнях були сорти: Сяйво за сівби двострічковим способом (twin row) з нормою висіву насіння 600 тис. насінин/га з показником 3,7 т/га та Сенсор за сівби двострічковим способом (twin row) з нормою висіву насіння 500 тис. насінин/га з показником 3,95 т/га, і найменш урожайним – сорт Моцард із показником 1,96 т/га на варіанті з нормою висіву 400 тис. насінин/га широкорядним способом (табл. 1–3).

Таблиця 1. Урожайність та економічна ефективність вирощування сої сорту Моцард залежно від способів сівби та норм висіву насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Сорт Моравія (А) – стандарт						
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	43 350	24 375	18 975	78
Сорт Моцард (А)						
широкорядний (45 см)	400	1,96	29 400	23 500	5900	26
	500	2,29	34 350	24 375	9975	41
	600	2,58	38 700	25 250	13 450	53
	700	2,67	40 050	26 125	13 925	53
twin row (19 × 38 см)	400	2,19	32 850	22 200	10 650	48
	500	2,48	37 200	23 075	14 125	61
	600	2,64	39 600	23 950	15 650	65
	700	2,98	44 700	24 825	19 875	80

Економічна ефективність вирощування сої показує кінцевий ефект від застосування окремих ланок технології їх вирощування, зокрема живої праці та засобів захисту рослин, а також віддачу всіх додаткових вкладень. Цей показник є кінцевим наслідком щодо виявлення доцільності впровадження у виробництво досліджуваних варіантів.

З метою всесторонньої економічної оцінки різних умов вирощування сої нами враховувалися такі економічні показники: урожайність зерна сої (т/га), вартість валової продукції з 1 га (грн), виробничі витрати на 1 гектар (грн), умовно-чистий прибуток з 1 га (грн), рівень рентабельності (%).

Проведені розрахунки економічної ефективності вирощування сої дають право стверджувати, що досліджувані нами чинники по-різному впливають на ці показники.

Таблиця 2. Урожайність та економічна ефективність вирощування сої сорту Сяйво залежно від способів сівби та норм висіву насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Сорт Моравія (А) – стандарт						
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	43 350	24 375	18 975	78
Сорт Сяйво (А)						
широкорядний (45 см)	400	2,59	38 850	23 500	15 350	65
	500	2,86	42 900	24 375	18 525	76
	600	2,98	44 700	25 250	19 450	74
	700	3,07	46 050	26 125	19 925	76
twin row (19 × 38 см)	400	3,03	45 450	22 200	23 250	105
	500	3,56	53 400	23 075	30 325	131
	600	3,70	55 500	23 950	31 550	132
	700	3,42	51 300	24 825	26 475	107

Вартість валової продукції залежала від урожайності досліджуваних сортів на варіантах досліджень, реалізаційна ціна продукції – 15 000 грн/т.

Виробничі витрати у варіантах досліджень залежали від норми висіву насіння та становили 23 500–26 125 грн/га. За широкорядного способу сівби додаткові витрати були на проведення міжрядних обробітків.

Максимальний умовно-чистий прибуток 36 175 грн/га отримано в сої сорту Сенсор за сівби twin row (19 × 38 см) з нормою висіву насіння 500 тис. насінин/га. Для сорту Сяйво кращим виявився аналогічний варіант з умовно-чистим прибутком 31 550 грн/га.

Таблиця 3. Урожайність та економічна ефективність вирощування сої сорту Сенсор залежно від способів сівби та норм висіву насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Спосіб сівби (В)	Норма висіву насіння, тис. шт/га, (С)	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Сорт Моравія (А) – стандарт						
широкорядний (45 см) (контроль)*	500	2,89	43 350	24 375	18 975	78
Сорт Сенсор (А)						
широкорядний (45 см)	400	3,46	51 900	23 500	28 400	121
	500	3,68	55 200	24 375	30 825	126
	600	3,47	52 050	25 250	26 800	106
	700	3,15	47250	26 125	21 125	81
twin row (19 × 38 см)	400	3,75	56 250	22 200	34 050	153
	500	3,95	59 250	23 075	36 175	157
	600	3,77	56 550	23 950	32 600	136
	700	3,44	51 600	24 825	26 775	108

Найменш прибутковим виявилося вирощування сорту Моцард за широкорядної сівби з нормою висіву 400 тис. насінин/га з умовно-чистим прибутком 5900 грн/га. Кращий варіант для сорту Моцард – сівба двострічковим способом із нормою висіву насіння 700 тис. шт/га, прибуток на цьому варіанті становив 19 875 грн/га.

Таким чином, проведена економічна оцінка досліджуваних чинників у технології вирощування сої показує, що їх використання є економічно ефективними заходами в землеробстві, які сприяють підвищенню урожайності, зниженню собівартості продукції, підвищенню прибутку з 1 га, рентабельності виробництва й окупності виробничих витрат, що так необхідно за сучасного стану сільського господарства.

Рівень рентабельності вирощування сої коливався в досить широкому діапазоні – 26–157 %. Найбільший рівень рентабельності – 132 та 157 % – отримано в сорту Сяйво за сівби twin row (19 × 38 см) з нормою висіву насіння 600 тис. шт/га та в сорту Сенсор за сівби tvin row (19 × 38 см) з нормою висіву насіння 500 тис. шт /га відповідно.

Висновки. Найбільш урожайними в дослідженнях були сорти: Сяйво за сівби двострічковим способом (twin row) з нормою висіву насіння 600 тис. насінин/га з показником 3,7 т/га та Сенсор за сівби двострічковим способом (twin row) з нормою висіву насіння 500 тис. насінин/га з показником 3,95 т/га, і найменш урожайним – сорт Моцард із показником 1,96 т/га на варіанті з нормою висіву 400 тис. насінин/га широкорядним способом.

Рівень рентабельності вирощування сої коливався в досить широкому діапазоні – 26–157 %. Найбільший рівень рентабельності – 132 та 157 % – отримано в сорту Сяйво за сівби twin row (19 × 38 см) з нормою висіву насіння 600 тис. шт/га та у сорту Сенсор за сівби twin row (19 × 38 см) з нормою висіву насіння 500 тис. шт /га відповідно.

Перспективи подальшого дослідження. Плануємо продовжити наукові дослідження щодо встановлення впливу агротехнічних факторів на ріст, розвиток і продуктивність сортів сої. Доцільно провести аналіз якості насіння досліджуваних сортів сої залежно від норм висіву насіння та способів сівби за вирощування в умовах Лісостепу Західного.

Список використаних джерел

1. Заболотний Г. М., Мазур В. А., Циганська О. І., Дідур І. М., Циганський В. І., Панцирева Г. В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2021. 276 с.

2. Івасик М. В. Формування біометричних показників та показників якості насіння сортів сої залежно від технологічних факторів. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 137–140. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.22

3. Камінський В. Ф. Комплексний вплив факторів інтенсифікації на формування врожаю сої у північному Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 9. С. 36–42.

4. Лихочвор В. В., Петреченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів, 2020. 806 с.

5. Расевич В. В., Н. М. Тетерещенко Н. М. Дія системи основного обробітку ґрунту на агрофізичні показники та урожайність сої. *Feeds and Feed Production*. 2023. № 96. С. 72–82. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202396-07

6. Чайка Т. О., Логвиненко В. В., Пшенишний А. А. Вплив систем обробітку ґрунту на врожайність сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26, № 4. С. 54–59. DOI: 10.31210/spi2023.26.04.10

7. Шевніков М. Я., Логвиненко О. М. Вплив строків, способів сівби, норм висіву різних сортів сої на її продуктивність. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 1. С. 12–16.

8. Шепілова Т. П., Петренко Д. І. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і розвиток рослин сої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 1. С. 74–77.

9. Юрченко Ю. О. Вплив способу сівби на формування якості насіння сої. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № 48. С. 126–130. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.15

10. Kyryliuk V., Krychkivskyi V., Kovalchuk N. The adaptive system of fundamental soil tillage for soya. *Foothill and mountain agriculture and stockbreeding*. 2020. Vol. 67 (II). P. 113–123. DOI: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-7

11. Kyrylyuk V. P., Krychkivsky V. M. Yield of soy and efficiency of its cultivation under different systems of main tillage and fertilizer. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*. 2022. Vol 4. P. 59–65. DOI: https://doi.org/10.54651/agri.2022.04.07

Khomina V. Ya.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *homina13@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-8698-0008*

Oliinyk Yu. A.
Postgraduate Student at the Department of Crop Production, Breeding and Seed Science,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
ORCID: *0000-0002-2398-2831*

YIELD AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SOYBEAN CULTIVATION UNDER DIFFERENT SOWING METHODS AND SEED RATES IN THE WESTERN FOREST-STEPPE CONDITIONS

Abstract

Improvement of the complex of agrotechnical factors that contribute to obtaining high soybean grain yield and quality, as well as maximizing profit from product sales, is an extremely relevant issue.

The article presents the results of studies by the scientific community concerning the influence of sowing methods, seed rates, and soil tillage on the productivity of soybean varieties differing in maturity when grown under various soil and climatic conditions.

The aim of our research was to determine the effect of sowing method and seed rate on yield and economic efficiency of soybean varieties with different maturity groups under the conditions of the Western Forest-Steppe. The experiment studied the influence of the following factors: A – variety (Mozart (ultra-early), Siaivo (early-maturing), Sensor (medium-maturing); B – sowing method: wide-row (45 cm), twin-row (19 × 38 cm); C – seed rate (400, 500, 600, 700 thousand seeds/ha).

The variety standard Moravia (medium-maturing), wide-row sowing method (45 cm), and seed rate of 500 thousand seeds/ha were used as the control.

As a result of the conducted research, the soybean varieties most adapted to the growing conditions, the optimal sowing method, and seed rate were determined. Indicators of economic efficiency were calculated for the studied variants.

The highest yields were obtained for the Siaivo variety sown using the twin-row method with a seed rate of 600 thousand seeds/ha, yielding 3.7 t/ha, and for the Sensor variety sown using the twin-row method with a seed rate of 500 thousand seeds/ha, yielding 3.95 t/ha. The lowest yield was recorded for the Mozart variety, amounting to 1.96 t/ha under the wide-row sowing method with a seed rate of 400 thousand seeds/ha.

The profitability level of soybean cultivation varied within a wide range of 26–157 %. The highest profitability levels of 132 % and 157 % were obtained for the Siaivo variety sown by the twin-row method (19 × 38 cm) with a seed rate of 600 thousand seeds/ha and for the Sensor variety sown by the twin-row method (19 × 38 cm) with a seed rate of 500 thousand seeds/ha, respectively.

Key words: *soybean, variety, sowing method, seed rate, yield, economic efficiency indicators.*

References

1. Zabolotnyi, H. M., Mazur, V. A., Tsyhanska, O. I., Didur, I. M., Tsyhanskyi, V. I., & Pantsyreva, H. V. (2021). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksymalnoi realizatsii yii produktyvnosti: monohrafiia [Agrobiological principles of soybean cultivation and ways to maximize its productivity: a monograph]. Vinnytsia: TVORY [in Ukrainian].

2. Ivasyk, M. V. (2025). Formuvannia biometrychnykh pokaznykiv ta pokaznykiv yakosti nсіння sortiv soi zalezhno vid tekhnolohichnykh faktoriv [Formation of biometric indicators and seed quality indicators of soybean varieties depending on technological factors]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural Innovations*, (33), 137–140. https://doi.org/10.32484/agrar.innov.2025.33.22 [in Ukrainian].

3. Kaminskyi, V. F. (2006). Kompleksnyi vplyv faktoriv intensyfikatsii nauvannia vrozhaiu soi u pivnichnomu Lisostepu [Complex influence of intensification factors on soybean yield formation in the northern Forest-Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of Agricultural Science*, (9), 36–42 [in Ukrainian].

4. Lykhochvor, V. V., & Petrechenko, V. F. (2020). Roslynnyttvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Plant growing. Technologies of cultivation of agricultural crops]. Lviv [in Ukrainian].

5. Rasevych, V. V., & Tetereshchenko, N. M. (2023). Diia systemy osnovnoho obrobitku gruntu na ahrofizychni pokaznyky ta urozhainist soi [Effect of the main tillage system on agrophysical indicators and soybean yield]. *Feeds and Feed Production*, (96), 72–82. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-07 [in Ukrainian].

6. Chaika, T. O., Lohvynenko, V. V., & Pshenyshnyi, A. A. (2023). Vplyv system obrobitku gruntu na vrozhainist soi [Influence of soil tillage systems on soybean yield]. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 54–59. https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.10 [in Ukrainian].

7. Shevnikov, M. Ya., & Lohvynenko, O. M. (2013). Vplyv strokiv, sposobiv sivby, norm vysivu riznykh sortiv soi na yii produktyvnist [Influence of terms, methods of sowing, seeding rates of different soybean varieties on its productivity]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – News of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 12–16 [in Ukrainian].

8. Shepilova, T. P., & Petrenko, D. I. (2017). Vplyv sposobu sivby i normy vysivu nсіння na rist i rozvytok roslyn soi [Influence of sowing method and seeding rate on the growth and development of soybean plants]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Journal of Uman National University of Horticulture*, (1), 74–77 [in Ukrainian].

9. Yurchenko, Yu. O. (2025). Vplyv sposobu sivby na formuvannia yakosti nсіння soi [Influence of sowing method on the formation of soybean seed quality]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, (48), 126–130. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.15 [in Ukrainian].

10. Kyryliuk, V., Krychkivskyi, V., & Kovalchuk, N. (2020). The adaptive system of fundamental soil tillage for soya. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 67 (II), 113–123. https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-7

11. Kyrylyuk, V. P., & Krychkivsky, V. M. (2022). Yield of soy and efficiency of its cultivation under different systems of main tillage and fertilizer. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 4, 59–65. https://doi.org/10.54651/agri.2022.04.07

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 26.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

ЕКОНОМІЧНА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

УДК 528.44:528.9:332.3:556
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-29

Смолярчук М. В.
кандидат економічних наук,
доцент кафедри земельного кадастру,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького
Львів, Україна
E-mail: *muroslava.kovalishin@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-7350-431X*

Таратула Р. Б.
доктор економічних наук,
професор кафедри земельного кадастру,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького
Львів, Україна
E-mail: *ruslana.78@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6943-382X*

АВТОМАТИЗОВАНА ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ ПРО ЗЕМЛІ ВОДНОГО ФОНДУ В ДЕРЖАВНОМУ ЗЕМЕЛЬНОМУ КАДАСТРІ

Анотація

У статті розглянуто підхід до автоматизованої інтеграції відомостей про землі водного фонду в систему Державного земельного кадастру на основі поєднання кадастрових, містобудівних і муніципальних геоінформаційних ресурсів. Метою дослідження є обґрунтування послідовності узгодження просторових, правових і функціональних характеристик земель водного фонду з урахуванням вимог земельного та водного законодавства і принципів сумісності геоінформаційних систем.

Методологічну основу дослідження становлять методи просторового аналізу, зіставлення координатних параметрів, аналіз нормативно-правових актів, систематизація кадастрових і містобудівних даних, а також методи геоінформаційного моделювання. Емпіричною базою слугували матеріали Державного земельного кадастру, містобудівна документація, геоінформаційні ресурси та відкриті дані Львівської міської територіальної громади.

За результатами дослідження виявлено основні причини неузгодженості відомостей про землі водного фонду в різних інформаційних системах, зокрема розбіжності у просторовому відображенні меж, площі, категорії земель і режиму використання. Запропоновано модель автоматизованого узгодження даних, яка забезпечує формування цілісного та достовірного інформаційного масиву для процедур реєстрації та просторового планування.

Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні інтеграційного підходу до формування узгоджених кадастрових відомостей про землі водного фонду з використанням муніципальних геоінформаційних ресурсів. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання органами місцевого самоврядування під час підготовки землевпорядної та містобудівної документації, здійснення кадастрового обліку та контролю за використанням прибережних територій.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням механізмів міжвідомчої інтеграції просторових даних і впровадженням автоматизованих сервісів обміну інформацією в межах національної інфраструктури геопросторових даних.

Ключові слова: *землі водного фонду, Державний земельний кадастр, геоінформаційні системи, інтеграція даних, просторове планування, кадастровий облік.*

Вступ. Система Державного земельного кадастру України є базовою державною інформаційною системою у сфері земельних відносин, призначеною для формування, зберігання та використання просторових і правових відомостей про земельні ділянки відповідно до чинного законодавства [5; 6]. В умовах децентралізації органи місцевого

© *Смолярчук М. В., Таратула Р. Б., 2026* pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

самоврядування отримали розширені повноваження у сфері управління земельними ресурсами, що зумовлює підвищення ролі достовірної та актуальної кадастрової інформації у процесі прийняття управлінських рішень.

Для земель водного фонду особливе значення має автоматизоване узгодження кадастрових даних з інформацією про водні об'єкти, прибережні захисні смуги та водоохоронні зони [1; 2]. Разом із тим значна частина водних об'єктів місцевого значення або не відображена в Державному земельному кадастрі, або представлена неповними просторовими характеристиками, що ускладнює реєстраційні процедури та контроль за використанням земель водного фонду загалом [5; 6].

Проблематика обліку та використання земель водного фонду перебуває у полі зору науковців як в Україні, так і за кордоном. Вітчизняні дослідження зосереджують увагу на потребі коригування кадастрових процедур і вдосконалення інформаційних систем публічного управління [8, с. 87]. У зарубіжних наукових публікаціях розглядаються сучасні підходи до моделювання правових об'єктів у кадастрових системах, зокрема в умовах просторової та часової динаміки земельних об'єктів. Так, у роботі Р. Альберді, Д.-А. Ербі підкреслюється важливість розширення облікових моделей для природних об'єктів з урахуванням зміни меж у часі та правового статусу об'єктів 4D-кадастру [9]. В. Цетл та співавтори аналізують роль стандартів INSPIRE у створенні узгодженої кадастрової карти Європи, що забезпечує сумісність просторових даних між національними системами [10].

У міжнародній практиці розвиток інфраструктур просторових даних супроводжується впровадженням уніфікованих моделей обміну просторовими даними та механізмів доступу, які підвищують якість обліку земельних ресурсів [12]. Реалізація стандартів INSPIRE у країнах ЄС дає змогу інтегрувати національні кадастри у спільний інформаційний простір, що сприяє підвищенню ефективності управління земельними ресурсами [10].

Водночас в Україні процеси автоматизованої інтеграції даних Державного земельного кадастру з геоінформаційними ресурсами територіальних громад залишаються недостатньо систематизованими, що знижує ефективність використання наявних інформаційних ресурсів та ускладнює комплексне управління землями водного фонду [7; 14, с. 160–163].

У зв'язку із цим актуальним є дослідження особливостей автоматизованої інтеграції кадастрових і реєстраційних даних про землі водного фонду в системі Державного земельного кадастру та їх використання в управлінні територіальними громадами.

Мета дослідження. Метою статті є обґрунтування підходу до автоматизованої інтеграції відомостей про землі водного фонду в систему Державного земельного кадастру України з використанням геоінформаційних ресурсів територіальних громад на прикладі конкретного об'єкта, з урахуванням вимог земельного та водного законодавства, положень містобудівної документації та принципів сумісності геоінформаційних систем.

Для досягнення поставленої мети у статті проаналізовано нормативно-правові та інформаційні передумови обліку земель водного фонду, досліджено особливості відображення водних об'єктів і зон обмежень у кадастрових та містобудівних системах, обґрунтовано послідовність автоматизованого узгодження просторових і атрибутивних даних, а також оцінено результати застосування запропонованого підходу в межах вибраної території.

Виклад основного матеріалу дослідження. Автоматизована інтеграція відомостей про землі водного фонду в систему Державного земельного кадастру ґрунтується на взаємопов'язаному використанні правових, просторових і технічних компонентів кадастрового обліку. У сучасних умовах цифровізації земельно-кадастрової сфери неузгодженість даних між окремими інформаційними ресурсами залишається однією з основних причин ускладнення процедур реєстрації та управління земельними ресурсами [5; 6; 14, с. 160–161].

Запропонований у межах дослідження підхід орієнтований на формування цілісного інформаційного середовища шляхом інтеграції кадастрових, містобудівних і геоінформаційних ресурсів територіальної громади з використанням єдиної координатної системи, узгоджених ідентифікаторів об'єктів та стандартизованих форматів обміну даними. Така інтеграція розглядається як інструмент узгодження правового статусу земельних ділянок, їх просторових характеристик і функціонального призначення [9; 14, с. 162–163].

Інформаційну основу інтеграційної моделі становлять відомості Державного земельного кадастру, матеріали містобудівної документації, геоінформаційні ресурси територіальної громади й офіційні набори відкритих даних Львівської міської ради [4; 3; 5; 6; 7]. Їх комплексне використання дає можливість здійснювати багаторівневий аналіз з урахуванням актуальності даних, точності визначення координат і повноти атрибутивної інформації щодо стану обліку земель водного фонду та виявляти суперечності між окремими інформаційними масивами.

Поєднання муніципальних геоінформаційних ресурсів і кадастрових даних створює передумови для підвищення точності просторового відображення земель водного фонду й уточнення меж земельних ділянок відповідно до положень містобудівної документації [11, с. 88–89].

Запропонований підхід базується на системному зіставленні координатних параметрів, конфігурації меж і атрибутивних характеристик земельних ділянок, отриманих із різних джерел [9; 11, с. 89; 13]. Такий аналіз дає змогу ідентифікувати просторові та функціональні невідповідності, зокрема розбіжності у просторовому положенні берегової лінії, меж прибережних захисних смуг і зон обмеженого використання, а також оцінювати їх вплив на якість кадастрової інформації [13].

Використання офіційних відкритих даних підвищує рівень верифікації інформації та сприяє формуванню повнішого й актуалізованого інформаційного масиву, придатного для реєстраційних і планувальних процедур [4; 7].

Запропонований підхід проілюстровано на прикладі земельної ділянки водного фонду в межах Львівської міської територіальної громади, яка на початковому етапі перебувала у стані несформованості та не відображалася в Державному земельному кадастрі. Відсутність узгоджених меж, кадастрового номера та належним чином затвердженої землевпорядної документації фактично унеможливлювала внесення відомостей до державних реєстрів, що створювало ризики неврегульованого використання прибережної території.

Аналіз інформаційних ресурсів засвідчив наявність суттєвих розбіжностей між просторовим відображенням водного об'єкта в різних базах даних, матеріалами містобудівної документації та геоінформаційними ресурсами територіальної громади [7; 9].

У таблиці 1 узагальнено результати узгодження просторових, правових і функціональних характеристик земельної ділянки водного фонду на території Львівської міської територіальної громади на основі даних Державного земельного кадастру, містобудівної документації та геоінформаційних ресурсів Львівської міської ради [3; 4; 5; 6].

Таблиця 1. Узгодження характеристик земельної ділянки водного фонду в процесі інтеграції даних

Параметр обліку	Джерела даних	Первинні відомості	Інтегровані відомості
Місце розташування, адреса та межі	ДЗК; геоінформаційний портал ЛМР; містобудівна документація (ДПТ)	Відсутність узгодженого просторового відображення та нечіткі межі	Встановлене місце розташування (Львівська область, с. Малехів, вул. Героїв Небесної Сотні) та узгоджені межі земельної ділянки
Площа земельної ділянки	ДЗК; технічна документація із землеустрою	Несистематизовані та неповні відомості	Уточнена та погоджена площа – 6,240 га
Категорія земель	ДЗК; містобудівна документація (план зонування території, ДПТ)	Частково відображена	Підтверджена як землі водного фонду
Форма власності	ДЗК; рішення органу місцевого самоврядування	Неповні та неузгоджені відомості	Визначена як комунальна власність
Землекористувач	Рішення органу місцевого самоврядування; містобудівна документація (ДПТ)	Відсутність чіткого визначення користувача	Закріплена за Львівською міською радою
Функціональне призначення	Містобудівна документація (план зонування території, ДПТ)	Неузгоджене з фактичним використанням	Визначене для рекреаційних і культурно-оздоровчих потреб
Режим використання	Водний кодекс України; Земельний кодекс України; містобудівна документація (ДПТ)	Недостатньо деталізований	Визначений з урахуванням прибережної захисної смуги та правових обмежень
Землевпорядна та містобудівна документація	Рішення ради; ДПТ; технічна документація із землеустрою	Неузгоджені матеріали землеустрою та містобудівної документації	Сукупність узгоджених матеріалів землеустрою та містобудівної документації
Інформаційне забезпечення	ДЗК; геоінформаційний портал ЛМР; портал відкритих даних ЛМР	Відомості, розміщені в базах даних Державного земельного кадастру, Державному реєстрі речових прав, муніципальних геоінформаційних системах і ресурсах відкритих даних без автоматизованої синхронізації	Єдиний інтегрований інформаційний масив

Аналіз даних, наведених у таблиці 1, засвідчує, що узгодження просторових, правових і функціональних характеристик земельної ділянки водного фонду є необхідною передумовою не лише формування інтегрованого інформаційного середовища, а й забезпечення коректності реєстраційних процедур, просторового планування та контролю за використанням прибережних територій. При цьому вирішальну роль відіграло усунення розбіжностей між просторовими даними різних інформаційних систем та їх узгодження з правовим статусом і функціональним призначенням земельної ділянки, що дало змогу сформувати цілісну та достовірну інформаційну основу для реєстрації земельних ділянок у системі Державного земельного кадастру та інформаційного забезпечення державних реєстрів.

Застосування інтеграційної моделі забезпечило формування узгодженого інформаційного масиву, який відповідає вимогам Державного земельного кадастру та може використовуватися в процедурах реєстрації та просторового планування [5; 6].

Запропонований підхід орієнтований на практичне застосування в діяльності органів місцевого самоврядування у сфері обліку й управління землями водного фонду та може бути використаний під час підготовки землевпорядної та містобудівної документації.

У контексті цифрової трансформації земельно-кадастрової сфери та розвитку національної інфраструктури геопросторових даних інтеграція інформаційних ресурсів сприяє переходу від розрізненого використання кадастрових, містобудівних і геоінформаційних даних до комплексних цифрових сервісів [7; 10; 12].

Таким чином, автоматизована інтеграція даних про землі водного фонду розглядається як ефективний інструмент удосконалення процедур реєстрації земельних ділянок, просторового планування та підвищення якості кадастрової інформації.

Висновки. Проведене дослідження показало, що неузгодженість просторових, правових і функціональних відомостей між даними Державного земельного кадастру, матеріалами +містобудівної документації та геоінформаційними ресурсами територіальної громади суттєво ускладнює реєстрацію земель водного фонду, просторове планування та контроль за використанням прибережних територій. Вирішення цієї проблеми потребує системної інтеграції зазначених інформаційних ресурсів.

Практичне застосування запропонованого підходу на прикладі земельної ділянки водного фонду в межах Львівської міської територіальної громади показало можливість усунення розбіжностей у відомостях про межі, площу, категорію земель, форму власності, функціональне призначення та режим використання. Узагальнено, що автоматизована інтеграція таких даних створює основу для розвитку сучасних реєстраційних систем і підвищення якості кадастрової інформації.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на уточнення послідовності узгодження просторових і правових характеристик земель водного фонду в межах кадастрових та містобудівних відомостей. Доцільним є також опрацювання підходів до визначення і фіксації меж водних об'єктів та прибережних захисних смуг з урахуванням їх зміни в часі. Окремим напрямом є узгодження відповідних відомостей Державного земельного кадастру з даними інших державних реєстрів для забезпечення повноти їх використання у процедурах обліку та планування.

Список використаних джерел

1. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр

2. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14

3. Містобудівний кадастр міста Львова. Інтерактивний геопортал / Львівська міська рада. URL: https://mbk.city-adm.lviv.ua/v3map

4. Портал відкритих даних Львівської міської ради. URL: https://opendata.city-adm.lviv.ua/

5. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17

6. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 № 1051. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п

7. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20

8. Смолярчук М. Деякі аспекти управління землями водного фонду. *Регіональна економіка та управління*. 2021. № 1 (31). С. 86–91.

9. Alberdi R., Erba D. A. Modeling legal land object for waterbodies in the context of 4D cadastre. *Land Use Policy*. 2020. Vol. 98. Article 104417. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104417

10. Cetl V., Šamanović S., Bjelotomić Oršulić O., Lisec A. Building a cadastral map of Europe through the INSPIRE implementation. *Land*. 2023. Vol. 12, No. 7. Article 1462. DOI: https://doi.org/10.3390/land12071462

11. Hanus P. Technical aspects and consequences of establishing the shoreline in Poland. *Reports on Geodesy and Geoinformatics*. 2023. No. 116. P. 85–92. DOI: https://doi.org/10.2478/rgg-2023-0014

12. INSPIRE Geoportal. URL: https://inspire.ec.europa.eu/

13. Janczewska N., Matysik M., Absalon D. Verification of the consistency of surface water spatial databases and their importance for water management in Poland. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2023. Vol. 49. Article 101486. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101486

14. Petrakovska O., Mykhalova M., Lizunova A. Interrelation of state information systems for land management. *Journal of Water and Land Development*. 2024. Vol. 61. P. 159–165. DOI: https://doi.org/10.24425/jwld.2024.150269

Smoliarchuk M. V.
Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor at the Department of Land Cadastre,
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv
Lviv, Ukraine
E-mail: *muroslava.kovalishin@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-7350-431X*

Taratula R. B.
Doctor of Economic Sciences,
Professor, Department of Land Cadastre,
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv
Lviv, Ukraine
E-mail: *ruslana.78@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-6943-382X*

AUTOMATED INTEGRATION OF WATER FUND LAND DATA IN THE STATE LAND CADASTRE OF UKRAINE

Abstract

The article examines an approach to the automated integration of information on water fund lands into the State Land Cadastre of Ukraine based on the combined use of cadastral, urban planning, and municipal geoinformation resources. The purpose of the study is to substantiate a consistent procedure for harmonizing spatial, legal, and functional characteristics of water fund lands, taking into account the requirements of land and water legislation as well as the principles of geoinformation systems interoperability.

The methodological framework of the research includes spatial analysis, comparison of coordinate parameters, analysis of regulatory and legal acts, systematization of cadastral and urban planning data, and geoinformation modeling methods. The empirical basis of the study consists of materials from the State Land Cadastre, urban planning documentation, geoinformation resources, and open data of the Lviv City Territorial Community.

The results of the research reveal the main causes of inconsistencies in information on water fund lands across different information systems, particularly discrepancies in the spatial representation of boundaries, area, land category, and land use regime. An automated data harmonization model is proposed, which ensures the formation of a coherent and reliable information base for registration procedures and spatial planning.

The scientific novelty of the study lies in substantiating an integration-based approach to the formation of consistent cadastral information on water fund lands through the use of municipal geoinformation resources. The practical significance of the results is determined by their applicability in the activities of local self-government bodies for the preparation of land management and urban planning documentation, cadastral registration, and monitoring of coastal and water protection areas.

Prospects for further research are associated with the development of mechanisms for interagency spatial data integration and the implementation of automated information exchange services within the national spatial data infrastructure.

Key words: *water fund lands, State Land Cadastre, geoinformation systems, data integration, spatial planning, cadastral registration.*

References

1. Verkhovna Rada of Ukraine (1995). Vodnyi kodeks Ukrainy: Kodeks Ukrainy vid 06.06.1995 № 213/95-VR [Water Code of Ukraine]. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-vr [in Ukrainian].

2. Verkhovna Rada of Ukraine (2001). Zemelnyi kodeks Ukrainy: Kodeks Ukrainy vid 25.10.2001 № 2768-III [Land Code of Ukraine]. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14 [in Ukrainian].

3. Lviv City Council (n.d.). Mistobudivnyi kadastr mista Lvova. Interaktyvnyi heoportal [Urban cadastre of the city of Lviv. Interactive geoportal]. https://mbk.city-adm.lviv.ua/v3map [in Ukrainian].

4. Lviv City Council (n.d.). Portal vidkrytykh danykh Lvivskoi miskoi rady [Open data portal of the Lviv City Council]. https://opendata.city-adm.lviv.ua/ [in Ukrainian].

5. Verkhovna Rada of Ukraine (2011). Pro Derzhavnyi zemelnyi kadastr: Zakon Ukrainy vid 07.07.2011 № 3613-VI [On the State Land Cadastre]. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17 [in Ukrainian].

6. Cabinet of Ministers of Ukraine (2012). Pro zatverdzhennia Poriadku vedennia Derzhavnoho zemelnoho kadastru: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 17.10.2012 № 1051 [On approval of the procedure for maintaining the State Land Cadastre]. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п [in Ukrainian].

7. Verkhovna Rada of Ukraine (2020). Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh: Zakon Ukrainy vid 13.10.2020 № 554-IX [On the national geospatial data infrastructure]. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20 [in Ukrainian].

8. Smoliarchuk, M. (2021). Deiaki aspekty upravlinnia zemliamy vodnoho fondu [Some aspects of water fund land management]. *Rehionalna ekonomika ta upravlinnia, 1*(31), 86–91 [in Ukrainian].

9. Alberdi, R., & Erba, D. A. (2020). Modeling legal land object for waterbodies in the context of 4D cadastre. *Land Use Policy, 98*, 104417. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104417

10. Cetl, V., Šamanović, S., Bjelotomić Oršulić, O., & Lisec, A. (2023). Building a cadastral map of Europe through the INSPIRE implementation. *Land, 12* (7), 1462. https://doi.org/10.3390/land12071462

11. Hanus, P. (2023). Technical aspects and consequences of establishing the shoreline in Poland. *Reports on Geodesy and Geoinformatics, 116*, 85–92. https://doi.org/10.2478/rgg-2023-0014

12. European Commission (n.d.). INSPIRE Geoportal. https://inspire.ec.europa.eu/

13. Janczewska, N., Matysik, M., & Absalon, D. (2023). Verification of the consistency of surface water spatial databases and their importance for water management in Poland. *Journal of Hydrology: Regional Studies, 49*, 101486. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101486

14. Petrakovska, O., Mykhalova, M., & Lizunova, A. (2024). Interrelation of state information systems for land management. *Journal of Water and Land Development, 61*, 159–165. https://doi.org/10.24425/jwld.2024.150269

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 05.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 338.43:330.33:332.14(477)
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-30

Стендер С. В.
кандидат економічних наук,
доцент кафедри обліку, оподаткування та технологій
електронного бізнесу,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *stender1976@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-6234-1877*

ВІДНОВЛЕННЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ: ОЦІНКА ВТРАТ, ПОТРЕБИ РЕКОНСТРУКЦІЇ І ПРІОРИТЕТИ ПОЛІТИКИ BUILD BACK BETTER

Анотація

Аграрний сектор України традиційно відіграє ключову роль у формуванні валового внутрішнього продукту, експортного потенціалу та продовольчої безпеки держави. Повномасштабна війна, розв'язана Російською Федерацією у 2022 році, спричинила безпрецедентні за масштабами економічні, соціальні та інфраструктурні втрати аграрної галузі.

Окремий акцент у дослідженні зроблено на проблемі мінування сільськогосподарських угідь, економічні наслідки якої оцінюються у понад 37 млрд дол. США, а також на руйнуванні систем зрошення та водовідведення, відновлення яких потребує близько 9 млрд дол. США. Встановлено, що у 2024–2025 роках, відповідно до оновлених оцінок RDNA4, обсяги завданих втрат істотно зросли, що суттєво посилює ризики для продовольчої безпеки та макроекономічної стабільності держави.

Обґрунтовано, що відновлення аграрного сектору потребує комплексного підходу, який поєднує фізичну реконструкцію інфраструктури, розмінування земель, фінансову підтримку виробників і впровадження цифрових і кліматично орієнтованих технологій. Отримані результати можуть бути використані для формування державної аграрної політики, програм післявоєнного відновлення та міжнародної донорської допомоги.

На основі систематизації показників та побудови політики в концепції Build Back Better обґрунтовано ієрархію пріоритетів відбудови аграрної галузі України. Запропоновано застосовувати систему показників результативності (KPI) для моніторингу реалізації політики та коригування інструментів підтримки. Практичне значення отриманих результатів полягає у формуванні доказової бази для державної аграрної політики, орієнтованої на підвищення стійкості, інноваційності та євроінтеграційної сумісності аграрного сектору України.

Ключові слова: *аграрний сектор, прямі і непрямі втрати, продовольча безпека, відновлення, інфраструктура, економічна стійкість.*

Вступ. Аграрний сектор є однією з базових складових національної економіки України, забезпечуючи значну частку валютних надходжень, зайнятості населення та стабільності продовольчих ринків. До початку повномасштабної війни Україна входила до числа провідних світових експортерів зернових і олійних культур, що визначало її стратегічне значення для глобальної продовольчої безпеки. Однак військові дії кардинально змінили умови функціонування аграрного виробництва, що призвело до руйнування виробничих потужностей, логістичних ланцюгів та інфраструктури країни.

В умовах затяжної воєнної невизначеності істотно зростає актуальність комплексного науково обґрунтованого аналізу масштабів прямих і непрямих втрат аграрного сектору України, їх структури, динаміки та просторової диференціації, а також оцінювання економічних, соціальних і інфраструктурних наслідків для виробництва, зайнятості, експортної спроможності та продовольчої безпеки держави. Такий підхід передбачає не лише кількісне вимірювання збитків і потреб у відновленні, але й виявлення ключових чинників вразливості та стійкості галузі, визначення критичних «вузьких місць» (логістика, розмінування, водогосподарська інфраструктура, доступ до фінансування), а також формування доказової бази для розроблення пріоритетів післявоєнної реконструкції та інструментів державної політики, узгоджених із євроінтеграційними вимогами та принципами Build Back Better.

Мета дослідження. Метою дослідження є систематизація та наукове узагальнення оцінок прямих і непрямих втрат аграрного сектору України внаслідок війни за 2022–2025 рр., визначення ключових інфраструктурних і безпекових бар'єрів відновлення, а також обґрунтування пріоритетів державної політики відбудови за системою Build Back Better з урахуванням євроінтеграційних вимог та екологічних стандартів ЄС.

Виклад основних матеріалів дослідження. Сільське господарство традиційно відіграє провідну роль в економіці України, і його значення лише посилилося в умовах воєнних дій та високих безпекових ризиків. Попри очікування деяких посадовців і виробників щодо повернення аграрного виробництва до довоєнного рівня, стратегія відновлення галузі має бути узгоджена з євроінтеграційними прагненнями України. Це потребує

© Стендер С. В., 2026

впровадження європейських стандартів у сфері агропродовольчої політики, включно з екологічними нормами, підвищенням якості продукції та адаптацією технологій.

Незважаючи на економічну та соціальну важливість агросектору, війна завдала катастрофічних втрат, за результатами оцінки Світового банку, протягом першого року війни прямі збитки аграрного сектору України становили 8,7 млрд дол. США. До них віднесено втрати сільськогосподарської техніки, складів, елеваторів, тваринницьких комплексів і зрошувальних систем. Непрямі втрати, що включають недоотримані доходи, зростання витрат виробництва, логістичні обмеження та скорочення експорту, оцінюються у 31,5 млрд дол. США [3].

Окремим критичним чинником є масштабне мінування сільськогосподарських земель, яке істотно обмежує доступ до земельних ресурсів, підвищує виробничі та інвестиційні ризики, знижує ефективність землекористування й формує додаткові витрати на забезпечення безпеки та гуманітарне розмінування. За оцінками міжнародних організацій, понад 37 млрд дол. США потрібно для проведення робіт з гуманітарного розмінування, без яких неможливе повноцінне відновлення виробництва. Значних руйнувань зазнала інфраструктура зрошення та водовідведення, особливо в південних регіонах України, що негативно впливає на врожайність і структуру посівів [2; 4].

Крім того, аграрний сектор зазнав комплексних руйнівних наслідків, зумовлених пошкодженням і втратою засобів виробництва, порушенням інфраструктурних та логістичних ланцюгів, різким зростанням вартості агрохімікатів і паливно-енергетичних ресурсів, а також дефіцитом трудових ресурсів, що в сукупності суттєво знизило виробничу результативність і економічну ефективність функціонування галузі. Найбільш уразливим до воєнних викликів виявився сегмент зернового виробництва, де вже у весняну посівну кампанію 2022 року площі під ярими культурами скоротилися в середньому на 21 %, а восени площі під озимими культурами зменшилися на 41 %, що об'єктивно звузило виробничу базу та потенціал формування експортних партій. Паралельно відбулося істотне порушення структури посівів в овочівництві: близько 25 % площ під овочевими культурами опинилися на тимчасово окупованих територіях, що підвищило ризики для внутрішнього забезпечення продовольством і загострило проблему продовольчої безпеки.

Експорт сільськогосподарської продукції у 2022 році приніс 52 % усіх валютних надходжень країни (21 млрд дол). Для порівняння: у 2021 році агросектор забезпечував лише 41 % (27 млрд дол). Такий дисбаланс був спричинений значним падінням експорту металів, руд і машинного обладнання, змушуючи країну покладатися на продукти агропродовольчого експорту. Проте в умовах монокультурної та централізованої моделі виробництва аграрна система довела надзвичайну вразливість до геополітичних та інфраструктурних викликів.

Варто зазначити, що тимчасове скасування мит та квот ЄС на імпорт української сільськогосподарської продукції у 2022 році спричинило зростання частки експорту до ЄС з 27,7 до 55,2 %, що викликало протести фермерів у сусідніх країнах (Болгарії, Польщі, Словаччині) і призвело до тимчасових обмежень. За результатами весняної кампанії 2023 року експлуатація площ зернових зросла, а саме: компанія Kernel збільшила посіви озимої пшениці на 52 % – до 93 000 га, проте через посуху врожайність кукурудзи впала на 17 %, сої – на 24 %. У 2024 році зазначено 4,5 % скорочення площі під кукурудзою – з 4,043 до 3,863 млн га; при цьому площі під соєю та цукровими буряками зросли, а загальна площа під ярими культурами незначно скоротилася. Водночас спостерігається зростання відмови від монокультур – впроваджується ротація з упором на посіви сої, пивоварного ячменю й рапсу [5].

У 2024–2025 роках, відповідно до оновлених оцінок RDNA4, KSE та CSIS, загальні втрати аграрного сектору продовжили зростати внаслідок тривалості бойових дій, руйнування Каховської гідроелектростанції та збереження високого рівня безпекових ризиків. Це зумовлює потребу в переорієнтації аграрної політики на підвищення стійкості, диверсифікацію виробництва та впровадження інноваційних технологій [6].

У 2025 році через збереження української частки в агроекспорті на рівні ≈ 60 % загального експорту вартість сільськогосподарських товарів для ЄС досягла ≈ 15 млрд дол., хоча через збільшення імпортних квот очікується зниження доходу на ≈3,5 млрд євро щорічно [7].

З огляду на зазначені тенденції Україна має стимулювати перехід до екологічно чистих технологій і впровадження кращих практик згідно із «зеленим» курсом ЄС. Інвестиційною метою має стати не просто відновлення довоєнного рівня, а реформування агросектору для його інтеграції у ЄС, підвищення стійкості до кліматичних викликів та диверсифікація виробничих моделей, включно з розвитком малих і середніх господарств.

З метою комплексного узагальнення наслідків повномасштабної війни для аграрного сектору України систематизовано ключові кількісні параметри прямих і непрямих втрат, інфраструктурних пошкоджень, а також потреб у відновленні та реконструкції на середньо- і довгострокову перспективу. Узагальнені показники, сформовані на основі міжнародних і національних оцінок (зокрема, Світового банку, RDNA4, KSE, CSIS), наведено в табл. 1.

Наведені в табл. 1 дані засвідчують, що економічні наслідки війни для аграрного сектору мають системний і довготривалий характер. По-перше, структура втрат демонструє домінування непрямих втрат над прямими (31,5 млрд дол. США проти 8,7 млрд дол. США у перший рік війни), що вказує на вирішальну роль логістичних обмежень, скорочення експортних можливостей, здорожчання ресурсів та падіння продуктивності як ключових чинників деградації виробничого потенціалу. По-друге, масштаб потреб у розмінуванні (37,6 млрд дол. США) підкреслює, що відновлення агровиробництва значною мірою залежить від усунення просторових і безпекових бар'єрів, без яких неможливе повноцінне залучення земельного ресурсу до господарського обігу.

Таблиця 1. Оцінка збитків і втрат агросектору України та прогноз потреб відновлення та реконструкції (2022–2033 рр.)

№ з/п	Категорія	Показник/Оцінка	Обсяг / Значення	Коментар / Джерело
1	Прямі збитки	Збитки активів агросектору	8,7 млрд дол. США	Швидка оцінка Світового банку (лютий 2023 р.)
2	Непрямі втрати	Втрати від скорочення виробничих можливостей	31,5 млрд дол. США	Оцінка впливу на продуктивність
3	Загальні втрати агросектору	Сума прямих і непрямих втрат	40,2 млрд дол. США	За перший рік війни
4	Розмінування	Витрати на очищення земель	37,6 млрд дол. США	Оцінка Світового банку
5	Зрошення – збитки	Втрати сектору зрошення	380,5 млн дол. США	Окремий розрахунок
6	Водовідведення – збитки	Втрати сектору водовідведення	282,5 млн дол. США	Окремий розрахунок
7	Реконструкція зрошувальних систем	Оціночні витрати	8,9 млрд дол. США	Включає пошкодження після руйнування Каховської дамби
8	Негайні потреби у відновленні (2023 р.)	Поточна підтримка для запуску виробництва	600 млн дол. США	Короткострокові інтервенції
9	Загальні потреби в реконструкції	Прогноз на 2024–2033 роки	29,7 млрд дол. США	Включає довгострокове планування
10	Виробничі втрати	Зниження площ посівів	–21 % ярових, –41 % озимих	Кампанії 2022 року
11	Втрата овочевих площ	Території під окупацією	25 %	Впливає на харчову безпеку
12	Експорт сільськогосподарської продукції (2022 р.)	Частка в загальному експорті	52 %	Зростання частки на тлі падіння інших експортних секторів
13	Експорт у ЄС	Зростання частки експорту	з 27,7 % (2021) до 55,2 % (2022)	Унаслідок скасування мит і блокади портів
14	Прямі збитки агросектору (кінець 2024 р.)	Загальні прямі ушкодження в секторі	11,2 млрд дол. США	Відповідно до RDNA4
15	Непрямі втрати агросектору (до кінця 2024 р.)	Загальні непрямі втрати (виробництво, інфраструктура тощо)	≈ 72,7 млрд дол. США	Згідно з RDNA4
16	Непрямі втрати (оцінка до кінця 2025 р.)	Прогнозовані непрямі втрати сектору через війну	≈ 83 млрд дол. США	Прогноз KSE через Reuters
17	Втрати машини / інфраструктури (2025 р.)	Частина прямих втрат – ушкодження техніки, обладнання, інфраструктури	Включено в 11,2 млрд дол.	RDNA4: техніка становить основну частину ушкоджень
18	Експортні доходи агросектору (2022 р.)	Дохід від сільськогосподарського експорту	≈ 23 млрд дол.	Згідно з KSE / Reuters
19	Доля агро в експорті (2024 р.)	Загальний дохід від агроекспорту за сезон 2024/2025	16,95 млрд дол.	Reuters ~1 міс. тому

Джерело: складено автором на основі

[*] Європейський банк реконструкції та розвитку, КредоБанк 2023: гарантія стійкості та засобів до існування, Європейський банк реконструкції та розвитку;

[**] Спільна позиція Екодії, WWF-Україна та Української природоохоронної групи щодо зрошення в Україні, Екодія, січень 2022;

[***] Центр екологічних ініціатив «Екодія», Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України – результати дослідження, травень 2023;

[****] Міністерство аграрної політики та продовольства України, «Денис Башлик: функціонування ринку землі в межах воєнного стану показник впевненості українців у перемозі», 17 травня 2023 року;

[*****] Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру.

По-третє, суттєві втрати та потреби у сфері зрошення й водовідведення (зокрема, оцінка реконструкції зрошувальних систем на рівні 8,9 млрд дол. США) підтверджують посилення кліматичних ризиків і зростання важливості водогосподарської інфраструктури, особливо в південних регіонах. По-четверте, порівняння оцінок першого року війни з оновленими показниками RDNA4 (прямі пошкодження 11,2 млрд дол. США та непрямі втрати ≈72,7 млрд дол. США станом на кінець 2024 року, з прогнозом до ≈ 83 млрд дол. США у 2025 році) відображає тенденцію накопичення втрат унаслідок тривалості бойових дій та збереження високих ризиків для інвестицій і виробництва [8].

Водночас агросектор демонструє відносну стійкість, залишаючись основним джерелом валютних надходжень. У 2023 році надходження від агроекспорту становили близько 23 млрд доларів США, а у сезоні 2024/25 – орієнтовно 16,95 млрд доларів, при цьому частка агропродукції у загальному експорті країни стабільно перевищує 50 %. Це підкреслює потенціал галузі як рушія економічного відновлення та її пріоритетність для інвестиційної політики держави [9].

У контексті майбутньої реконструкції національної економіки, що потребує понад 524 млрд доларів США, частка агросектору в цих процесах буде вагомою. Відбудова має базуватися не лише на відновленні довоєнного рівня виробництва, але й на переході до нової моделі агровиробництва, орієнтованої на стійкість, децентралізацію, адаптацію до кліматичних змін і відповідність європейським екологічним стандартам [1]. Особливої підтримки потребують малі та середні фермерські господарства, які демонструють високу адаптивність, сприяють збереженню сільських громад і є основою для сталого розвитку агропродовольчих систем України в довгостроковій перспективі.

Насамперед критично важливим є пріоритетне відновлення інфраструктури, зокрема зрошувальних систем і логістичних шляхів, особливо у південних регіонах, які зазнали найбільших руйнувань унаслідок бойових дій. Це дасть можливість забезпечити базові умови для сільськогосподарського виробництва та зменшити ризики кліматичних потрясінь у посушливих зонах. Водночас потрібно спрямувати цільові інвестиції на модернізацію технічного парку, відновлення зерносховищ, систем зберігання та транспортування продукції. Враховуючи, що технічні втрати становлять близько 60 % усіх прямих збитків агросектору, такі заходи є визначальними для відновлення виробничого потенціалу [11].

Другим ключовим напрямом є концентрація ресурсів на мінімізацію непрямих втрат, пов'язаних із логістикою, порушенням ланцюгів постачання, деградацією ґрунтів та впливом кліматичних змін. Рекомендовано інвестувати в нові технології вирощування, зберігання, адаптаційні заходи до зміни клімату й екологічно чисті практики господарювання.

З метою забезпечення стабільного експорту потрібно продовжити розбудову інфраструктури доступу до зовнішніх ринків, зокрема шляхом розвитку портової логістики, укладання стратегічних торговельних угод, запровадження гнучких експортних механізмів, включно з ліцензуванням, прозорою тарифною політикою та розширенням торговельних коридорів до країн ЄС.

Окремої уваги заслуговує реформа моделі агровиробництва в напрямі децентралізації та стійкості. Необхідно переглянути підходи до землекористування, стимулювати розвиток малих та середніх фермерських господарств, аграрних кооперативів і місцевих продовольчих систем, здатних забезпечити екологічно збалансоване та соціально орієнтоване виробництво. Застосування кращих сільськогосподарських практик, відповідно до європейських стандартів, має стати основою для успішної інтеграції агросектору України в ринок ЄС.

З метою формування цілісної програми післявоєнної відбудови аграрного сектору в державній політиці за системою Build Back Better доцільно структурувати пріоритети не лише за напрямами інвестування, а й за їх очікуваними результатами, інструментами реалізації та показниками моніторингу. Це дає змогу поєднати відновлення виробничого потенціалу з підвищенням стійкості, кліматичною адаптацією та узгодженням із стандартами ЄС. Узагальнену систему пріоритетів, інструментів і показників результативності наведено в табл. 2.

Наведена в табл. 2 структура пріоритетів відображає логіку послідовного переходу від відновлення базових умов функціонування (безпека землекористування, критична інфраструктура, логістика) до структурної модернізації агросектору (переробка, диверсифікація, «зелена» трансформація, цифровізація). Такий підхід є методично обґрунтованим, оскільки дає можливість зменшувати непрямі втрати, підвищувати продуктивність і стійкість виробництва, а також забезпечувати сумісність із європейськими вимогами до якості, простежуваності й екологічних норм. Важливо, що запропоновані KPI забезпечують можливість кількісного моніторингу результативності політики та корекції інструментів підтримки залежно від регіональних ризиків, ресурсних обмежень і динаміки інтеграції України до ринку ЄС.

Таким чином, для переходу до стійкого, інноваційного та конкурентоспроможного аграрного сектору необхідне поєднання інфраструктурного відновлення, інституційної трансформації, технологічної модернізації та дотримання екологічних принципів – як невід'ємних складових майбутнього розвитку сільського господарства України. Водночас концепція Build Back Better (відбудова краще, ніж було) передбачає, що реконструкція сільського господарства має враховувати не лише економічні показники, а й розв'язання довготривалих екологічних проблем: деградації ґрунтів, забруднення природного середовища, втрати біорізноманіття та викликів, пов'язаних із кліматичною кризою. Така трансформація аграрного сектора має відбуватися в контексті сталого розвитку сільських територій із залученням широкого кола стейкхолдерів.

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що війна спричинила системну кризу в аграрному секторі України, масштаби якої мають довгострокові економічні та соціальні наслідки. Відновлення галузі потребує значних фінансових ресурсів, інституційних реформ та міжнародної підтримки. Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні економіко-математичних моделей оцінки ефективності відновлювальних програм, аналізі ролі цифровізації та «зелених» технологій у післявоєнній трансформації аграрного сектору.

Таблиця 2. Пріоритети політики за системою Build Back Better у відновленні аграрного сектору України: напрями, інструменти та KPI моніторингу

№ з/п	Пріоритетний напрям	Ключові заходи (зміст політики)	Інструменти реалізації	Очікуваний результат	KPI (показники результативності)	Горизонт
1.	Безпека землекористування (розмінування)	Пріоритизація ділянок; стандарти обстеження; прискорення повернення земель в обіг	Державні програми, донорські фонди, страхування ризиків	Відновлення доступу до земель, зростання інвестпривабливості	Розмінованих земель; частка земель, повернутих у обіг; строк сертифікації безпеки	Коротко-/ середньо-
2.	Відновлення та модернізація зрошення і водовідведення	Реконструкція систем; водозбереження; енергоефективні рішення	CAPEX-гранти, пільгове кредитування, державно-приватні проєкти	Стабілізація врожайності, зниження кліматичних ризиків	Відновленого зрошення / дренажу; зміна врожайності в зонах ризику; економія води (%)	Середньо-
3.	Логістика й експортна стійкість	Розвиток багатоканальних маршрутів; модернізація перевалки / зберігання; зменшення «логістичної ренти»	Інфраструктурні інвестиції, концесії, цифрове планування потоків	Скорочення непрямих втрат, підвищення прогнозованості експорту	Логістичні витрати USD/т; час перетину кордону; потужність зберігання (т)	Коротко-/ середньо-
4.	Оновлення технічної бази та післязбиральної інфраструктури	Лізинг / оновлення техпарку; відновлення елеваторів / складів; сервісні кластери	Пільгові кредити / лізинг, гарантії, компенсація відсотків	Відновлення продуктивності, зменшення втрат після збору	Частка оновленої техніки; втрати після збору (%); місткість зберігання	Коротко-/ середньо-
5.	Переробка та додана вартість	Стимулювання харчової переробки; розвиток ланцюгів доданої вартості	Інвестстимули, індустріальні парки, гранти на переробку	Переорієнтація від сировини до продуктів із високою маржинальністю	Частка переробленої продукції в експорті; валова додана вартість сектору	Середньо-/ довго-
6.	Диверсифікація та сталі сівозміни (відхід від монокультур)	Підтримка сівозмін, покривних культур; нішеві культури; дорадництво	Дотації / гранти, навчання, дорадчі служби	Підвищення стійкості доходів, стабілізація врожайності	Індекс диверсифікації посівів; частка господарств із сівозмінами; коливання врожайності	Середньо-
7.	«Зелена» трансформація та відповідність вимогам ЄС	Якість / безпечність, простежуваність; зниження забруднення; кліматична адаптація	Гармонізація стандартів, екостимули, підтримка сертифікації	Розширення доступу до ринків ЄС, підвищення репутаційної та цінової премії	Частка сертифікованих виробників; показники простежуваності; скорочення викидів / забруднення	Середньо-/ довго-
8.	Цифровізація просторових даних та управління ризиками	Оцифрування / оновлення реєстрів; моніторинг посівів; цифрові сервіси підтримки	Державні цифрові платформи, відкриті дані, AgriTech	Зниження трансакційних витрат, кращий таргетинг підтримки	Покриття якісними геоданими (%); швидкість доступу до сервісів; точність моніторингу	Коротко-/ середньо-
9.	Підтримка МСП і кооперації (інклюзивна відбудова)	Доступ до фінансів; кооперативні моделі; локальні ланцюги постачання	Мікрофінансування, гарантії, програми кооперації	Зайнятість і стійкість громад, розширення бази виробників	Кількість МСП-отримувачів підтримки; частка кооперації; зайнятість у с/м територіях	

Примітка: «Коротко-» – 0–18 міс., «Середньо-» – 2–5 років, «Довго-» – 5+ років

Джерело: розроблено автором на основі:

* План відновлення України (New Agrarian Policy);
** Матеріали Світового банку RDNA (2023) та RDNA4 (2025);
*** Аналітичні оцінки KSE;
**** Рекомендації CSIS щодо аграрного плану відновлення.

Список використаних джерел

1. Center for Strategic and International Studies (CSIS). Blueprint for an Agricultural Recovery Plan for Ukraine [Electronic resource]. 2025. Washington, DC : CSIS. URL: https://www.csis.org/analysis/blueprint-agricultural-recovery-plan-ukraine (дата звернення: 08.01.2026).
2. Centre for Environmental Initiatives Ecoaction. Agriculture: priorities for sustainable investments to aid Ukraine's recovery [Electronic resource]. 2023. URL: https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/2023_06_19_Agriculture_priorities-for-sustainable-investments-to-aid-Ukraines-recovery.pdf (дата звернення: 08.01.2026).
3. Ecoaction, WWF-Ukraine, Ukrainian Nature Conservation Group. Joint Position on Irrigation in Ukraine [Electronic resource]. 2022. URL: https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2022/01/eng-zroshennia-pd-ukrainy.pdf (дата звернення: 10.01.2026).
4. Interfax. Ukraine's Kernel adjusts sowing structure in 2024 with changes to crop allocation [Electronic resource]. 2024, October 29. URL: https://interfax.com/newsroom/top-stories/107165/ (дата звернення: 09.01.2026).
5. Kyiv School of Economics. Agricultural War Damages Review [Electronic resource]. 2022. Kyiv : KSE. URL: https://kse.ua/agricultural-war-damages-review/ (дата звернення: 10.01.2026).
6. Kyiv School of Economics. Agricultural War Damages, Losses, and Needs Review (RDNA2 agriculture sector annex/ report) [Electronic resource]. 2023. Kyiv : KSE. URL: https://kse.ua/selfsanctions-kse-institute/ (дата звернення: 10.01.2026).
7. Ministry of Economy of Ukraine. Bulletin of Ukraine – EU trade relations, 2023 (updated) [Electronic resource]. 2024. Government Portal of Ukraine. URL: https://me.gov.ua/Documents/Detail/1583a1a3-3a47-4484-8849-603c502a059d?lang=en-GB&title=BulletinOfUkraineEuTradeRelationsCurrentState (дата звернення: 11.01.2026).
8. Reuters. Ukraine farm sector indirect losses may reach $83 bln due to Russian invasion, analysts say [Electronic resource]. 2024. URL: https://www.reuters.com/markets/commodities/ukraine-farm-sector-indirect-losses-may-reach-83-bln-due-russian-invasion-2024-10-03/ (дата звернення: 06.01.2026).
9. Reuters. Ukraine may lose 3.5 billion euros a year if EU trade privileges end [Electronic resource]. 2025. URL: https://www.reuters.com/ (дата звернення: 07.01.2026).
10. Stender S., Tsvihun I., Balla I., Borkovska V., Haibura Y. Innovative approaches to improving the agricultural sector in the era of digitalization of the economy. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, No. 3. P. 154–163. DOI: 10.48077/scihor3.2024.154. URL: https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-27-3-2024/innovatsiyni-pidkhodi-do-vdoskonalennya-agrarnogo-sektoru-v-epokhu-tsifrovizatsiyi-ekonomiki (дата звернення: 11.01.2026).
11. USDA Foreign Agricultural Service. Ukraine Agricultural Production and Trade (Factsheet) [Electronic resource]. 2022. U.S. Department of Agriculture. URL: https://www.fas.usda.gov/regions/ukraine (дата звернення: 09.01.2026).
12. World Bank. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment released [Electronic resource]. 2024. Press release (February 15, 2024). URL: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released (дата звернення: 08.01.2026).
13. World Bank; Government of Ukraine; European Commission; United Nations. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022, February 2023 [Electronic resource]. 2023. URL: https://euneighbourseast.eu/wp-content/uploads/2022/09/p178843048379106 30b9c6040ac12428d5c.pdf (дата звернення: 10.01.2026).
14. World Bank; Government of Ukraine; European Commission; United Nations. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022–December 2024 [Electronic resource]. 2025. URL: https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099022025114040022 (дата звернення: 10.01.2026).

Stender S. V.
Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor at the Department of Accounting, Taxation and Electronic Business Technologies
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *stender1976@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-6234-1877*

RESTORATION OF THE AGRICULTURAL SECTOR OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF WAR AND EUROPEAN INTEGRATION: ASSESSMENT OF LOSSES, RECONSTRUCTION NEEDS AND PRIORITIES OF THE "BUILD BACK BETTER" POLICY

Abstract

The agricultural sector of Ukraine traditionally plays a key role in the formation of the gross domestic product, export potential and food security of the state. The full-scale war unleashed by the Russian Federation in 2022 caused unprecedented economic, social, and infrastructure losses in the agricultural sector.

A particular emphasis in the study is placed on the problem of landmining of agricultural land, the economic consequences of which are estimated to exceed USD 37 billion, as well as on the destruction of irrigation and drainage systems, the restoration of which requires nearly USD 9 billion. It has been established that in 2024–2025, according to updated RDNA4 estimates, the scale of losses increased significantly, thereby substantially intensifying risks to food security and the macroeconomic stability of the state.

It is substantiated that the restoration of the agricultural sector requires a comprehensive approach that combines physical reconstruction of infrastructure, land demining, financial support for producers and the introduction of digital and climate-oriented

technologies. The results obtained can be used in the formation of state agricultural policy, post-war reconstruction programs and international donor assistance.

Based on the systematization of indicators and policy construction in the "Build Back Better" concept, a hierarchy of priorities for the reconstruction of the agricultural sector of Ukraine is substantiated. It is proposed to use a system of performance indicators (KPI) to monitor policy implementation and adjust support instruments. The practical significance of the results obtained lies in the formation of an evidence base for state agrarian policy aimed at increasing the sustainability, innovation and European integration compatibility of the agricultural sector of Ukraine.

Key words: *agricultural sector, direct and indirect losses, food security, recovery, infrastructure, economic sustainability.*

References

1. Center for Strategic and International Studies (CSIS) (2025). *Blueprint for an Agricultural Recovery Plan for Ukraine*. CSIS. https://www.csis.org/analysis/blueprint-agricultural-recovery-plan-ukraine

2. Centre for Environmental Initiatives Ecoaction (2023). *Agriculture: priorities for sustainable investments to aid Ukraine's recovery*. Ecoaction. https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/2023_06_19_Agriculture_priorities-for-sustainable-investments-to-aid-Ukraines-recovery.pdf

3. Ecoaction, WWF-Ukraine & Ukrainian Nature Conservation Group (2022). *Joint Position on Irrigation in Ukraine*. Centre for Environmental Initiatives Ecoaction; WWF-Ukraine; Ukrainian Nature Conservation Group. https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2022/01/eng-zroshennia-pd-ukrainy.pdf

4. Interfax (2024, October 29). *Ukraine's Kernel adjusts sowing structure in 2024 with changes to crop allocation*. Interfax. https://interfax.com/newsroom/top-stories/107165/

5. Kyiv School of Economics (2022). *Agricultural War Damages Review*. Kyiv School of Economics. https://kse.ua/agricultural-war-damages-review/

6. Kyiv School of Economics (2023). *Agricultural War Damages, Losses, and Needs Review (RDNA2 agriculture sector annex/report)*. Kyiv School of Economics. https://kse.ua/selfsanctions-kse-institute/

7. Ministry of Economy of Ukraine (2024). *Bulletin of Ukraine – EU trade relations, 2023 (updated)*. Government Portal of Ukraine. https://me.gov.ua/Documents/Detail/1583a1a3-3a47-4484-8849-603c502a059d?lang=en-GB&title=BulletinOfUkraineEuTradeRelationsCurrentState

8. Reuters (2024, October 3). *Ukraine farm sector indirect losses may reach $83 bln due to Russian invasion, analysts say*. Reuters. https://www.reuters.com/markets/commodities/ukraine-farm-sector-indirect-losses-may-reach-83-bln-due-russian-invasion-2024-10-03/

9. Reuters (2025). *Ukraine may lose 3.5 billion euros a year if EU trade privileges end*. Reuters. https://www.reuters.com/

10. Stender, S., Tsvihun, I., Balla, I., Borkovska, V., & Haibura, Y. (2024). Innovative approaches to improving the agricultural sector in the era of digitalization of the economy. *Scientific Horizons, 27* (3), 154–163. https://doi.org/10.48077/scihor3.2024.154

11. USDA Foreign Agricultural Service (2022). *Ukraine Agricultural Production and Trade (Factsheet)*. U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. https://www.fas.usda.gov/regions/ukraine

12. World Bank (2024). *Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment released* (Press release, February 15, 2024). World Bank. https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released

13. World Bank; Government of Ukraine; European Commission; United Nations (2023). *Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment: February 2022 – February 2023*. https://euneighbourseast.eu/wp-content/uploads/2022/09/p17884304837910630b9c6040ac12428d5c.pdf

14. World Bank; Government of Ukraine; European Commission; United Nations (2025). *Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 – December 2024*. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099022025114040022

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 12.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 338.43:502.131.1:330.34
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-31

Томашук І. В.
доктор філософії з економіки,
доцент кафедри економіки та підприємницької діяльності,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна;
докторантка Національного наукового центру
«Інститут аграрної економіки»
Київ, Україна
E-mail: *tomashuk.inna@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-6847-3136*

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО СЕКТОРУ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Анотація

У статті обґрунтовано актуальність формування концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення, що зумовлено масштабними соціально-економічними, екологічними та інституційними втратами, яких зазнала аграрна сфера внаслідок воєнних дій. Наголошено, що аграрний сектор відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави, відновленні експортного потенціалу та стабілізації соціально-економічного розвитку сільських територій у повоєнний період.

У роботі проаналізовано сучасний стан аграрного сектору та визначено ключові виклики його розвитку в умовах повоєнної трансформації, серед яких – руйнування виробничої та логістичної інфраструктури, деградація земельних ресурсів, дефіцит фінансових і трудових ресурсів, зростання екологічних ризиків та інституційний дисбаланс. Виявлено, що подолання зазначених проблем потребує переходу від фрагментарних відновлювальних заходів до системної моделі сталого розвитку, орієнтованої на довгострокову перспективу.

Запропоновано концептуальну модель сталого розвитку національного аграрного сектору, яка передбачає поєднання стратегічних пріоритетів економічної ефективності, екологічної безпеки та соціальної інклюзивності. Обґрунтовано роль державної аграрної політики, інституційного середовища, інновацій, цифровізації та «зелених» технологій у забезпеченні результативності реалізації моделі. Особливу увагу приділено механізмам відновлення ресурсного потенціалу, стимулюванню інвестиційної активності, розвитку людського капіталу та підвищенню адаптивності аграрних підприємств до сучасних викликів.

Практичне значення дослідження полягає в можливості використання запропонованої концептуальної моделі органами державної влади та місцевого самоврядування для формування стратегій повоєнного відновлення аграрного сектору, а також аграрними підприємствами – під час розроблення програм сталого розвитку та підвищення конкурентоспроможності. Отримані результати можуть слугувати науковим підґрунтям для подальших досліджень у сфері сталого розвитку аграрної економіки в умовах посткризових трансформацій.

Ключові слова: *сталий розвиток, аграрний сектор, повоєнне відновлення, інноваційний розвиток, державне регулювання.*

Вступ. Сучасний етап розвитку національної економіки України характеризується глибокими трансформаційними процесами, зумовленими наслідками воєнних дій, що суттєво вплинули на функціонування ключових секторів господарства, зокрема аграрного. Руйнування виробничої та логістичної інфраструктури, погіршення стану земельних ресурсів, зниження інвестиційної активності та загострення соціальних проблем у сільській місцевості актуалізують потребу в переосмисленні підходів до відновлення й подальшого розвитку аграрного сектору на засадах сталості.

Аграрний сектор традиційно відіграє стратегічну роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави, формуванні експортного потенціалу та підтриманні соціально-економічної стабільності сільських територій. У повоєнний період його відновлення має ґрунтуватися не лише на відтворенні втрачених виробничих потужностей, а й на впровадженні інноваційних, ресурсоефективних та екологічно орієнтованих рішень, що відповідають сучасним викликам і глобальним цілям сталого розвитку.

У цьому контексті особливої актуальності набуває розроблення концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору, яка забезпечуватиме системну інтеграцію економічних, екологічних і соціальних пріоритетів, узгоджуватиме інтереси держави, бізнесу та суспільства, а також створюватиме передумови для довгострокового зростання конкурентоспроможності аграрної економіки. Формування такої моделі є необхідною умовою ефективного повоєнного відновлення аграрного сектору та його адаптації до внутрішніх і зовнішніх трансформаційних впливів.

Мета роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні та розробленні концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення, що передбачає інтеграцію економічних,

© Томашук І. В., 2026

екологічних і соціальних складових, визначення стратегічних пріоритетів та інструментів державної політики й управління, спрямованих на підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва, відновлення ресурсного потенціалу та забезпечення довгострокової продовольчої безпеки країни.

Виклад основного матеріалу дослідження. Повоєнне відновлення національного аграрного сектору потребує переходу від відтворювальних заходів до системного розвитку на засадах сталості. У цих умовах формування концептуальної моделі сталого розвитку є ключовою передумовою забезпечення продовольчої безпеки та довгострокової конкурентоспроможності аграрної економіки.

Сутність сталого розвитку аграрної сфери полягає у збалансованому поєднанні економічної ефективності сільськогосподарського виробництва, екологічної безпеки та соціального розвитку сільських територій із метою задоволення поточних потреб суспільства без загрози для можливостей майбутніх поколінь [5]. Він передбачає раціональне використання земельних і природних ресурсів, упровадження інноваційних та ресурсозберігаючих технологій, зниження негативного впливу на довкілля, підвищення рівня продовольчої безпеки та якості життя сільського населення [8]. У сучасних умовах сталий розвиток аграрної сфери виступає основою довгострокової конкурентоспроможності аграрного сектору та його адаптації до економічних, екологічних і соціальних викликів. Табл. 1 відображає системну логіку сталого розвитку аграрної сфери через взаємопов'язані економічні, екологічні, соціальні та інституційні принципи, що забезпечує збалансування інтересів виробництва, суспільства й довкілля та створює концептуальну основу для формування довгострокової стратегії розвитку аграрного сектору в умовах трансформаційних і повоєнних викликів.

Таблиця 1. Принципи сталого розвитку аграрної сфери

Принцип	Зміст принципу
Економічної ефективності	Забезпечення стабільної рентабельності аграрного виробництва, підвищення продуктивності праці та конкурентоспроможності підприємств
Екологічної збалансованості	Раціональне використання природних ресурсів, збереження родючості ґрунтів, зменшення негативного впливу аграрної діяльності на довкілля
Соціальної відповідальності	Підвищення якості життя сільського населення, розвиток сільських територій та забезпечення гідних умов праці
Ресурсоефективності	Оптимізація використання земельних, водних, енергетичних і матеріальних ресурсів з мінімізацією втрат
Інноваційності	Упровадження сучасних технологій, цифрових рішень і наукових розробок в аграрне виробництво
Відтворюваності ресурсного потенціалу	Забезпечення відновлення природних і виробничих ресурсів у довгостроковій перспективі
Інституційної узгодженості	Узгодження державної аграрної політики, регуляторних механізмів та інтересів усіх суб'єктів аграрних відносин
Адаптивності	Здатність аграрної сфери реагувати на економічні, кліматичні та соціальні виклики, у тому числі кризові й повоєнні
Довгострокової орієнтації	Орієнтація управлінських рішень на стратегічні цілі розвитку, а не короткострокові вигоди

Джерело: [8; 12; 14].

Війна вкрай негативно вплинула на аграрний сектор, що призвело до скорочення виробництва, пошкодження ресурсів та дестабілізації ринків. Соціально-економічні та ресурсні наслідки війни для аграрного сектору проявляються у значному скороченні виробничого потенціалу, руйнуванні аграрної та логістичної інфраструктури, втраті частини земельного фонду внаслідок бойових дій, мінування й деградації ґрунтів. Крім того, війна спричинила зниження інвестиційної активності, порушення виробничо-збутових ланцюгів, дефіцит фінансових і матеріально-технічних ресурсів, а також гостру нестачу трудових ресурсів через міграційні процеси. Одночасно загострилися соціальні проблеми сільських територій, зросли ризики продовольчої безпеки та посилився екологічний тиск на аграрне виробництво, що зумовлює потребу в системному повоєнному відновленні аграрного сектору на засадах сталого розвитку.

Повоєнне відновлення аграрного сектору являє собою комплекс заходів, спрямованих на відновлення та розвиток сільського господарства після воєнних дій, які призвели до руйнувань інфраструктури, втрат техніки, посівів, тваринницьких господарств і деградації земель. Метою цього процесу є відновлення виробничих потужностей, забезпечення продовольчої безпеки, стабілізація доходів аграріїв і громад, а також адаптація сектору до нових економічних і екологічних умов.

Основними складовими повоєнного відновлення є [3; 12]:

1. Відновлення інфраструктури, що передбачає ремонт доріг, складів, систем зрошення, елеваторів, логістичних вузлів.

2. Відновлення виробництва, яке ґрунтується на забезпеченні аграріїв насінням, добривами, технікою, енергоресурсами.

3. Реабілітація земель передбачає очищення від мін і боєприпасів, відновлення родючості ґрунтів, рекультивація.

4. Соціальна підтримка аграріїв охоплює гранти, субсидії, компенсації, кредитування, страхування ризиків.

5. Інституційна та правова підтримка стосується оновлення державної політики, спрощення доступу до державних програм і фінансування.

6. Інновації та модернізація ґрунтується на впровадженні цифрових технологій, енергоефективних та екологічних рішень для підвищення стійкості.

Повоєнне відновлення – це не лише повернення аграрного сектору до докризового рівня, а й створення умов для стійкого, модернізованого та конкурентоспроможного розвитку в майбутньому.

Для комплексного аналізу й обґрунтування підходів до формування моделі сталого розвитку аграрного сектору представляємо аналітичну матрицю, яка систематизує ключові фактори, обмеження та взаємозв'язки у процесі її побудови, що подано в табл. 2, де демонструється комплексний вплив інституційних, екологічних та інфраструктурних обмежень на аграрний сектор, розкриваються ключові проблеми, їх наслідки та можливі напрями реагування через моделювання стратегій відновлення, реформування політики та впровадження «зелених» технологій, що дає змогу системно планувати стійкий розвиток галузі в умовах повоєнного відновлення.

Таблиця 2. Аналітична матриця формування моделі сталого розвитку аграрного сектору

Група обмежень	Ключові проблеми	Наслідки для аграрного сектору	Напрями реагування та моделювання
Інституційні	• Недосконалість нормативно-правової бази; • фрагментарність державної підтримки; • низька координація між інституціями	• Зниження інвестиційної привабливості; • уповільнення відновлення; • високі управлінські ризики	• Інституційна реформа; удосконалення аграрної політики; • моделювання сценаріїв державної підтримки
Екологічні	• Деградація та мінування земель; • забруднення ґрунтів і вод; • зростання екологічних ризиків	• Скорочення посівних площ; • зниження продуктивності; • погіршення якості продукції	• Моделювання відновлення ресурсного потенціалу; • екологізація виробництва; • упровадження «зелених» технологій
Інфраструктурні	• Руйнування логістики, енергетики та зберігання; • обмежений доступ до ринків	• Зростання витрат; зниження експорту; • порушення виробничо-збутових ланцюгів	• Інвестиційне та логістичне моделювання; • розвиток інфраструктури; • диверсифікація каналів збуту

Джерело: [6; 7; 15].

Для системної оцінки внутрішніх і зовнішніх чинників, що впливають на трансформацію аграрного виробництва в умовах повоєнного відновлення, доцільно здійснити SWOT-аналіз, представлений у табл. 3, який відображає ключові сильні та слабкі сторони сектору, а також можливості та загрози його розвитку. Аналіз показує, що, попри високий природно-ресурсний потенціал, досвід експортно орієнтованого виробництва та стратегічну роль в економіці, аграрний сектор стикається з руйнуванням інфраструктури, дефіцитом ресурсів та обмеженим доступом до фінансування, тоді як модернізація, упровадження «зелених» технологій, розвиток переробки та інтеграція до європейських ринків створюють значні можливості, а безпекові, екологічні й регуляторні ризики залишаються основними загрозами для сталого відновлення та розвитку галузі.

Формування концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору має критично важливе значення для стратегічного планування та забезпечення довгострокової стійкості аграрного виробництва (рис. 1).

Таблиця 3. SWOT-аналіз трансформації аграрного виробництва в повоєнний період

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Високий природно-ресурсний потенціал аграрного сектору	Руйнування виробничої та логістичної інфраструктури
Наявність досвіду експортно орієнтованого виробництва	Дефіцит фінансових і трудових ресурсів
Потенціал упровадження інноваційних та цифрових технологій	Високий рівень зношеності основних засобів
Стратегічна роль аграрного сектору в економіці держави	Низька інвестиційна привабливість окремих регіонів
Підтримка з боку держави та міжнародних партнерів	Обмежений доступ до кредитних ресурсів
Можливості (Opportunities)	**Загрози (Threats)**
Модернізація аграрного виробництва на засадах сталого розвитку	Тривала нестабільність безпекової ситуації
Упровадження «зелених» та енергоефективних технологій	Посилення екологічних і кліматичних ризиків
Розвиток переробки та доданої вартості	Коливання світових аграрних ринків
Залучення міжнародної фінансової та технічної допомоги	Інституційні та регуляторні ризики
Інтеграція до європейських аграрних ринків	Подальша міграція трудових ресурсів

Джерело: [2; 7].

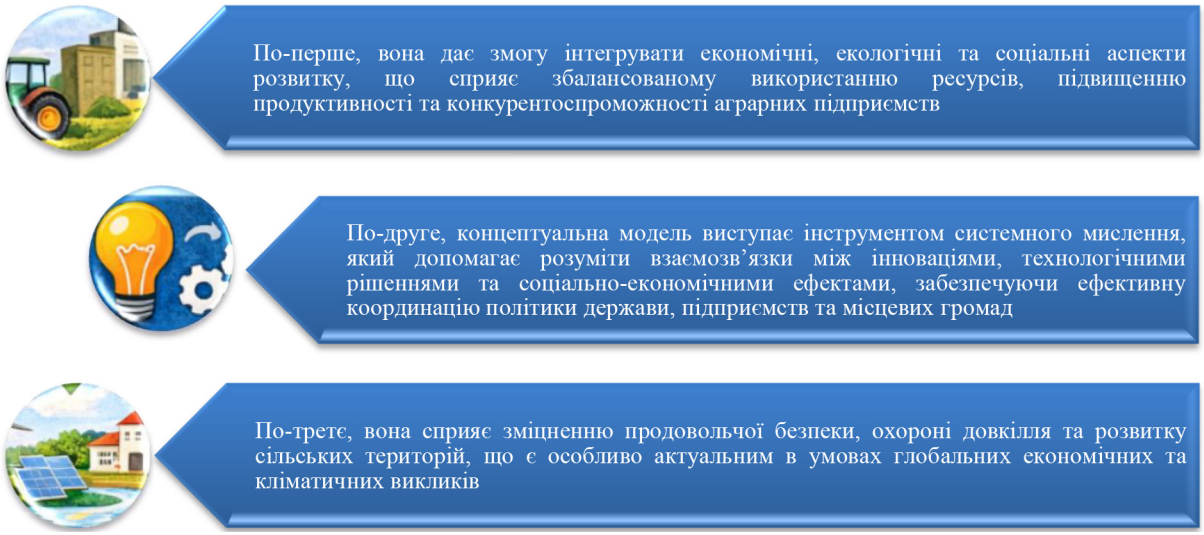


Рис. 1. Роль моделі сталого розвитку в забезпеченні стійкості аграрного виробництва

Джерело: [9; 13]

Загалом така модель дає можливість виробити науково обґрунтовані орієнтири для модернізації аграрного сектору, забезпечуючи його стійкість і конкурентоспроможність на національному та міжнародному рівнях. Табл. 4 відображає ключові складові концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору, інтегруючи інновації, економічну ефективність, екологічну стійкість і соціальний розвиток для забезпечення продовольчої безпеки та сталого розвитку АПК.

Рис. 2 ілюструє концептуальну модель сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення, демонструючи логічний зв'язок між повоєнним контекстом, метою сталого розвитку, ключовими економічними, екологічними та соціальними блоками, інструментами реалізації, стратегічними пріоритетами й очікуваними результатами. Модель відображає комплексний підхід до відновлення та модернізації аграрного сектору через упровадження інновацій, «зелених» технологій, державної підтримки і євроінтеграційних стандартів із метою забезпечення продовольчої безпеки, зростання виробництва, покращення соціальних умов та підвищення конкурентоспроможності галузі.

Таблиця 4. Концептуальна модель сталого розвитку національного аграрного сектору

ІННОВАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ		
		
Економічна ефективність (виробництво, конкурентоспроможність)	***Екологічна стійкість*** (довкілля, ресурси)	***Соціальний розвиток*** (умови життя, освіта, зайнятість)
		
ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК АПК		
		

Джерело: авторська розробка.

Інклюзивність у концептуальній моделі сталого розвитку національного аграрного сектору в повоєнний період є ключовим принципом, що забезпечує участь держави, бізнесу, фермерів та місцевих громад у процесах відновлення та трансформації аграрного виробництва [2]. Вона сприяє справедливому доступу до ресурсів,

державної підтримки та можливостей економічної діяльності, що є особливо важливим в умовах руйнування інфраструктури, втрати кадрів і соціальної нестабільності. Інклюзивний підхід зміцнює соціальну згуртованість, активізує розвиток кооперації, підвищує ефективність упровадження інновацій і забезпечує більш стійке використання природних ресурсів, формуючи основу для конкурентоспроможного та збалансованого розвитку аграрного сектору України.

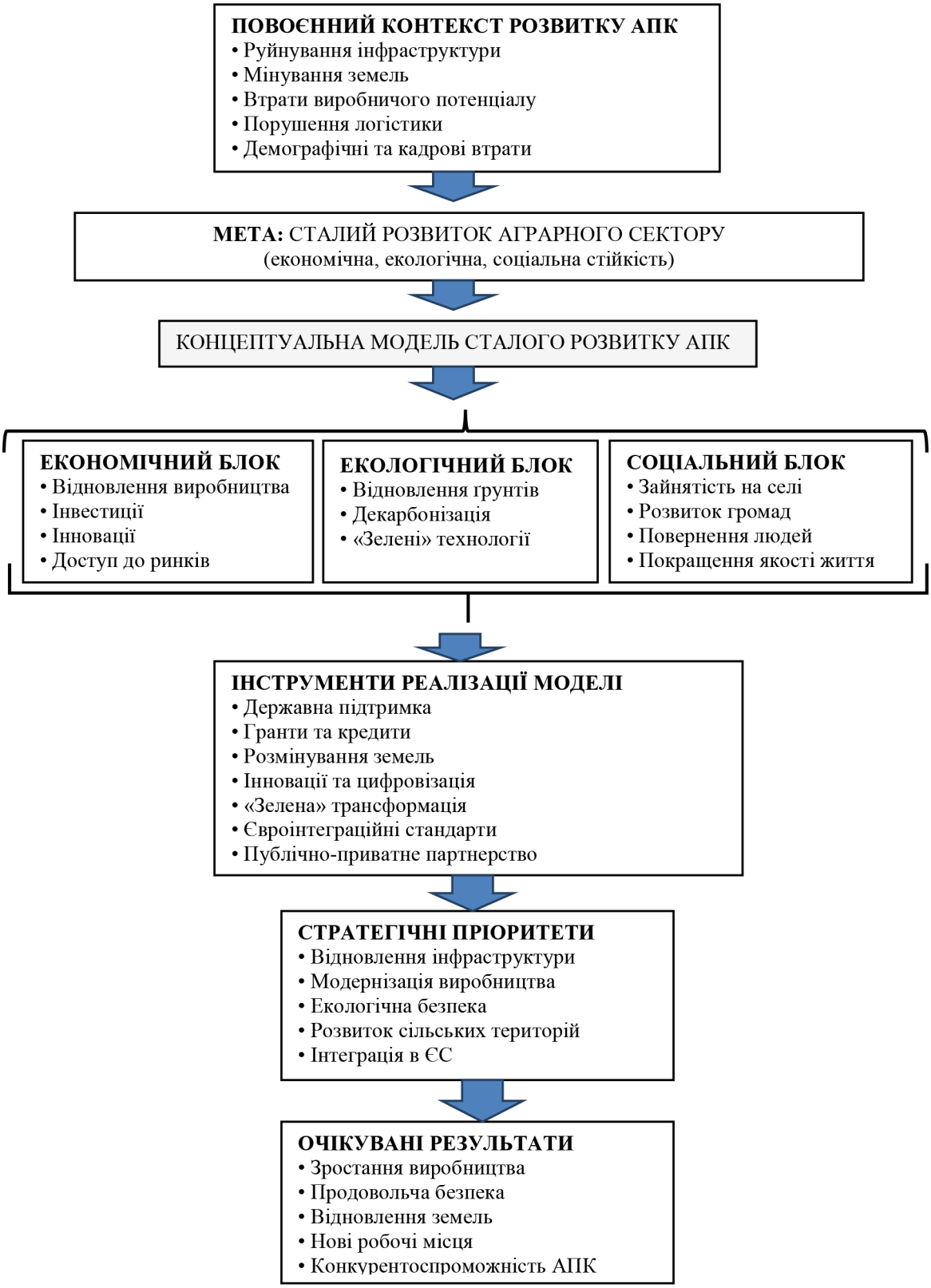


Рис. 2. Концептуальна модель сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення

Джерело: авторська розробка

За оцінками Світового банку, від початку повномасштабного вторгнення сільське господарство України втратило 80 млрд дол. США (прямі й непрямі збитки). Причини – окупація та мінування угідь, руйнування зрошувальної інфраструктури, зростання витрат і логістичні блокади. Щоб зберегти продовольчу безпеку й експортний потенціал, уряд і донори активізували фінансову підтримку (табл. 5) [14].

Таблиця 5. Реальні інструменти державної підтримки аграрного сектору в Україні (станом на 2025–2026 роки)

Категорія інструменту	Конкретний інструмент
Фінансова підтримка сільгосптоваровиробників	Програма «Фінансова підтримка сільгосптоваровиробників» з бюджетом близько 1,205 млрд грн (доплата ЄСВ, дотації на меліорацію, тваринництво та переробку)
Підтримка фермерських господарств	Субсидії (до 8 000 грн/га на деокупованих територіях), дотації на корову, козу / вівцю
Субсидії на утримання тварин	Дотації на розвиток тваринництва
Кредити за держпрограмами	Кредити майже на 44,5 млрд грн
Компенсація техніки Made in Ukraine	Компенсація до 25 % вартості української агротехніки (продовження програми)
Субсидії адміністративні (через ДАР)	Державний аграрний реєстр – платформа для подачі заявок на підтримку (субсидії, кредити, гранти тощо)
Програми реконструкції та меліорації	Підтримка реконструкції та будівництва меліоративних систем, зрошення
Соціальні компенсації	Компенсації єдиного соціального внеску для фермерів
Демінування с/г земель	Фінансова підтримка на розмінування аграрних площ
Програма доступних кредитів «579 %»	Доступні кредити для фермерів та агропідприємств, продовження дії

Джерело: [1].

У державному бюджеті України на 2026 рік передбачено фінансування підтримки аграрного сектору в обсязі 14,1 млрд грн, що на 4,5 млрд грн більше, ніж у 2025 році. Ці кошти розподіляються між фінансовою підтримкою аграрних виробників (субсидії, страхування, зрошення та меліорація), підтримкою фермерських господарств і гуманітарним розмінуванням сільськогосподарських земель [18].

Бюджетні та фінансові інструменти спрямовані на підтримку виробників і збереження потужностей у складних економічних умовах, що є важливим для продовольчої безпеки та стабільності АПК. Цифрові інструменти, як-от державний аграрний реєстр, впроваджують прозорість і ефективність у доступі до підтримки. Законодавчі механізми (зокрема, компенсація інвестицій і підтримка об'єднань виробників) формалізують сталий розвиток агросектору як державну політику. Податкові пільги зменшують навантаження на агровиробників та стимулюють розвиток сектору в довгостроковій перспективі.

Рис. 3 відображає динаміку кількості діючих суб'єктів господарювання у сільському, лісовому та рибному господарствах України у 2010–2024 рр. Загалом спостерігається тенденція до скорочення кількості підприємств: з 80,3 тис. одиниць у 2010 р. до 58,6 тис. у 2024 р. Найбільш значне падіння зафіксовано у 2022 р. (53,2 тис.), що пов'язано з негативними наслідками повномасштабної війни та її впливом на аграрну інфраструктуру, виробничі та фінансові ресурси. Після 2022 р. відзначається невелике відновлення у 2023 р. (63 тис.), однак у 2024 р. показник знову знизився до 58,6 тис. Представлена апроксимація кубічною кривою демонструє загальну тенденцію до скорочення кількості суб'єктів господарювання протягом досліджуваного періоду.

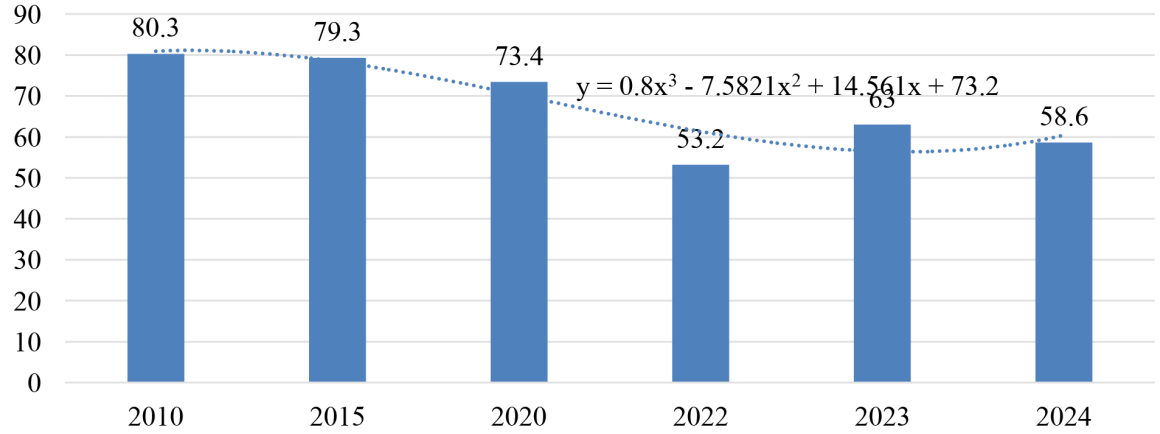


Рис. 3. Кількість діючих суб'єктів господарювання в сільському, лісовому та рибному господарствах, 2010–2024 рр., тис. одиниць

Джерело: [10]

Для забезпечення ефективного впровадження концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення доцільно виділити практичні напрями її реалізації. Такий підхід дає змогу системно оцінити основні механізми, пріоритетні напрями й очікувані результати діяльності, що сприяють підвищенню стійкості та конкурентоспроможності аграрного сектору. Узагальнені дані наведено в табл. 6.

Стратегічні пріоритети й етапи впровадження концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення ґрунтуються на поєднанні відновлювальних, модернізаційних та трансформаційних заходів (рис. 4).

Таблиця 6. Практичні напрями реалізації концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення

Напрям реалізації	Зміст заходів	Очікуваний результат
Відновлення виробничої інфраструктури	Реконструкція елеваторів, складів, доріг, систем зрошення, енергомереж; модернізація логістики	Відновлення виробничих потужностей, зниження логістичних витрат, стабільність постачання продукції
Реабілітація сільськогосподарських земель	Розмінування, рекультивація ґрунтів, відновлення родючості, боротьба з деградацією земель	Повернення земель у продуктивний обіг, підвищення врожайності
Фінансова підтримка аграріїв	Державні гранти, пільгові кредити, компенсації втрат, страхування ризиків	Стабілізація доходів виробників, стимулювання інвестицій
Цифровізація та інновації	Упровадження точного землеробства, цифрових платформ управління, моніторингу земель і виробництва	Підвищення ефективності, зменшення витрат, екологічність виробництва
Розвиток кооперації та партнерств	Створення та підтримка аграрних кооперативів, державно-приватне партнерство	Зміцнення ринкових позицій малих і середніх виробників
Екологізація агровиробництва	Перехід на сталу агротехнологію, зменшення використання хімікатів, розвиток органічного виробництва	Збереження довкілля, підвищення якості продукції
Підтримка зайнятості на селі	Програми працевлаштування, перекваліфікації, підтримка молодих фермерів та ветеранів	Відновлення людського капіталу, розвиток сільських громад
Забезпечення продовольчої безпеки	Підтримка ключових галузей (зерновиробництво, тваринництво, овочівництво)	Стабільне постачання продовольства на внутрішній ринок
Інституційне вдосконалення управління	Узгодження державної політики, спрощення доступу до програм підтримки	Підвищення ефективності державного управління
Інтеграція в європейські ринки	Гармонізація стандартів якості, сертифікація продукції, розвиток експорту	Зростання конкурентоспроможності агросектору

Джерело: [3; 6; 9].

Реалізація цих етапів потребує узгодженої державної політики, ефективного управління, інвестиційної підтримки й активної участі місцевих громад, що в сукупності забезпечить перехід аграрного сектору України до конкурентоспроможної, інклюзивної та екологічно стійкої моделі розвитку.

Інновації, цифровізація та «зелені» технології відіграють ключову роль у реалізації концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору в умовах повоєнного відновлення, оскільки виступають основними драйверами підвищення ефективності, стійкості та конкурентоспроможності агровиробництва [7].

Їх упровадження забезпечує оптимізацію використання ресурсів, зниження виробничих витрат, мінімізацію негативного впливу на довкілля та підвищення адаптивності аграрного сектору до кліматичних і економічних

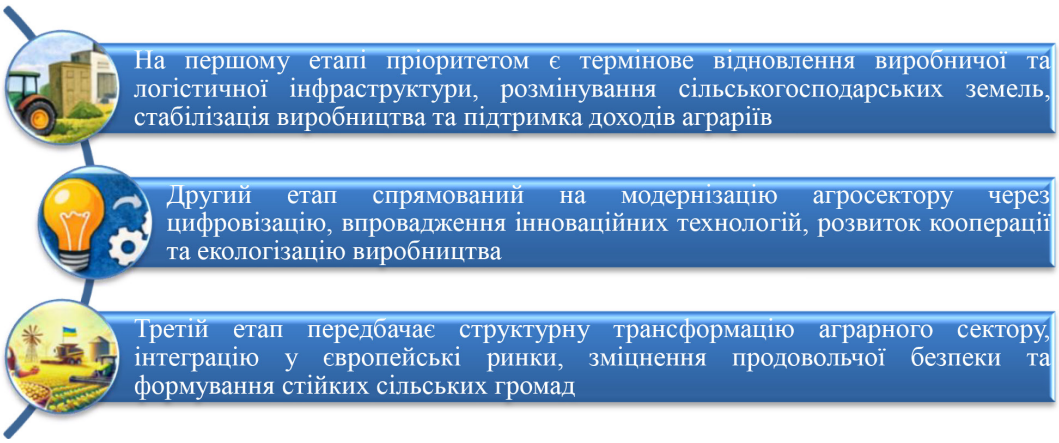


Рис. 4. Стратегічні пріоритети та етапи впровадження моделі сталого розвитку аграрного сектору

Джерело: [4; 11]

Таблиця 7. Очікувані ефекти реалізації моделі сталого розвитку аграрного сектору

Група ефектів	Ключові ефекти	Зміст та прояв	Очікуваний результат
Соціальні	Відновлення зайнятості	Створення робочих місць у сільській місцевості, підтримка ветеранів, молоді та ВПО	Зниження безробіття, стабілізація демографічної ситуації
	Соціальна інклюзія	Залучення малих і середніх виробників, розвиток кооперації	Підвищення соціальної згуртованості громад
	Підвищення якості життя	Розвиток соціальної та виробничої інфраструктури	Зростання добробуту сільського населення
Економічні	Зростання виробництва	Відновлення та модернізація аграрного виробництва	Збільшення обсягів агропродукції
	Підвищення конкурентоспроможності	Упровадження інновацій та цифрових технологій	Посилення позицій на внутрішніх і зовнішніх ринках
	Інвестиційна активність	Залучення державних і приватних інвестицій	Прискорення економічного відновлення
	Продовольча безпека	Стабілізація постачання продовольства	Зменшення залежності від імпорту
Екологічні	Відновлення земельних ресурсів	Рекультивація та розмінування земель	Повернення угідь у господарський обіг
	Збереження родючості ґрунтів	Екологічно безпечні агротехнології	Довгострокова продуктивність земель
	Скорочення екологічного навантаження	Зменшення використання хімікатів, викидів	Покращення стану довкілля
	Розвиток «зелених» технологій	Енергоефективність, ВДЕ, органічне виробництво	Екологічна стійкість агросектору

Джерело: [4; 8; 17].

Таблиця 8. Індикатори результативності моделі сталого розвитку аграрного сектору

Група індикаторів	Показник
Земельні та екологічні	Частка розмінованих с/г земель
	Рівень деградації ґрунтів
	Частка органічного виробництва
	Викиди парникових газів в агросекторі
Виробничо-економічні	Обсяг виробництва агропродукції
	Індекс відновлення виробництва
	Рівень інвестицій в агросектор
	Продуктивність праці в АПК
Фінансові	Обсяг державної підтримки агросектору
	Частка пільгового кредитування
Соціальні	Рівень зайнятості в сільській місцевості
	Кількість створених робочих місць
	Частка молодих фермерів
Цифровізація та інновації	Частка господарств, що застосовують цифрові технології
	Площа земель під точним землеробством
Продовольча безпека	Рівень самозабезпечення продовольством
	Індекс доступності харчових продуктів
Зовнішньоекономічні	Обсяг експорту агропродукції
	Частка експорту до ЄС
Управлінські	Час отримання державної підтримки
	Частка електронних заявок через ДАР

Джерело: [16].

викликів. Цифрові рішення, зокрема системи точного землеробства, дистанційного моніторингу земель і управління виробничими процесами, сприяють прозорості, прогнозованості й обґрунтованості управлінських рішень. Водночас «зелені» технології – енергоефективні рішення, відновлювані джерела енергії, органічне виробництво й екологічно безпечні агротехнології – формують екологічну складову сталого розвитку, сприяючи відновленню природного потенціалу та зміцненню продовольчої безпеки. У сукупності інноваційний, цифровий та екологічний вектори створюють основу для модернізації аграрного сектору України та його інтеграції у європейський і глобальний економічний простір у повоєнний період.

Аналіз практичних напрямів реалізації концептуальної моделі дає можливість систематизувати очікувані ефекти її впровадження, що охоплюють економічні, соціальні й екологічні аспекти розвитку аграрного сектору. Підсумовані дані представлено в табл. 7.

Аналіз ефективності реалізації моделі сталого розвитку аграрного сектору передбачає визначення відповідних індикаторів результативності, які забезпечують комплексну оцінку прогресу в досягненні стратегічних пріоритетів та практичних результатів. Підсумовані дані представлено в табл. 8. Використання цих показників дає змогу оцінити ефективність впровадження моделі, зокрема відновлення виробництва, підвищення продуктивності та інвестиційної активності, екологічну стабільність, рівень зайнятості й участь молоді, інтеграцію цифрових технологій, забезпечення продовольчої безпеки та міжнародної конкурентоспроможності, а також ефективність управлінських процедур.

Така система індикаторів забезпечує цілісну оцінку результатів реалізації моделі та формує основу для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень.

Висновки. У роботі обґрунтовано доцільність формування концептуальної моделі сталого розвитку національного аграрного сектору як ключового інструменту ефективного повоєнного відновлення економіки. Визначено, що сталий розвиток аграрного сектору має базуватися на інтеграції економічних, екологічних і соціальних складових з урахуванням сучасних трансформаційних викликів. Доведено, що впровадження інноваційних, ресурсоефективних та екологічно орієнтованих технологій є передумовою підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва. Обґрунтовано роль державної аграрної політики та інституційних механізмів у забезпеченні результативності реалізації концептуальної моделі сталого розвитку. Встановлено, що практична реалізація запропонованої моделі сприятиме зміцненню продовольчої безпеки, відновленню ресурсного потенціалу та довгостроковому розвитку національного аграрного сектору.

Список використаних джерел

1. Агропідтримка як фундамент національної безпеки та міжнародного співробітництва. 2025. URL: https://finpuls.com/ua/ahropidtrymka-yak-fundament-natsionalnoyi-bezpeky-ta-mizhnarodnoho.html (дата звернення: 08.12.2025).

2. Ластовченко П. В. Стратегія соціально-економічного розвитку сільських територій у період повоєнного відновлення. *Інвестиції: практика та досвід*. 2025. № 10. С. 195–201. DOI: 10.32702/2306-6814.2025.10.195

3. Лебідь О. В. Економічні та екологічні передумови залучення інвестицій в АПК України : кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису : дис. … д-ра філософії : 051 Економіка. Вінниця : ВНАУ, 2025. 202 с. URL: https://vsau.org/assets/images/general/nauka/razovi-radu/disertation.Lebid_O.pdf

4. Лупенко Ю., Малік М., Заяць В., Шпикуляк О. та ін. Розвиток підприємництва і кооперації: інституціональний аспект : монографія. Київ : ННЦ ІАЕ. 2016. 432 с.

5. Лупенко Ю., Шпикуляк О. Розвиток малих аграрних підприємств у ринковому інституційному середовищі: індикатори та ефективність : монографія. ННЦ «ІАЕ». 2017. 204 с.

6. Людвік І. І. Інноваційний розвиток АПК України в умовах глобалізації ринків : кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису : дис. … д-ра філософії : 051 Економіка. Вінниця : ВНАУ. 2025. 223 с. URL: https://vsau.org/assets/images/general/nauka/razovi-radu/dysertatsiia_Liudvika-I_I.pdf (дата звернення: 19.11.2025).

7. Петруха Н. Інституційні умови забезпечення зеленої трансформації сільськогосподарських підприємств у контексті переходу до біоекономіки. *Економічний аналіз*. 2024. Том 34. № 3. С. 174–189. DOI: https://doi.org/10.35774/econa2024.03.174

8. Прокопенко Н. І. Сталий розвиток аграрного сектора економіки: поняття, сутність, умови реалізації. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 64. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-115

9. Скорик М., Мужайло Р. Модель сталого розвитку агробізнесу: синергія циркулярності, ESG-стандартів і соціального партнерства. *Український економічний часопис*. 2025. № 9. С. 136–142. DOI: https://doi.org/10.32782/2786-8273/2025-9-23

10. Статистичний щорічник України. 2024. URL: https://stat.gov.ua/uk/publications/statystychnyy-shchorichnyk-ukrayiny-2024

11. Томашук І. В. Стратегічні пріоритети сталого розвитку аграрного сектору в умовах глобальних викликів. *Сталий розвиток економіки*. 2025. № 6 (57). С. 302–312. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-57-40

12. Томашук І. В., Германюк Н. В., Коваль Н. І. Інституційні стратегії розвитку інновацій як інструменти сталого економічного зростання. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2025. № 1 (71). С. 113–128. DOI: 10.37128/2411-4413-2025-1-8

13. Тульчинський Р. В. Формування стратегії сталого розвитку аграрних підприємств. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 77. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-77-75

14. Україна нарощує державну та міжнародну підтримку агросектору: ключові програми 2025. URL: https://news.finance.ua/ua/ukraina-naroshhuye-derzhavnu-ta-mizhnarodnu-pidtrymku-ahrosektoru-klyuchovi-prohramy-2025 (дата звернення: 26.11.2025).

15. Халін С. В., Шерстюк О. В. Інноваційно-відтворювальна модель розвитку потенціалу аграрних підприємств на основі формування стійких ланцюгів доданої вартості. *Інвестиції: практика та досвід*. 2025. № 14. С. 191–196. DOI: 10.32702/2306-6814.2025.14.191

16. Харченко Т. Методологічне забезпечення оцінки розвитку аграрного сектору економіки України в розрізі індикаторів сталого розвитку. *Актуальні проблеми державного управління*. 2021. № 3 (84). С. 247–251.

17. Шпикуляк О. Г., Малік М. Й. Інституціональний аналіз розвитку підприємництва в аграрному секторі економіки: методичний аспект. *Економіка АПК*. 2019. № 6. С. 73–82.

18. Ukraine allocates 14.1 billion UAH for agro-industrial support in 2026 budget. 2025. URL: https://mezha.net/eng/bukvy/ukraine-allocates-14-1-billion-uah-for-agro-industrial-support-in-2026-budget/ (дата звернення: 24.12.2025).

Tomashuk I. V.
Doctor of Philosophy in Economics,
Associate Professor at the Department of Economics and Entrepreneurship,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine;
Doctoral Candidate at the National Scientific Center
"Institute of Agrarian Economics"
Kyiv, Ukraine
E-mail: *tomashuk.inna@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-6847-3136*

CONCEPTUAL MODEL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL AGRICULTURAL SECTOR IN THE CONDITIONS OF POST-WAR RECONSTRUCTION

Abstract

The article substantiates the relevance of forming a conceptual model of sustainable development of the national agricultural sector in the conditions of post-war recovery, due to the large-scale socio-economic, environmental and institutional losses suffered by the agricultural sector as a result of military actions. It is emphasized that the agricultural sector plays a key role in ensuring the food security of the state, restoring export potential and stabilizing the socio-economic development of rural areas in the post-war period.

The paper analyzes the current state of the agricultural sector and identifies key challenges to its development in the conditions of post-war transformation, including the destruction of production and logistics infrastructure, degradation of land resources, shortage of financial and labor resources, increasing environmental risks and institutional imbalances. It is revealed that overcoming these problems requires a transition from fragmented recovery measures to a systemic model of sustainable development, focused on the long-term perspective.

A conceptual model of sustainable development of the national agrarian sector is proposed, which involves a combination of strategic priorities of economic efficiency, environmental safety and social inclusion. The role of state agrarian policy, institutional environment, innovations, digitalization and "green" technologies in ensuring the effectiveness of the model's implementation is substantiated. Particular attention is paid to mechanisms for restoring resource potential, stimulating investment activity, developing human capital and increasing the adaptability of agricultural enterprises to modern challenges.

The practical significance of the study lies in the possibility of using the proposed conceptual model by state authorities and local governments in the formation of strategies for the post-war restoration of the agricultural sector, as well as by agricultural enterprises in the development of sustainable development programs and increasing competitiveness. The results obtained can serve as a scientific basis for further research in the field of sustainable development of the agricultural economy in the context of post-crisis transformations.

Key words: *sustainable development, agricultural sector, post-war recovery, innovative development, state regulation.*

References

1. Ahropidtrymka yak fundament natsionalnoi bezpeky ta mizhnarodnoho spivrobitnytstva [Agro-industrial support as a foundation of national security and international cooperation] (2025). Retrieved from: https://finpuls.com/ua/ahropidtrymka-yak-fundament-natsionalnoyi-bezpeky-ta-mizhnarodnoho.html [in Ukrainian].

2. Lastovchenko, P. V. (2025). Stratehiia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku silskykh terytorii u period povoiennoho vidnovlennia [Strategy of socio-economic development of rural areas during the period of post-war recovery]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 10, 195–201. DOI: 10.32702/2306-6814.2025.10.195 [in Ukrainian].

3. Lebid, O. V. (2025). Ekonomichni ta ekolohichni peredumovy zaluchennia investytsii v APK Ukrainy [Economic and environmental prerequisites for attracting investments in the agro-industrial complex of Ukraine]. *Doctor's thesis*. Vinnytsia : VNAU, 202. Retrieved from: https://vsau.org/assets/images/general/nauka/razovi-radu/disertation.Lebid_O.pdf [in Ukrainian].

4. Lupenko, Yu., Malik, M., Zaiats, V., Shpykuliak, O., et al. (2016). Rozvytok pidpryiemnytstva i kooperatsii: instytutsionalnyi aspect: monohrafiia [Development of entrepreneurship and cooperation: institutional aspect. Monograph]. Kyiv : NNTs IAE, 432 [in Ukrainian].

5. Lupenko, Yu., Shpykuliak, O. (2017). Rozvytok malykh ahrarnykh pidpryiemstv u rynkovomu instytutsiinomu seredovyshchi: indykatory ta efektyvnist: monohrafiia [Development of small agricultural enterprises in a market institutional environment: indicators and efficiency. Monograph]. NNTs "IAE", 204 [in Ukrainian].

6. Liudvik, I. I. (2025). Innovatsiinyi rozvytok APK Ukrainy v umovakh hlobalizatsii rynkiv [Innovative development of the agricultural complex of Ukraine in the context of market globalization]. *Doctor's thesis*. Vinnytsia : VNAU, 223. Retrieved from: https://vsau.org/assets/images/general/nauka/razovi-radu/dysertatsiia_Liudvika-I_I.pdf [in Ukrainian].

7. Petrukha, N. (2024). Instytutsiini umovy zabezpechennia zelenoi transformatsii silskohospodarskykh pidpryiemstv u konteksti perekhodu do bioekonomiky [Institutional conditions for ensuring the green transformation of agricultural enterprises in the context of the transition to bioeconomy]. *Ekonomichnyi analiz – Economic analysis*, 34 (3), 174–189. DOI: https://doi.org/10.35774/econa2024.03.174 [in Ukrainian].

8. Prokopenko, N.I. (2024). Stalyi rozvytok ahrarnoho sektora ekonomiky: poniattia, sutnist, umovy realizatsii. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 64. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-115 [in Ukrainian].

9. Skoryk, M., Muzhailo, R. (2025). Model staloho rozvytku ahrobiznesu: synerhiia tsyrkuliarnosti, ESG-standartiv i sotsialnoho partnerstva [Model of sustainable development of agribusiness: synergy of circularity, ESG standards and social partnership]. *Ukrainskyi ekonomichnyi chasopys – Ukrainian Economic Journal*, (9), 136–142. DOI: https://doi.org/10.32782/2786-8273/2025-9-23 [in Ukrainian].

10. Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy [Statistical Yearbook of Ukraine]. 2024. Retrieved from: https://stat.gov.ua/uk/publications/statystychnyy-shchorichnyk-ukrayiny-2024 [in Ukrainian].

11. Tomashuk, I. V. (2025). Stratehichni priorytety staloho rozvytku ahrarnoho sektora v umovakh hlobalnykh vyklykiv [Strategic priorities of sustainable development of the agricultural sector in the context of global challenges]. *Stalyi rozvytok ekonomiky – Sustainable development of the economy*, 6 (57), 302–312. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-57-40 [in Ukrainian].

12. Tomashuk, I. V., Hermaniuk, N. V., Koval, N. I. (2025). Instytutsiini stratehii rozvytku innovatsii yak instrumenty staloho ekonomichnoho zrostannia [Institutional strategies for the development of innovations as instruments of sustainable economic growth]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: current issues of science and practice*, 1 (71), 113–128. DOI: 10.37128/2411-4413-2025-1-8 [in Ukrainian].

13. Tulchynskyi, R. V. (2025). Formuvannia stratehii staloho rozvytku ahrarnykh pidpryiemstv [Formation of a strategy for the sustainable development of agricultural enterprises]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 77. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-77-75 [in Ukrainian].

14. Ukraina naroshchuie derzhavnu ta mizhnarodnu pidtrymku ahrosektoru: kliuchovi prohramy 2025 [Ukraine increases state and international support for the agricultural sector: key programs 2025] (2025). Retrieved from: https://news.finance.ua/ua/ukraina-naroshhuye-derzhavnu-ta-mizhnarodnu-pidtrymku-ahrosektoru-klyuchovi-prohramy-2025 [in Ukrainian].

15. Khalin, S. V., Sherstiuk, O. V. (2025). Innovatsiino-vidtvoriuvalna model rozvytku potentsialu ahrarnykh pidpryiemstv na osnovi formuvannia stiikykh lantsiuhiv dodanoi vartosti [Innovative and reproducible model of development of the potential of agricultural enterprises based on the formation of sustainable value added chains]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 14, 191–196. DOI: 10.32702/2306-6814.2025.14.191 [in Ukrainian].

16. Kharchenko, T. (2021). Metodolohichne zabezpechennia otsinky rozvytku ahrarnoho sektora ekonomiky Ukrainy v rozrizi indykatoriv staloho rozvytku [Methodological support for assessing the development of the agricultural sector of the economy of Ukraine in terms of sustainable development indicators]. *Aktualni problemy derzhavnoho upravlinnia – Current problems of public administration*, 3 (84), 247–251 [in Ukrainian].

17. Shpykuliak, O. H., Malik, M. Y. (2019). Instytutsionalnyi analiz rozvytku pidpryiemnytstva v ahrarnomu sektori ekonomiky: metodychnyi aspekt [Institutional analysis of the development of entrepreneurship in the agricultural sector of the economy: methodological aspect]. *Ekonomika APK – Economics of the Agricultural Industry*, 6, 73–82 [in Ukrainian].

18. Ukraine allocates 14.1 billion UAH for agro-industrial support in 2026 budget (2025). Retrieved from: https://mezha.net/eng/bukvy/ukraine-allocates-14-1-billion-uah-for-agro-industrial-support-in-2026-budget/ [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 17.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 338.43
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-32

Чорнобай Л. М.
кандидат економічних наук,
доцент кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *chornobailm@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0001-5122-1485*

Чернецький І. Є.
здобувач третього рівня вищої освіти «Доктор філософії»
спеціальності «Менеджмент»
кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *chernezky@gmail.com*
ORCID: *0009-0005-5336-8292*

Надюк І. Р.
здобувач третього рівня вищої освіти «Доктор філософії»
спеціальності «Менеджмент»
кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *nadiukir@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0009-0003-0481-9160*

ПОТЕНЦІАЛ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

Анотація

Досліджено потенціал розвитку сільськогосподарських підприємств в умовах військової агресії як ключовий чинник збереження економічної стійкості аграрного сектору. Обґрунтовано, що воєнні загрози трансформують умови господарювання, впливаючи на ресурсне забезпечення, логістичні ланцюги, інвестиційну активність і кадровий потенціал підприємств.

Визначено, що подальший розвиток галузі залежить від ефективності державної аграрної політики, рівня інвестиційної активності, впровадження інновацій і зміцнення інституційних основ господарювання. За умови комплексного підходу сільськогосподарські підприємства можуть стати ключовим чинником сталого економічного зростання та розвитку сільських територій України.

Сучасний стан розвитку сільськогосподарських підприємств України характеризується поєднанням значного виробничого потенціалу та системних проблем, що стримують його повну реалізацію. Розкрито напрями реалізації потенціалу розвитку сільськогосподарських підприємств шляхом підвищення ефективності управління, диверсифікації виробництва, впровадження інноваційних технологій та посилення кооперaційних зв'язків. Доведено, що раціональне використання наявного потенціалу сприяє відновленню виробничої діяльності, забезпеченню продовольчої безпеки та формуванню передумов для післявоєнного розвитку аграрної економіки.

Розширення кооперaційних зв'язків, доступ до фінансових ресурсів і державних програм підтримки створюють умови для зростання інвестиційної привабливості аграрного сектору. Визначено, що орієнтація аграрних підприємств на сталий розвиток, екологізацію виробництва та підвищення доданої вартості продукції може стати основою для зміцнення конкурентних позицій аграрного сектору в довгостроковій перспективі.

Ключові слова: *потенціал розвитку, сталий розвиток, економічна стійкість, диверсифікація.*

Вступ. Розвиток сільськогосподарських підприємств України в умовах військової агресії є складним багатоаспектним явищем, що формується під впливом економічних, інституційних, ресурсних і соціальних чинників. Війна суттєво трансформувала умови функціонування аграрного сектору, водночас загострivши його стратегічне значення для забезпечення продовольчої безпеки держави, підтримки національної економіки та збереження експортного потенціалу. У таких умовах аграрні підприємства вимушені адаптуватися до підвищених ризиків, обмежень ресурсного характеру та нестабільності зовнішнього середовища.

© Чорнобай Л. М., Чернецький І. Є., Надюк І. Р., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Мета дослідження полягає у визначенні стану, значення та особливостей потенціалу розвитку аграрних підприємств в умовах військової агресії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасний стан розвитку сільськогосподарських підприємств України формується під впливом складних соціально-економічних, інституційних і зовнішньополітичних чинників. Аграрний сектор традиційно відіграє ключову роль у національній економіці, забезпечуючи значну частку валового внутрішнього продукту, експортних надходжень і зайнятості сільського населення. У сучасних умовах його розвиток відбувається в середовищі підвищеної невизначеності, що вимагає від суб'єктів господарювання високого рівня адаптивності та стратегічної гнучкості.

Дослідженню потенціалу розвитку аграрних підприємств присвятили свої праці відомі вітчизняні вчені – В. Г. Андрійчук, І. Ф. Баланюк, В. А. Борисова, О. А. Бугуцький, М. В. Гладій, В. С. Дієсперов, І. І. Лукінов, В. Я. Месель Веселяк, О. М. Онищенко, Л. Д. Павловська, Б. Й. Пасхавер, Г. М. Підлісецький, П. Т. Саблук, В. М. Трегобчук, А. М. Третяк, М. М. Федоров, А. Г. Фонотов, В. Й. Шиян, В. В. Юрчишин та ін.

Український аграрний сектор продовжує демонструвати високу стійкість та адаптивність до ризиків воєнного часу. Україна залишається надійним постачальником продовольства на світові ринки, попри постійні атаки з боку агресора. На аграрну галузь припадає до 24 % банківського кредитування та близько 14 % інвестицій. Аграрний сектор залишається ключовим джерелом валютної виручки й одним із найбільш стійких секторів економіки навіть у період найбільших викликів.

Україна майже вийшла на показник експорту довоєнного періоду – 24,5 млрд дол. США, що становить 59 % загального експорту. Завдяки роботі зернового коридору, який забезпечують ЗСУ, українські аграрії у 2024/25 маркетинговому році вперше за час війни мають прибуток від усіх видів зернових, оскільки реалізують вирощений урожай, виходячи з ринкової кон'юнктури, а не з фізичної можливості здійснювати експорт [5].

Однією із ключових ознак є частка аграрного сектору у ВВП. У 2013–2024 рр. вона коливалася досить суттєво: від 8,8 % у 2013 до 7,1 % у 2024 році, максимального значення 12,1 % досягала 2015 року, після чого розпочалося поступове зниження. Коротке відновлення у 2021 році (10,9 %), спричинене зростанням експорту, виявилося нестійким – уже з 2022 року показники стрімко впали через війну, руйнування логістики та скорочення виробництва. Проте аграрний сектор залишається фундаментом національної економіки та одним із небагатьох секторів, здатних забезпечити відновлення й економічну стійкість країни [5].

Головними виробниками аграрної продукції є сільськогосподарські підприємства, частка яких у загальному обсязі за останні 10 років зросла з 63,0 % в 2015 році до 71,0 % в 2024 році. За вказаний період частка виробництва продукції рослинництва аграрними підприємствами зросла з 67,8 % до 73,5 %, а продукції тваринництва – з 47,0 % до 60,9 %. Господарства населення займають лідируючі позиції з виробництва картоплі, овочів, плодових та ягідних культур, винограду, молока, вовни.

Структура сільськогосподарських підприємств України характеризується різноманітністю організаційно-правових форм і масштабів діяльності. Поряд із великими агрохолдингами функціонують середні та малі підприємства, фермерські господарства і кооперативні об'єднання. Така багатоукладність створює передумови для

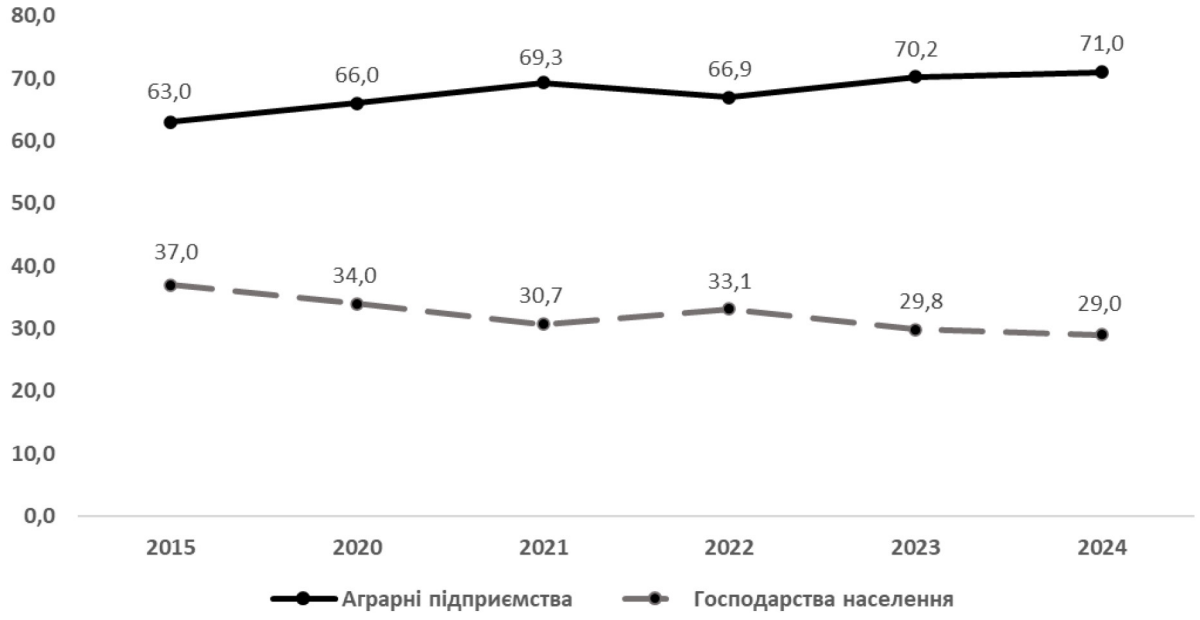


Рис. 1. Структура продукції сільського господарства за категоріями виробників (у постійних цінах 2021 року; % до загального обсягу)

Джерело: [8]

конкуренції та диверсифікації виробництва, водночас зумовлює нерівномірність доступу до фінансових, технологічних і інформаційних ресурсів.

Протягом десятиріччя кількість підприємств, які мали сільськогосподарські угіддя і здійснювали сільськогосподарську діяльність зменшилася на 28,4 % і в 2024 році склала 30 117 одиниць. В 2024 році вони обробляли 17 443,2 тис. га сільськогосподарських угідь. Найбільшу частку (28 %) в загальній кількості підприємств займають суб'єкти господарювання розміром 100–500 га. Вони використовують 2014,5 тис. га сільськогосподарських угідь, що складає 11,5 % їх загальної площі.

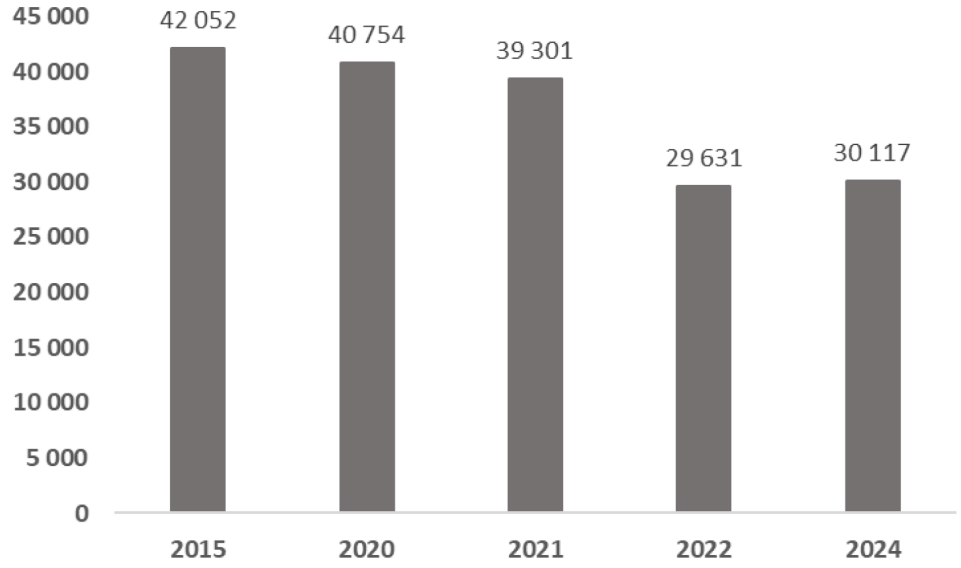


Рис. 2. Динаміка кількості підприємств, які мали сільськогосподарські угіддя і здійснювали сільськогосподарську діяльність

Джерело: [8]

Найбільшу площу сільськогосподарських угідь використовують для здійснення господарської діяльності підприємства розміром 1000–5000 га – 8494,0 тис. га або 48,7 % їх загальної площі. При цьому частка цих підприємств складає 13,5 % загальної чисельності. Середній розмір аграрного підприємства за десятиріччя зріс на 22,2 % – з 474 га в 2015 році до 579 га в 2024 році.

Перспективи розвитку сільськогосподарських підприємств України в умовах військової агресії значною мірою залежать від ефективності післявоєнного відновлення, рівня інвестиційної активності та здатності до структурної трансформації галузі. Орієнтація на сталий розвиток, екологізацію виробництва та підвищення доданої вартості продукції може стати основою для зміцнення конкурентних позицій аграрного сектору в довгостроковій перспективі.

Сучасний стан розвитку сільськогосподарських підприємств України характеризується поєднанням значного виробничого потенціалу та системних проблем, що стримують його повну реалізацію. Подальший розвиток галузі залежить від ефективності державної аграрної політики, рівня інвестиційної активності, впровадження інновацій і зміцнення інституційних основ господарювання. За умови комплексного підходу сільськогосподарські підприємства можуть стати ключовим чинником сталого економічного зростання та розвитку сільських територій України.

Ресурсний потенціал сільськогосподарських підприємств України залишається одним із ключових факторів їхньої стійкості. Високий рівень природної родючості ґрунтів, сприятливі кліматичні умови та значний земельний фонд формують основу виробничого потенціалу. Незважаючи на втрати, аграрний сектор зберіг значну частину виробничих ресурсів, трудовий потенціал і базові технологічні компетенції. Важливу роль відіграє здатність підприємств до раціонального використання наявних ресурсів, диверсифікації виробництва та переходу до більш гнучких виробничих моделей.

Фінансово-економічний потенціал аграрних підприємств в умовах війни характеризується підвищеною вразливістю, але водночас і значними можливостями для розвитку. Фінансово-економічний стан сільськогосподарських підприємств є неоднорідним і значною мірою залежить від спеціалізації, масштабів виробництва та доступу до джерел фінансування. Зростання виробничих витрат, коливання цін на аграрну продукцію, логістичні труднощі та обмежені можливості кредитування стримують інвестиційну активність значної частини підприємств та негативно впливають на фінансову стійкість суб'єктів господарювання. Разом із тим державні програми підтримки, міжнародна фінансова допомога та розвиток альтернативних каналів збуту створюють передумови для стабілізації діяльності та активізації інвестицій у відновлення і модернізацію виробництва.

Інноваційний потенціал сільськогосподарських підприємств набуває особливого значення в умовах військової агресії. Технологічний рівень розвитку аграрних підприємств України поступово зростає, проте залишається

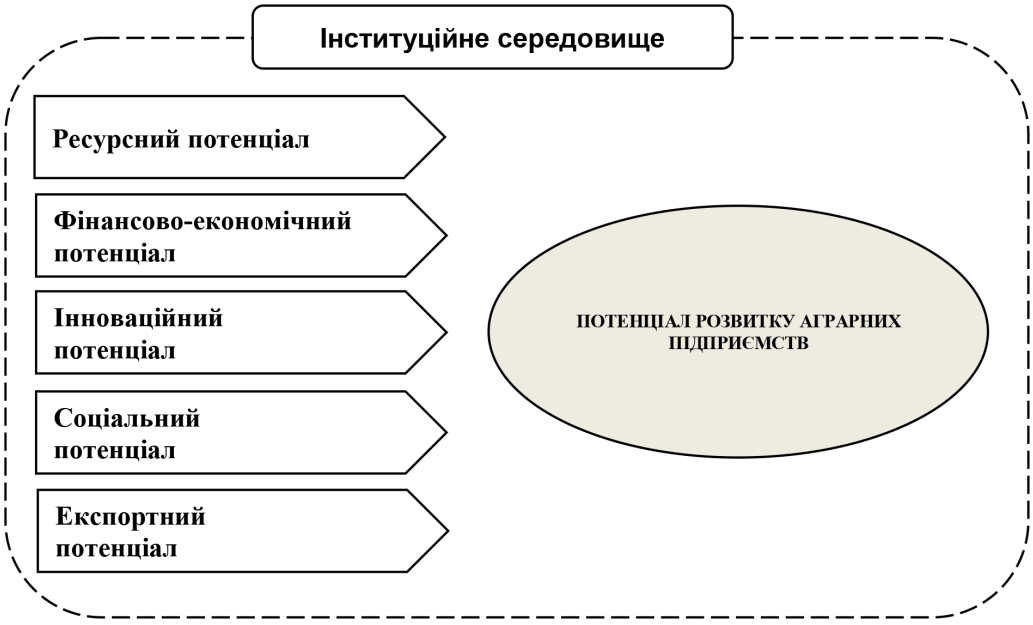


Рис. 3. Складові потенціалу розвитку аграрних підприємств

нерівномірним. Великі виробники активніше впроваджують сучасну техніку, цифрові платформи управління, елементи точного землеробства та автоматизації виробничих процесів. Для малих і середніх підприємств характерною є обмеженість інвестицій у технологічне оновлення, що знижує їхню продуктивність і конкурентоспроможність на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Соціальний потенціал аграрних підприємств проявляється через збереження зайнятості в сільській місцевості, підтримку місцевих громад і забезпечення стабільних джерел доходів для населення. В умовах війни сільське господарство виконує не лише економічну, а й важливу соціальну функцію, сприяючи стабілізації соціально-економічної ситуації на сільських територіях. Інвестиції в людський капітал, підвищення кваліфікації працівників і розвиток соціальної інфраструктури є важливими передумовами довгострокового розвитку аграрних підприємств. Соціально-економічний вимір сучасного стану сільськогосподарських підприємств пов'язаний із проблемами розвитку сільських територій. Скорочення чисельності сільського населення, трудова міграція та дефіцит кваліфікованих кадрів негативно впливають на кадровий потенціал підприємств. Разом із тим аграрні підприємства залишаються важливими осередками економічної активності на селі, забезпечуючи зайнятість, формування місцевих бюджетів і підтримку соціальної інфраструктури.

Експортний потенціал сільськогосподарських підприємств України зазнав суттєвих викликів через порушення логістичних ланцюгів і обмеження доступу до традиційних ринків збуту. Проте аграрний сектор демонструє здатність до переорієнтації на нові маршрути експорту, використання альтернативних транспортних коридорів і розширення присутності на ринках Європейського Союзу та інших регіонів. Це створює можливості для підвищення стандартів якості продукції та інтеграції у глобальні агропродовольчі ланцюги. Аграрна продукція становить значну частку національного експорту, що свідчить про високий рівень інтеграції галузі у світові ринки. Водночас посилення міжнародної конкуренції та зростання вимог до якості й безпечності продукції потребують адаптації виробничих процесів до міжнародних стандартів і розвитку переробки з метою збільшення доданої вартості.

Інституційне середовище розвитку сільськогосподарських підприємств у воєнний період зазнало істотних змін. Посилення ролі держави у регулюванні аграрного ринку, запровадження спеціальних режимів підтримки та спрощення окремих адміністративних процедур сприяють збереженню виробничого потенціалу галузі. Водночас важливим чинником є розвиток кооперації, кластерних форм організації та партнерства між підприємствами, що дозволяє акумулювати ресурси та підвищити конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринках. Реформи у сфері земельних відносин, податкової політики та державного регулювання аграрного ринку мають бути спрямовані на підвищення прозорості та ефективності господарювання.

Висновки. Потенціал розвитку сільськогосподарських підприємств України в умовах війни характеризується значними внутрішніми резервами. За умови цілеспрямованої державної політики, активної участі бізнесу та міжнародної підтримки аграрний сектор здатний не лише забезпечити продовольчу безпеку країни, а й стати одним із ключових драйверів економічного відновлення та сталого розвитку України.

Розширення кооперційних зв'язків, доступ до фінансових ресурсів і державних програм підтримки створюють умови для зростання інвестиційної привабливості аграрного сектору. Паралельно з цим зростає роль людського капіталу, професійної освіти та управлінських компетенцій, що забезпечує здатність аграрних підприємств ефективно реагувати на ринкові виклики та інтегруватися у глобальні агропродовольчі ланцюги.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці інтегрованих моделей відновлення та трансформації аграрного сектору України з урахуванням безпекових обмежень, інфраструктурних втрат і структурних зрушень у ланцюгах створення доданої вартості. Важливим напрямом є обґрунтування управлінських інструментів підвищення підприємницького потенціалу через цифровізацію, диверсифікацію, кооперацію та локалізацію переробки в умовах невизначеності.

Список використаних джерел

1. Аграрний сектор України на шляху до ЄС: досвід Центрально-Східної Європи та виклики війни : доповідь. Український інститут майбутнього. 25.12.2025 р. URL : https://uifuture.org/reports/agrarnyy-sektor-ukrayiny/
2. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу : підручник. Київ : КНЕУ, 2015. 783 с.
3. Малік М. Й. Підприємництво і розвиток сільських територій. *Економіка АПК*. 2016. № 6. С. 97–103.
4. Орлова Н., Сіденко Ю. Виклики сталого розвитку аграрного сектору україни: стратегічні пріоритети уряду. *Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення*. 2024. № 8. С. 91–97. DOI: https://doi.org/10.31470/2786-6246-2024-8-91-97
5. Підсумки функціонування аграрного сектору України у 2024 році. Національний інститут стратегічних досліджень. URL : https://niss.gov.ua/news/statti/pidsumky-funktsionuvannya-ahrarnoho-sektoru-ukrayiny-u-2024-rotsi
6. Собкевич О. В., Шевченко А. В., Русан В. М. Пріоритети розвитку реального сектора в умовах війни та повоєнного відновлення економіки України: *аналіт. доп*. Київ : НІСД, 2024. 104 с.
7. Сталий розвиток сільських територій: монографія / за ред. Т. Зінчук, Ю. Раманаускаса. Київ: «Центр учбової літератури», 2019. 421 с.
8. Статистичний щорічник України за 2024 рік / за ред. Макарчука А. В. Київ : Державна служба статистики України, 2025. 272 с.
9. Черевко Г. В. Виклики для українського сільського господарства під час війни та перспективи розвитку галузі. *Ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств*: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Дубляни, 11-12 червня 2025 р. Дубляни, 2025. ЛНУВМБ ім. С.З. Ґжицького. С. 11–14.
10. Чорнобай Л. М., Мушеник І. М. Диверсифікація як інструмент забезпечення комплексного розвитку сільських територій. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. Вип. 1 (46). С. 200–205. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.29

Chornobai L. M.
Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor at the Department of Management and Public Administration,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *chornobailm@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0001-5122-1485*

Chernetskyi I. E.
Applicant of the third level of higher education «Doctor of Philosophy»
specialty "Management"
at the Department of Management and Public Administration,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *chernezky@gmail.com*
ORCID: *0009-0005-5336-8292*

Nadiuk I. R.
Applicant of the third level of higher education "Doctor of Philosophy"
specialty "Management"
at the Department of Management and Public Administration,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *nadiukir@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0009-0003-0481-9160*

THE DEVELOPMENT POTENTIAL OF AGRICULTURAL ENTERPRISES IN UKRAINE IN CONDITIONS OF MILITARY AGGRESSION

Abstract

The potential for the development of agricultural enterprises in conditions of military aggression is studied as a key factor in maintaining the economic stability of the agricultural sector. It is substantiated that military threats transform business conditions, affecting resource supply, logistics chains, investment activity and personnel potential of enterprises.

It is determined that the further development of the industry depends on the effectiveness of state agrarian policy, the level of investment activity, the introduction of innovations and the strengthening of institutional foundations of management. With an integrated approach, agricultural enterprises can become a key factor in sustainable economic growth and development of rural areas of Ukraine.

The current state of development of agricultural enterprises in Ukraine is characterized by a combination of significant production potential and systemic problems that hinder its full implementation. The directions for realizing the potential for the development of agricultural enterprises by increasing management efficiency, diversifying production, introducing innovative technologies and strengthening cooperative ties are revealed. It is proven that the rational use of existing potential contributes to the restoration of production activities, ensuring food security and creating prerequisites for the post-war development of the agricultural economy.

The expansion of cooperative ties, access to financial resources and state support programs create conditions for increasing the investment attractiveness of the agricultural sector. It is determined that the orientation of agricultural enterprises towards sustainable development, greening of production and increasing the added value of products can become the basis for strengthening the competitive positions of the agricultural sector in the long term.

Key words: *development potential, sustainable development, economic stability, diversification.*

References

1. Ahrarnyy sektor Ukrayiny na shlyakhu do YES: dosvid Tsentral′no-Skhidnoyi Yevropy ta vyklyky viyny [*Ukraine's Agrarian Sector on the Path to the EU: Experience of Central and Eastern Europe and Challenges of War*]. Ukrainian Institute of the Future. Retrieved from https://uifuture.org/reports/agrarnyy-sektor-ukrayiny/ [in Ukrainian].

2. Andriychuk, V. G. (2015). Ekonomika pidpryyemstv ahropromyslovoho kompleksu [*Economics of Agro-Industrial Enterprises*] Kyiv : KNEU [in Ukrainian].

3. Malik, M. Y. (2016). Pidpryyemnytstvo i rozvytok sil′s′kykh terytoriy [*Entrepreneurship and development of rural areas*]. *Ekonomika APK – Economics of the Agricultural Industry*, 6, 97–103 [in Ukrainian].

4. Orlova, N., Sidenko, YU. (2024). Vyklyky staloho rozvytku ahrarnoho sektoru ukrayiny: stratehichni priorytety uryadu [*Challenges of sustainable development of the agricultural sector of Ukraine: strategic priorities of the government*]. *Publichne upravlinnya: kontseptsiyi, paradyhma, rozvytok, udoskonalennya – Public administration: concepts, paradigm, development, improvement*, № 8, 91–97. DOI: https://doi.org/10.31470/2786-6246-2024-8-91-97 [in Ukrainian].

5. Pidsumky funktsionuvannya ahrarnoho sektoru Ukrayiny u 2024 rotsi [*Results of the functioning of the agricultural sector of Ukraine in 2024*]. National Institute for Strategic Studies. Retrieved from https://niss.gov.ua/news/statti/pidsumky-funktsionuvannya-ahrarnoho-sektoru-ukrayiny-u-2024-rotsi [in Ukrainian].

6. Sobkevych, O. V., Shevchenko, A. V., Rusan, V. M. (2024). Priorytety rozvytku real′noho sektora v umovakh viyny ta povoyennoho vidnovlennya ekonomiky Ukrayiny [*Priorities of the development of the real sector in the conditions of war and post-war recovery of the economy of Ukraine*] Kyiv : NISD [in Ukrainian].

7. Zinchuk, T., Ramanauskas, YU. (2019). Stalyy rozvytok sil′s′kykh terytoriy [*Sustainable development of rural areas*] Kyiv : "Center for Educational Literature" [in Ukrainian].

8. Statystychnyy shchorichnyk Ukrayiny za 2024 rik [*Statistical Yearbook of Ukraine for 2024*]. Kyiv : State Statistics Service of Ukraine [in Ukrainian].

9. Cherevko, H. V. (2025). Vyklyky dlya ukrayins′koho sil′s′koho hospodarstva pid chas viyny ta perspektyvy rozvytku haluzi [*Challenges for Ukrainian agriculture during the war and prospects for the development of the industry*]. *Efektyvnist' funktsionuvannya sil's'kohospodars'kykh pidpryyemstv – Efficiency of functioning of agricultural enterprises*: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Internet Conference, (pp. 11–14). Dublyany: S. Z. Gzhytskyi Lviv National University of Biomedical Sciences [in Ukrainian].

10. Chornobai, L. M., & Mushenyk, I. M. (2025). Dyversyfikatsiya yak instrument zabezpechennya kompleksnoho rozvytku sil′s′kykh terytoriy [*Diversification as a tool for ensuring the integrated development of rural areas*]. *Podil's'kyy visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, 1(46), 200–205. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.29 [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 23.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 03.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 621.793
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-33

Голов'ятинська В. В.
вчитель хімії
Дніпровський ліцей № 97 Дніпровської міської ради
Дніпро, Україна
E-mail: *vitagolovetinskaa@gmail.com*
ORCID: *0009-0008-5719-6987*

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ІННОВАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛІВ ДЕТОНАЦІЙНОГО НАПИЛЕННЯ

Анотація

Стаття присвячена проблемам розвитку детонаційного напилення, що являє інтерес як у зв'язку з дискретним і циклічним характерами технологічного процесу нанесення покриття, так і високою якістю детонаційних покриттів. Метою роботи є обґрунтування та виділення перспективних напрямів інноваційного розвитку детонаційного напилення. Розглянуто потенціали керування дискретними циклами детонаційного напилення та використання допоміжних переходів у процесі нанесення детонаційного покриття. Запропоновано підвищити якість детонаційних покриттів за рахунок виконання додаткових технологічних операцій в інтервалах між циклами детонаційного напилення. Розглянуто структурно-організаційний порядок адитивного формування детонаційних покриттів, який доцільно розробляти на основі ієрархічної структури рівнів глибини технології. Використання факторів формування детонаційних покриттів на всіх рівнях технологічної глибини і структурного синтезу технології підвищує якість і забезпечує максимальну адаптацію детонаційних покриттів до планованих умов експлуатації. Виняткові властивості детонаційних покриттів можуть бути поліпшені за рахунок використання варіативності побудови технологічних процесів детонаційного напилення, заснованих на дискретному і циклічному характері процесу формування покриття. Як інноваційні пріоритети розвитку і використання детонаційного напилення виділені такі напрями: поєднання процесу нанесення детонаційних покриттів з додатковими методами обробки; нанесення покриттів на поверхні глибоких отворів невеликого поперечного перерізу; нанесення покриттів на заготовки, вразливі до теплової деформації; нанесення неоднорідних покриттів.

Ключові слова: *детонаційне напилення, рівень глибини технології, цикл детонаційного напилення, допоміжний перехід, детонаційне покриття.*

Вступ. Газотермічне напилення являє собою сукупність споріднених методів нагріву і перенесення частинок напилюваного порошку на оброблювану поверхню заготовки, що носять безперервний або дискретний та циклічній характери процесу формування покриття [8, с. 40]. До таких методів належать, наприклад, плазмове напилення, детонаційне напилення, газополум'яне напилення, електродугове напилення, HVOF та HVAF [1, с. 45; 3, с. 11–12; 6, с. 48–80; 9, 36–258].

Газотермічні покриття використовуються у вирішенні різних технічних і економічних завдань, насамперед:

– забезпечення функціональних властивостей робочих поверхонь деталей під час їх виготовлення;

– відновлення геометричних параметрів і функціональних властивостей зношених поверхонь деталей;

– заміна дорогих конструкційних матеріалів на більш дешеві конструкційні матеріали;

– підвищення конкурентоспроможності деталей за рахунок поліпшення їх експлуатаційних характеристик або зниження вартості.

Під час нанесення газотермічних покриттів використовуються багатоманітні технологічні прийоми, які можуть мати місце не залежно від безперервного або дискретного характеру процесу формування покриттів, у тому числі такий як запропонована модифікація методу нанесення детонаційних композиційних покриттів магнітним полем [2]. Детонаційне напилення являє інтерес як у зв'язку з дискретним і циклічним характерами технологічного процесу нанесення покриття, так і високою якістю детонаційних покриттів. На сайті компанії

© Голов'ятинська В. В., 2026

Praxair Surface Technologies, що пропонує для авіаційних двигунів номенклатуру деталей з понад ста найменувань, велика частина яких мають зносостійкі детонаційні покриття з композитів на основі карбідів вольфраму і хрому, детонаційне напилення вказано як «провідне рішення для деталей, що вимагають виняткового зносу і виняткових механічних властивостей» [10].

Одним з помітних результатів багаторічної роботи фахівців і вчених ІЕС ім. Є.О. Патона НАН України в галузі нанесення газотермічних покриттів є багатокамерний безклапанний детонаційний пристрій (БКДП) [4, с. 9–10; 5; 7]. Цьому присвячена робота, в якій не тільки зазначена ефективність покриттів, нанесених з використанням БКДП, але і досить детально описані конструкція та принцип його роботи, а саме «у пристрої реалізоване безперервне подання горючої газової суміші й порошку, що дозволяє ініціювати детонаційний процес згорання з великою частотою – 20 Гц і вище» [5, с. 39–40]. Відзначимо, що під час нанесення детонаційного покриття для забезпечення локального нагріву оброблюваної поверхні заготовок у межах 100–120 °С необхідно регулювати циклічність процесу нанесення детонаційного покриття з частотою значно меншою ніж 20 Гц, а це у разі безперервної подачі горючої газової суміші не можна виконати. Але більш істотною обставиною у разі використання БКДП є те, що на ньому не можна реалізувати низку переважних технологічних факторів, можливих до використання завдяки дискретності та циклічності процесу детонаційного напилення.

Мета дослідження – обґрунтувати та виділити перспективні напрями інноваційного розвитку детонаційного напилення на основі аналізу використання потенціалу технологічних факторів, властивих його дискретності та циклічності.

Виклад основного матеріалу дослідження. У результаті одиничного технологічного циклу детонаційного напилення (цикл напилення) утворюється одинична пляма покриття. Детонаційне покриття формується на оброблюваній поверхні заготовки з одиничних плям покриття, які послідовно наносяться і своєчасно зміщуються стосовно одна одної. Детонаційні покриття можуть мати однорідний склад – одношарове покриття, а також можуть мати неоднорідні склади, наприклад багатошарове, градієнтне або комбіноване покриття. Вибір виду детонаційних покриттів для вирішення конкретної технічної задачі пов'язаний з потенціалом їх фізичних, механічних та інших програмованих властивостей.

Процес напилення детонаційних покриттів може здійснюватися з одночасним або почерговим використанням одного або декількох складів напилюваних порошків, що подаються у стовбур установки детонаційного напилення (стовбур установки) з різних дозаторів порошку. Подача дози напилюваного порошку може здійснюватися в процесі нанесення детонаційного покриття у відповідному циклі напилення в індивідуально заданий час, що є одним з технологічних прийомів управління властивостями одиничних плям покриття.

Регульована циклічна подача вибухової суміші газів у стовбур установки реалізується за допомогою клапанної системи. Склад вибухової суміші газів, а також обсяг подачі цієї суміші у стовбур установки може бути індивідуальним для кожного циклу напилення, що доцільно у випадках використання під час напилення декількох видів порошків або формування необхідних властивостей одиничних плям покриття. Циклічна зміна складу та співвідношення у складі вибухової суміші газів, наприклад ацетилену з киснем або водню з киснем, забезпечує формування необхідного середовища продуктів детонації, а саме: відновлювальної, окислювальної або нейтральної. Додавання у вибухову суміш інертних та інших газів, наприклад гелію, аргону або азоту, використовується для відповідного модифікування газового середовища продуктів детонації.

До реалізації першого циклу напилення за допомогою детонаційної установки, використовуваної для напилення порошку, можуть бути виконані необхідні технологічні операції з підготовки оброблюваної поверхні заготовки для напилення детонаційного покриття, наприклад:

– нагрів оброблюваної поверхні заготовки з метою зниження внутрішніх напружень у нанесеному покритті за рахунок попереднього розширення оброблюваної поверхні заготовки;

– абразивне очищення оброблюваної поверхні заготовки з метою підвищення ступеня активації напилюваної поверхні.

Циклограма кожного циклу напилення під час нанесення одиничної плями покриття може бути задана індивідуально. На початковому етапі циклу напилення в задані моменти часу реалізуються подачі у стовбур установки дози вибухової суміші газів і дози напилюваного порошку. У разі підпалу в заданий момент часу вибухової суміші газів виникає горіння, яке переходить у детонацію. Детонація вибухової суміші газів забезпечує значне і швидке збільшення обсягу продуктів детонації у стовбурі установки, що призводить до витікання з його відритого кінця високошвидкісного та високотемпературного потоку продуктів детонації з частинками напилюваного порошку. Кінцевий етап циклу напилення – формування одиничної плями покриття у контакті високошвидкісних і розігрітих частинок напилюваного порошку з оброблюваною поверхнею заготовки в результаті процесів їх деформації, плавлення і спікання.

Проміжки часу між циклами напилення в технологічний час нанесення детонаційного покриття – допоміжні переходи, тривалість яких також може бути задана індивідуально. Допоміжні переходи можуть бути використані для реалізації переміщення стосовно вихідної частини ствола установки оброблюваної заготовки у разі нанесення детонаційних покриттів на її окремі ділянки.

У проміжки часу між циклами напилення можливе виконання технологічних операцій додаткової обробки покриття, наприклад:

– лазерне поверхневе оплавлення одиничних плям покриття;

– нагрівання або охолодження зони нанесення одиничних плям покриття.

У разі використання профільних насадок на виході з відкритої частини стовбура установки з круглим поперечним перерізом можуть бути отримані інші форми одиничних плям покриття (рис. 1), наприклад, для нанесення острівцевих ділянок заданої форми у формуванні армованих покриттів. Автоматична зміна профільних насадок у міру необхідності здійснюється під час допоміжних переходів.



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 1. Можливі форми одиничних плям покриття у разі використання профільних насадок: а – прямокутна, б – шестигранна, в – трикутна, г – квадратна, д – овальна

Зміна розташування одиничних плям покриття однакової форми на оброблюваній поверхні заготовок може виконуватися, наприклад, з метою забезпечення рівномірності нанесення детонаційних покриттів або зниження внутрішніх напружень у покритті (рис. 2).

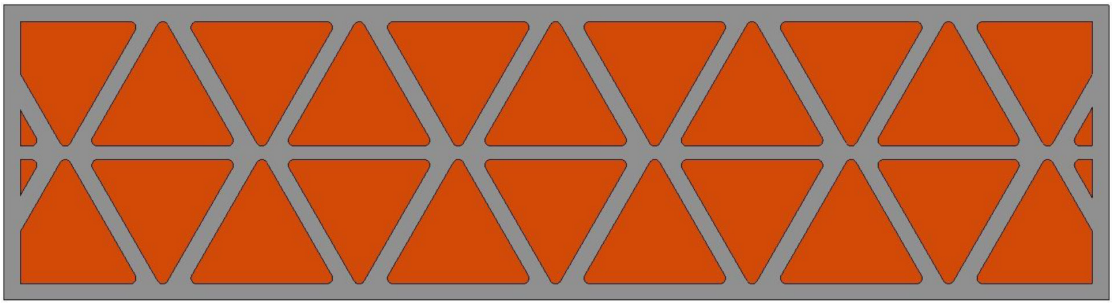


Рис. 2. Зміна розташування одиничних плям покриття однакової форми на оброблюваній поверхні заготовки

Детально розглянемо можливу додаткову технологічну операцію, яка може мати місце між циклами напилення. Під час кожного циклу напилення в кінці потоку продуктів детонації з частинками порошку концентруються частинки порошку з низькою швидкістю. Низькошвидкісні частинки беруть участь у формуванні зовнішньої поверхні одиничних плям покриття, що знижує фізичні та механічні характеристики останніх на макрорівні, включаючи когезію між ними. Низькошвидкісні частинки порошку, що негативно впливають на якість формованих покриттів, мають місце і в методах газотермічного напилення з безперервним характером процесу. Однак у разі безперервного характеру процесу газотермічного напилення низькошвидкісні частинки порошку розподіляються по всьому об'єму формованого покриття, а у разі детонаційного напилення вони сконцентровані на зовнішній поверхні одиничних плям покриття. Завдяки циклічності процесу детонаційного напилення виникає можливість очищення поверхні кожної одиничної плями покриття від низькошвидкісних частинок, які взяли участь у їх формуванні. Така можливість реалізується шляхом поетапної абразивної обробки формованих одиничних плям покриття, наприклад, за допомогою детонаційної установки для абразивної обробки, стовбур якої встановлений під кутом приблизно 30° до оброблюваної поверхні заготовки, в який з дозатора порошку подається абразивний порошок. Циклічний процес роботи детонаційної установки для абразивної обробки може бути організований поза тимчасовим впливом на циклічний процес роботи детонаційної установки для напилення порошку, позаяк цикли абразивної обробки формованого покриття можна реалізовувати між циклами напилення, наприклад, під час подачі вибухової суміші газів і напилюваного порошку у стовбур детонаційної установки для напилення порошку.

Умовні приклади адитивного формування детонаційних покриттів неоднорідного складу показані на рис. 3.

Операційний порядок адитивного формування детонаційних покриттів з неоднорідним складом реалізується відповідно до заданої структурної схеми за рахунок можливості циклічної програмованої зміни режимів нанесення одиничних плям покриття.

Складні технологічні завдання формування детонаційних покриттів прагматично розробляти на основі ієрархічної структури рівнів глибини технології та синтезу структури технології. Умовна схема ієрархічної структури рівнів глибини технології з урахуванням синтезу структури технології під час нанесення детонаційних покриттів наведена на рис. 4.

Під час нанесення газотермічних покриттів з використанням відбивачів на внутрішні поверхні обмежених поперечних розмірів детонаційне напилення потенційно має переважні можливості з підстав ергономічності

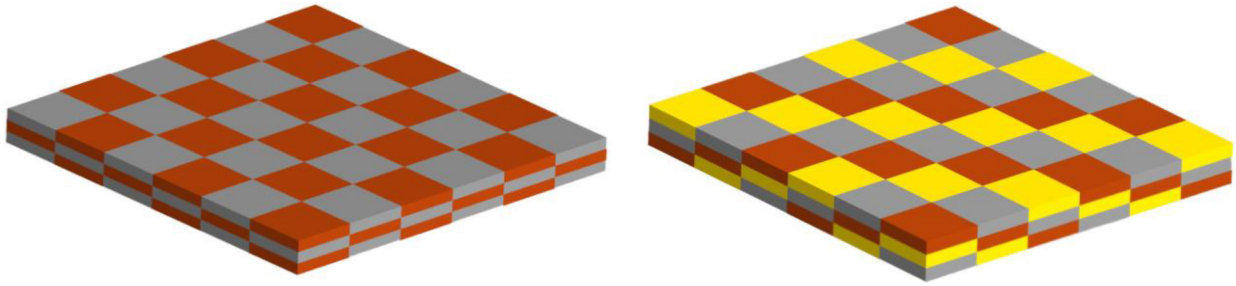


Рис. 3. Умовні приклади адитивного формування детонаційних покриттів неоднорідного складу



Рис. 4. Ієрархічна структура рівнів глибини технології з урахуванням синтезу структури технології під час нанесення детонаційних покриттів

організації відведення продуктів нагріву з обмеженого простору та можливості обробки отворів діаметром від 20 мм до 100 мм на глибину до 1500 мм.

Висновки. Виняткові властивості детонаційних покриттів можуть бути посилені за рахунок використання варіативності побудови технологічних процесів детонаційного напилення на основі дискретного і циклічного характерів процесу формування покриття, а саме:

– індивідуального управління технологічними параметрами нанесення одиничних плям покриття та допоміжних переходів під час нанесення покриттів одношарових або з неоднорідним складом;

– застосування додаткових технологічних операцій у процесі детонаційного напилення покриття між циклами нанесення одиничних плям покриття.

Раціональне узгодження і використання факторів формування та додаткової обробки детонаційних покриттів на всіх рівнях глибини технології забезпечує можливість підвищення якісних властивостей детонаційних покриттів та максимальної адаптації останніх до планованих умов експлуатації.

Як інноваційні пріоритети розвитку і використання детонаційного напилення на основі дискретного і циклічного характерів процесу формування покриття можна виділити такі напрями розробок:

– поєднання процесу нанесення детонаційних покриттів з додатковими методами обробки;

– нанесення покриттів на поверхні глибоких отворів невеликого поперечного перерізу;

– нанесення покриттів на заготовки, вразливі до теплової деформації;

– нанесення неоднорідних покриттів.

Список використаних джерел

1. Анісімов В., Гунько І., Бурлака С. Шляхи розвитку методів газотермічного напилення для покращення енергоефективності ремонту машин АПК. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. № 1. С. 44–47. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-331-5

2. Довгаль А. Г., Приймак Л. Б., Трофімов І. Л. Модифікація методу нанесення детонаційних композиційних покриттів магнітним полем. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2016. Т. 6. № 5. С. 33–38. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.85628

3. Дубовий О. М., Степанчук А. М. Технологія напилення покриттів : підручник. Миколаїв : НУК, 2007. 236 с.

4. Колісниченко О. В., Коржик В. М., Стухляк П. Д., Кільдій А. І., Товбин Р., Шинлов М. та ін. Розвиток технології детонаційного газового напилення покриттів в ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАНУ (Огляд). *Автоматичне зварювання*. 2024. № 4. С. 3–14. https://patonpublishinghouse.com/as/pdf/2024/as202404all.pdf

5. Колісниченко О. В., Тюрін Ю. М. Властивості покриттів, напилених багатокамерним детонаційним пристроєм та їх застосування. *Автоматичне зварювання*. 2023. № 9. С. 39–44. DOI: https://doi.org/10.37434/as2023.09.07

6. Корж В. М., Кузнецов В. Д., Борисов Ю. С., Ющенко К. А. Нанесення покриття : навчальний посібник. Київ : Арістей, 2005. 204 с.

7. Liming Ke, Стухляк П., Мудріченко В. Особливості структури покриттів з карбідів вольфраму та хрому при детонаційно-газовому напиленні з кумуляцією енергії в багатокамерному пристрої. *Автоматичне зварювання*. 2024. № 5. С. 40–47. DOI: https://doi.org/10.37434/as2024.05.05

8. Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Газотермічні методи напилювання покрить : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2006. 103 с.

9. Ющенко К. А., Борисов Ю. С., Кузнецов В. Д., Корж В. М. Інженерія поверхні : підручник. Київ : Наукова думка, 2007. 558 с.

10. Efficiency and Reliability. Coating Application Methods. *Linde*. URL: http://www.praxairsurfacetechnologies.com/en/coating-services/application-processes/thermal-spray (дата звернення: 09.12.2025).

Holoviatynska V. V.
Chemistry teacher
Dnipro Lyceum No. 97 of the Dnipro City Council
Dnipro, Ukraine
E-mail: *vitagolovetinskaa@gmail.com*
ORCID: *0009-0008-5719-6987*

FUNDAMENTAL MANUFACTURING AND INNOVATIVE POTENTIALS OF DETONATION SPRAYING

Abstract

The article is devoted to the problems of development of detonation spraying, which is of interest both in connection with the discrete and cyclic nature of the technological process of coating application, and the high quality of detonation coatings. The purpose of the work is to substantiate and identify promising areas of innovative development of detonation spraying. The potentials of controlling discrete cycles of detonation spraying and the use of auxiliary steps in the process of applying a detonation coating are considered. It is proposed to improve the quality of detonation coatings by performing additional technological operations in the intervals between detonations spraying cycles. The structural and organizational order of the additive formation of detonation coatings is considered, which it is advisable to develop based on the hierarchical structure of the technology depth levels. The use of factors in the formation of detonation coatings at all levels of technological depth and structure synthesis of technology improves quality and maximizes the adaptation of detonation coatings to the planned operating conditions. The exceptional properties of detonation coatings can be enhanced by using the variability of the construction of technological processes for detonation spraying based on the discrete and cyclic nature of the coating formation process. The following aspects are highlighted as innovative developments and using priorities for detonation spraying: combining the detonation coating application process with additional treatment methods; applying coatings to surfaces of deep holes with small cross-sections; applying coating of blanks susceptible to thermal deformation; applying heterogeneous coating.

Key words: *detonation spraying, technology depth level, detonation spraying cycle, auxiliary step, detonation coating.*

References

1. Anisimov, V., Gunko, S., & Burlaka, S. (2024). Shiakhy rozvytku metodiv hazotermichnoho napylennia dlia pokrashchennia energoefektyvnosti remontu mashyn APK [Ways of development of gas thermal spraying methods for improving energy]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Herald of Khmelnytskyi National University, 1*, 44–47. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-331-5 [in Ukrainian].

2. Dovgal, A. G., Pryimak, L. B., & Trofimov, I. L. (2016). Modyfikatsiia metodu nanesennia detonatsiinykh kompozytsiinykh pokryttiv magnitnym polem [Modification of the method of applying detonation composite coatings by a magnetic field]. *Skhidno-Yevropeiskyi zhurnal peredovyh tekhnologii – Easern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/5*, 33–38. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.85628 [in Ukrainian].

3. Dubovyi, O. M., & Stepanchuk, A. M. (2007). *Tekhologiia napylennia pokryttiv [Coating technology]*. Mykolaiv : NUK [in Ukrainian].

4. Kolisnichenko, O. V., Korzhyk V. M., Stukhliak P. D., Kildii A. I., Tovbin R., Shinlov M. et al. (2024). Rozvytok tekholohgii detonatsiinogo gazovogo napylennia v IEZ im. Ye. O. Patona NANU [Development of detonation gas spraying technology of coatings

in the E. O. Paton Electric Welding Institute of the NASU (Overview)]. *Avtomatichne zvariuvannia – Automatic welding*, *4*, 3–14. Retrieved from: https://patonpublishinghouse.com/as/pdf/2024/as202404all.pdf [in Ukrainian].

5. Kolisnichenko, O. V., & Tiurin, Yu. M. (2023). Vlastyvosti pokrytiv, napylenykh bahatokamernym detonatsiinym prystroiem ta yikh zastosuvannia [Properties of coatings, deposited by multichamber detonation device and their application]. *Avtomatichne zvariuvannia – Automatic welding*, *9*, 39–44. DOI: https://doi.org/10.37434/as2023.09.07 [in Ukrainian].

6. Korzh, V. M., Kuznetsov, V. D., Borysov, Yu. S., & Yushchenko, K. A. (2005). *Nanesennia pokryttia [Coating application]*. Kyiv : Aristei [in Ukrainian].

7. Liming, Ke, Stukhiak, P. & Mudrichenko, V. (2024). Osoblyvosti struktury pokryttiv z karbidiv volframu ta khromu pry detonatsiino-gazovomu napylenni z kumukiatsiieiu energii v bagatokamernomu prystroi [Features of the structure of coatings of tungsten and chromium carbides during detonation-gas spraying with energy accumulation in a multi-chamber device]. *Avtomatichne zvariuvannia – Automatic welding*, *5*, 40–47. https://doi.org/10.37434/as2024.05.05 [in Ukrainian].

8. Shylina, O. P., & Osadchuk, A. Yu. (2006). *Gazoterichni metody napyliuvannia pokrut [Gas-thermal coating methods]*. Vinnytsia : VNTU [in Ukrainian].

9. Yushchenko, K. A., Borysov, Yu. S., Kuznietsov, V. D., & Korzh, V. M. (2007). *Inzheneriia poverkhni [Surface engineering]*. Kyiv : Naukova dumka [in Ukrainian].

10. Efficiency and Reliability. Coating Application Methods. *Linde*. Retrieved from: http://www.praxairsurfacetechnologies.com/en/coating-services/application-processes/thermal-spray (Last accessed: 09.12.2025).

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 07.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 636:631.171:658.011.56
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-34

Грушецький С. М.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри агроінженерії та точного землеробства імені Михайла Самокиша,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *g.sergiy.1969@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-0487-6152*

Дубчак Н. А.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри машиновикористання та технологій в сільському господарстві,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: *dybchak1010@ukr.net*
ORCID: *0000-0003-3279-7897*

Ліннік А. Ю.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри машиновикористання та технологій в сільському господарстві,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: *linnik_andrij@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-3973-3733*

Диня В. І.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри машиновикористання та технологій в сільському господарстві,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: *dunyvolodya@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-0008-908X*

СУЧАСНІ АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ТВАРИННИЦТВІ

Анотація

У роботі проведено комплексний аналіз та узагальнення впровадження сучасних засобів автоматизації та цифровізації у галузі тваринництва. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення рентабельності виробництва тваринницької продукції в умовах глобальної конкуренції, дефіциту кваліфікованої робочої сили та зростаючих вимог до екологічності та якості продуктів харчування. Автоматизація розглядається не лише як засіб заміни ручної праці, а як фундаментальна основа для реалізації концепції точного тваринництва (Precision Livestock Farming, PLF).

Основну увагу приділено інтегрованим системам керування фермами, що базуються на використанні «Інтернету речей» (IoT), штучного інтелекту та великих даних (Big Data). Розглянуто технологічні аспекти функціонування роботизованих систем доїння (VMS), які дозволяють мінімізувати стресовий фактор для тварин, покращити якість молока та забезпечити індивідуальний підхід до кожної особини. Досліджено системи автоматизованої роздачі кормів, що забезпечують точне дозування раціону відповідно до фізіологічних потреб тварин, що суттєво знижує витрати кормів та підвищує конверсію.

Важливим складником сучасних технологій є системи моніторингу здоров'я та поведінки тварин. Використання інтелектуальних давачів (акселерометрів, датчиків жуйки, термічних камер) дозволяє в режимі реального часу відстежувати стан здоров'я, фази статевого циклу та ранні ознаки захворювань. Це дає змогу перейти від групового до індивідуального управління стадом, що є ключовим для превентивної ветеринарії.

Окремо проаналізовано автоматизацію мікроклімату в тваринницьких приміщеннях. Сучасні інтелектуальні системи вентиляції, освітлення та гноєвидалення працюють в автономному режимі, адаптуючись до зовнішніх погодних умов та внутрішніх параметрів середовища, що забезпечує дотримання вимог добробуту тварин (Animal Welfare).

© Грушецький С. М., Дубчак Н. А., Ліннік А. Ю., Диня В. І., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

У результаті дослідження визначено, що впровадження автоматизованих технологій дозволяє збільшити продуктивність тварин на 15–25 %, скоротити витрати паливно-мастильних матеріалів та електроенергії, а також забезпечити повну простежуваність (traceability) походження продукції. Зроблено висновок, що стратегічним напрямом розвитку галузі є створення єдиних цифрових екосистем, які об'єднують усі технологічні процеси – від вирощування кормів до реалізації готової продукції, у цілісний автоматизований комплекс з мінімальним втручанням людського фактора.

Ключові слова: *автоматизація, точне тваринництво, робототехніка, IoT, моніторинг стада, інтелектуальні системи, продуктивність, добробут тварин.*

Вступ. Сучасне тваринництво перебуває на етапі глобальної технологічної трансформації, зумовленої переходом до четвертої промислової революції (Industry 4.0). Впровадження автоматизованих та роботизованих систем є не просто трендом, а об'єктивною необхідністю для забезпечення продовольчої безпеки, підвищення рентабельності виробництва та дотримання високих стандартів добробуту тварин. Використання концепції **Precision Livestock Farming (PLF)** дозволяє трансформувати суб'єктивний догляд за поголів'ям у точну цифрову стратегію, де кожна технологічна операція – від годівлі до доїння – базується на аналізі об'єктивних даних у режимі реального часу.

Незважаючи на високу ефективність роботизованих систем, їх впровадження в Україні та світі стикається з низкою викликів: високою вартістю інвестицій, потребою у кваліфікованих кадрах та складністю інтеграції розрізнених технічних засобів у єдину систему управління. Наукове обґрунтування параметрів роботи таких систем та аналіз їхнього впливу на біологічні показники тварин є критично важливими для сталого розвитку галузі.

Огляд праць науковців, що займалися цією проблематикою. Для ґрунтовного аналізу ми розділили джерела на дві групи: вітчизняні вчені (які адаптують технології до українських умов) та зарубіжні дослідники (фундатори концепцій точного тваринництва).

Вітчизняні науковці. Підвищення ефективності функціонування техніко-технологічного забезпечення мікроклімату свинарських приміщень шляхом обґрунтування концепції та параметрів адаптивних мехатронних систем енергозберігаючих технічних засобів зробили такі вчені, як Е. Б. Алієв, В. М. Яропуд та ін. [1]; значний внесок у розвиток інтелектуальних систем моніторингу та застосування цифрових технологій у галузі тваринництва зробили такі вчені, як С. В. Солона, О. І. Скоромна, Г. М. Огороднічук [6, 7]; машини та обладнання в тваринництві досліджували В. В. Іванишин, С. М. Грушецький та ін. [2], відзначивши, що застосування комплексної механізації, як відомо, вигідніше впроваджувати на великих спеціалізованих підприємствах з добре відпрацьованою технологією виробництва; тенденції розвитку галузі тваринництва в умовах цифрової трансформації вивчали такі вчені, як Х. О. Канівець, А. О. Коробченко та ін. [3].

Зарубіжні науковці. Д. Беркманс (D. Berckmans) [10] – один із засновників концепції *Precision Livestock Farming*, автор численних праць з моніторингу здоров'я тварин за допомогою звуку та відео; Г. Бернабуччі (G. Bernabucci) [9] – фахівець на рівні ферми Precision Livestock Extensive Farming (PLEF), включаючи використання носимих датчиків, обладнання для екологічного моніторингу та дистанційного зондування, що може широко застосовуватися у моніторингу виробництва, вирішенні управлінських задач, вирішенні логістичних викликів, підвищенні ефективності управління ресурсами і, нарешті, у процесах прийняття рішень; Д. Брум (D. Broom) [11] – розробник добробуту тварин: концепції та вимірювання; Д. Хан, Е. Вранкен (D. Khan, E. Vranken) [13; 19] – дослідник потенціалу технологій точного тваринництва для покращення добробуту тварин і громадського здоров'я; Н. Марков (N. Markov) [15] – фахівець з цифрових технологій, які є основою сучасних систем управління та оптимізації технологічних процесів у тваринництві; М. Тангора (M. Tangorra) [17] – прихильник інтернету речей (IoT): застосування сенсорів у тваринництві молочної худоби; А. Влайку (A. Vlaicu) [18] – автор наукових праць з розвитку технологій тваринництва – інтелектуальної систематизації для підвищення продуктивності, добробуту та сталого розвитку.

Мета дослідження – на основі аналізу досягнень вищевказаних учених систематизувати сучасні рішення у сфері автоматизації тваринництва, визначити раціональні параметри роботи ключових модулів та оцінити їхню економічну ефективність для сучасного агропідприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Автоматизація у тваринництві базується на переході від групового до індивідуального управління кожною твариною. Концепція Precision Livestock Farming (PLF) передбачає використання сенсорів для постійного моніторингу стану здоров'я, що дозволяє виявляти проблеми на ранніх стадіях.

Автоматизація процесів доїння та первинної обробки молока

Сучасні роботизовані доїльні установки (VMS – Voluntary Milking System) повністю змінюють логіку ферми.

Ці системи дозволяють коровам самостійно вибирати час доїння, що знижує стрес і підвищує надійність збору даних.

DeLaval VMS V300 / V310 (Швеція) (рис. 1). Особливості – використовує систему DeLaval InSight™ (3D-камера та лазер), яка самостійно знаходить дійки без участі людини. Модель V310 додатково оснащена модулем RePro, який автоматично визначає стадію охоти та вагітність за аналізом рівня прогестерону в молоці. Продуктивність – 3500 кг молока на добу з однієї установки.



Рис. 1. Доїльний робот DeLaval VMS V300/310 (Швеція) [5]

Lely Astronaut A5 (Нідерланди) (рис. 2). Особливості – гібридний маніпулятор забезпечує надзвичайно тиху роботу. Система оснащена датчиками для аналізу кольору, електропровідності та температури молока з кожної чверті вимені окремо. Перевага – система «швидкого під'єднання» скорочує час перебування корови в боксі, збільшуючи пропускну здатність.



Рис. 2. Доїльний робот Lely Astronaut A5 (Нідерланди) [14]

Автоматизовані системи годівлі (Feeding Systems)

Автоматизація годівлі забезпечує точність раціону та стимулює тварин до споживання корму протягом усієї доби.

Lely Vector (Автономний кормороздавач) (рис. 3). Це повністю автономний робот. Він самостійно забирає корми з «кормової кухні», змішує їх і розвозить по секціях. За допомогою лазерного датчика він визначає кількість залишків на кормовому столі та підсипає свіжу порцію лише там, де це потрібно. Ефект – зменшення витрат пального та підвищення конверсії корму на 5–8 %.

DeLaval OptiDuo (Робот-підгортач) (рис. 4). Він не просто підштовхує корм до кормової решітки, а перемішує його за допомогою подвійного шнека. Це робить корм привабливим для тварин і запобігає його сортуванню (виїданню лише смачних частин).

Системи інтелектуального моніторингу та сенсори

Цифрові «пастухи», які стежать за фізіологічним станом кожної особини в режимі реального часу.

Allflex (SCR) eSense Flex & cSense Flex (рис. 5). Технологія – смарт-нашийники та вушні бірки з акселерометрами. Вони фіксують час жуйки (румінації), рухову активність та час відпочинку. Сповіщення, якщо корова жує менше норми, система автоматично позначає її як «підозрілу на захворювання» у додатку на смартфоні фермера.

Nedap CowControl (рис. 6). Функція – визначає місцезнаходження тварини на фермі з точністю до метра. Допомагає швидко знайти потрібну корову для ветеринарного огляду або осіменіння.

Управління мікрокліматом та середовищем

Автоматизація, що забезпечує «добробут тварин» (Animal Welfare) та захищає від теплового стресу.



Рис. 3. Lely Vector (Автономний кормороздавач) [14]



Рис. 4. DeLaval OptiDuo (Робот-підгортач) [5]

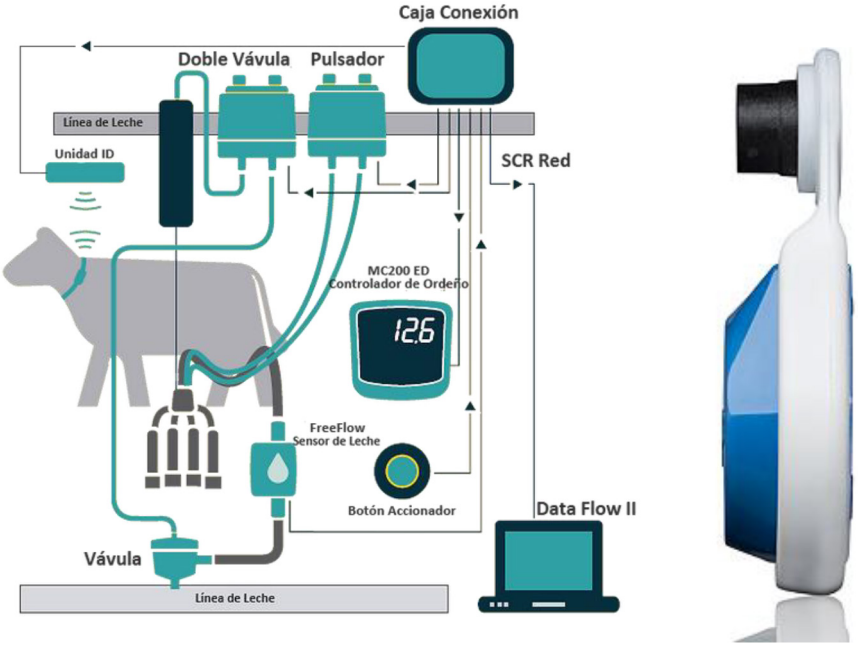


Рис. 5. Allflex (SCR) eSense Flex & cSense Flex [8]



Рис. 6. Nedap CowControl [16]

Big Dutchman 310pro (Клімат-контроль) (рис. 7). Система керує витяжними вентиляторами, автоматичними шторами на вікнах та системою дрібнодисперсного розпилення води (туманоутворення). Датчики вимірюють рівень NH_3 (аміаку) та вологості, адаптуючи швидкість вентиляції.

Big Dutchman 310pro – це високотехнологічний комп'ютер управління мікрокліматом, який забезпечує: автоматизацію вентиляції – регулювання припливних клапанів та витяжних вентиляторів на основі даних про температуру та вологість; контроль якості повітря – датчики CO_2 та NH_3 (аміаку) дозволяють системі підтримувати оптимальний склад повітря для здоров'я тварин; управління опаленням та охолодженням – інтеграція з калориферами та системами туманоутворення (CoolPad) для запобігання тепловому стресу; енергоефективність – адаптивні алгоритми знижують витрати електроенергії на 15–20 % порівняно з неавтоматизованими аналогами.



Рис. 7. Big Dutchman 310pro (Клімат-контроль) [4]

Система 310pro часто використовується як у птахівництві, так і у свинарстві завдяки своїй модульній конструкції та зручному інтерфейсу.

GEA SRone / SRone+ (Робот-скрепер) (рис. 8). Функція: автономність – робот рухається по заданому маршруту, керуючись вбудованими датчиками та магнітними мітками (або лазерною навігацією в нових моделях), і самостійно повертається на станцію зарядки; гігієна та здоров'я – регулярне чищення підлоги (до 20 разів на добу) значно знижує вологість у приміщенні та вміст аміаку, що безпосередньо покращує здоров'я копит тварин і якість молока; SRone+ (версія Плюс) – відрізняється підвищеною вантажопідйомністю та можливістю програмування складніших маршрутів для ферм із великою площею та нестандартним плануванням; безпека – робот рухається з низькою швидкістю, а вбудовані сенсори миттєво зупиняють його у разі контакту з твариною, що виключає ризик травмування.



Рис. 8. GEA SRone / SRone+ (Робот-скрепер) [12]

Порівняння ключових моделей показано в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняльна таблиця ключових моделей

Сфера	Модель	Основна перевага
Доїння	DeLaval VMS V310	Вбудований аналіз прогестерону (контроль відтворення)
Годівля	Lely Vector	Повна автономність від завантаження до роздачі
Моніторинг	Allflex (SCR)	Найточніший аналіз жуйки та активності
Гігієна	GEA SRone+	Працює 24/7 без шуму, не лякаючи тварин

Етичні аспекти та вплив автоматизації на добробут тварин (Animal Welfare)

У сучасному промисловому виробництві концепція добробуту тварин (**Animal Welfare**) трансформувалася із суто етичної категорії в науково обґрунтований складник технологічного процесу. Впровадження автоматизованих систем дозволяє реалізувати міжнародний стандарт «П'яти свобод», вперше сформульований Радою з добробуту сільськогосподарських тварин (FAWC) [11] (рис. 9):

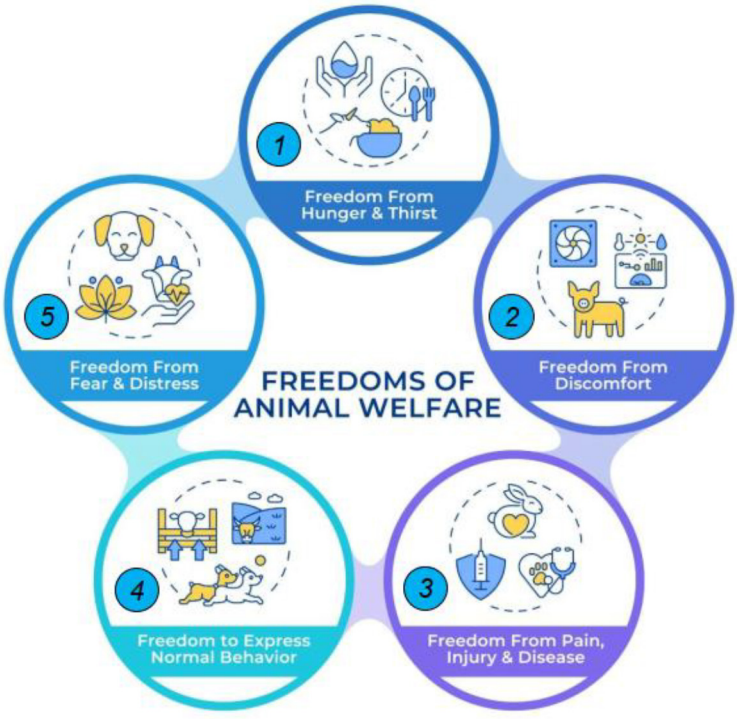


Рис. 9. Концепція добробуту тварин (Animal Welfare) [11]

1. **Свобода від спраги та голоду.** Автоматизовані кормороздавачі (наприклад, Lely Vector) та індивідуальні станції годівлі забезпечують тварин свіжим кормом та водою в режимі 24/7, що підтверджується дослідженнями [14] щодо ефективності автономних систем у молочному скотарстві. Точне дозування раціону на основі даних про продуктивність та стадію лактації кожної особини гарантує оптимальний поживний стан.

2. **Свобода від дискомфорту.** Інтелектуальні системи мікроклімату (Big Dutchman 310pro) адаптують температуру, вологість та вентиляцію під фізіологічні потреби тварин [1]. Це особливо критично для запобігання тепловому стресу, який є головною причиною зниження надоїв у літній період.

3. **Свобода від болю, травм і хвороб.** Завдяки сенсорам моніторингу (Allflex, Nedap) ветеринарний лікар отримує сповіщення про зміну активності або часу жуйки тварини за добу до появи клінічних ознак хвороби, описаних у [14]. Роботизоване гноєвидалення (GEA SRone) підтримує чистоту копит, що на 30–40 % знижує ризик виникнення кульгавості.

4. **Свобода природної поведінки.** На відміну від традиційного доїння в залах за графіком, роботизовані установки (DeLaval VMS) дозволяють корові самостійно вибирати час доїння, відпочинку та споживання корму, що відповідає її природним біоритмам [5].

5. **Свобода від страху і стресу.** Зменшення прямого контакту з людиною під час рутинних процесів знижує рівень тривожності тварин [10]. Дослідження показують, що у стадах, де працюють роботи, рівень кортизолу (гормону стресу) у тварин є суттєво нижчим.

Автоматизація перетворює ферму на середовище, орієнтоване на тварину. Це не лише покращує якість продукції (наприклад, зниження вмісту соматичних клітин у молоці), а й формує позитивний імідж агропідприємства як етичного та соціально відповідального виробника.

Висновки. На основі проведеного аналізу сучасного стану та перспектив розвитку цифрового тваринництва можна сформулювати такі висновки:

1. Технологічна трансформація галузі. Перехід до концепції Precision Livestock Farming (PLF) є ключовим чинником забезпечення конкурентоспроможності сучасного агробізнесу. Автоматизація дозволяє замінити суб'єктивні методи догляду за тваринами точними аналітичними даними, що базуються на об'єктивних показниках сенсорів у режимі реального часу.

2. Підвищення продуктивності та якості. Впровадження роботизованих систем доїння (таких як DeLaval VMS V310 або Lely Astronaut A5) та автономних кормороздавачів (Lely Vector) дозволяє збільшити продуктивність тварин на 15–25 %. Це досягається завдяки індивідуальному підходу до кожної особини, точній відповідності раціонів фізіологічним потребам та зниженню стресових факторів.

3. Превентивна ветеринарія та здоров'я. Використання інтелектуальних систем моніторингу (наприклад, Allflex SCR або Nedap CowControl) забезпечує ранню діагностику захворювань шляхом аналізу жуйки (румінації) та активності. Це дає змогу виявляти відхилення у стані здоров'я за 24–48 годин до появи клінічних симптомів, значно зменшуючи витрати на лікування та використання антибіотиків.

4. Економічна та екологічна ефективність. Автоматизація технологічних процесів веде до суттєвої економії ресурсів: зниження витрат кормів за рахунок точного дозування, скорочення енерговитрат на управління мікрокліматом та оптимізацію робочого часу персоналу. Крім того, системи автоматизованого гноєвидалення (GEA SRone) сприяють поліпшенню гігієни та екологічного стану ферми.

5. Роль цифрових екосистем. Стратегічним напрямом розвитку є інтеграція окремих автоматизованих модулів у єдині цифрові платформи управління фермою (DeLaval DelPro, Lely Horizon). Використання штучного інтелекту (ШІ) для аналізу Big Data дозволяє прогнозувати продуктивність стада, оптимізувати цикли відтворення та забезпечувати повну простежуваність походження продукції.

6. Соціальний аспект та добробут. Автоматизовані технології значно покращують умови праці персоналу, роблячи професію у тваринництві більш привабливою для молодих фахівців. Водночас забезпечується вищий рівень добробуту тварин (Animal Welfare) через дотримання концепції «п'яти свобод» у повністю контрольованому цифровому середовищі.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що повна автоматизація та цифровізація тваринництва є неминучим етапом еволюції галузі, який перетворює традиційне господарство на високотехнологічне підприємство майбутнього.

Список використаних джерел

1. Алієв Е. Б., Яропуд В. М., Білоус І. М. Обґрунтування складу енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарських приміщеннях. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 2 (97). С. 129–137. https://doi.org/10.37128/2306-8744-2020-2-14

2. Іванишин В. В., Грушецький С. М., Рудь А. В. Машини та обладнання в тваринництві : підручник. Кам'янець-Подільський : ПДАТУ : ТОВ «Друкарня «Рута»., 2021. 468 с. ISBN 978-617-8021-28-3.

3. Канівець Х. О., Коробченко А. О., Проценко С. В., Работинський А. М., Левченко М. В. Тенденції розвитку галузі тваринництва в умовах цифрової трансформації. *Таврійський науковий вісник. Серія : Сільськогосподарські науки*. 2021. № 121. С. 133–139. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.19

4. Офіційний сайт компанії Big Dutchman. URL: https://www.bigdutchman.com (дата звернення: 15.01.2026).

5. Офіційний сайт компанії «ДеЛаваль». URL: https://www.delaval.com (дата звернення: 15.01.2026).

6. Солона О. В. Застосування сучасних мехатронних систем та роботизованих комплексів у АПК України. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 3 (110). С. 71–76. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2020-3-7
7. Солона С. В., Скоромна О. І., Огороднічук Г. М. Застосування цифрових технологій у галузі тваринництва. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2023. № 4 (123)/2023. С. 43–50. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2023-4-5
8. Allflex Livestock Intelligence. (n.d.). URL: https://www.allflex.global (дата звернення: 15.01.2026).
9. Bernabucci G., et al. Precision livestock farming: Overview and future perspectives. *Italian Journal of Animal Science*. 2025. https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2480821
10. Berckmans D. General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, 2017. *7*(1), 6–11. https://doi.org/10.2527/af.2017.0102
11. Broom D. M. (1991). Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science*, 1991. *69*(10), 4167–4175. https://doi.org/10.2527/1991.69104167x
12. GEA Farm Technologies. (n.d.). URL: https://www.gea.com (дата звернення: 15.01.2026).
13. Khan D., et al. (2025). Exploring the potential of precision livestock farming technologies for animal health and welfare. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 2025. *12*(6). https://doi.org/10.36347/sjavs.2025.v12i06.001
14. Lely. (n.d.). URL: https://www.lely.com (дата звернення: 15.01.2026).
15. Markov N. T., Stoycheva S. T. E., Hristov M. S., Mondeshka L. I., & Markov T. N. Digital technologies in animal husbandry. *Tvarinnytstvo*, 2024. *10*, 7–21. https://doi.org/10.37617/2708-0617.2024.10.7-21
16. Nedap Livestock Management. (n.d.). URL: https://www.nedap-livestockmanagement.com (дата звернення: 15.01.2026).
17. Tangorra F. M., et al. Internet of Things (IoT): Sensors application in dairy cattle farming. *Animals*, 2024. *14*(21), 3071. https://doi.org/10.3390/ani14213071
18. Vlaicu P. A., et al. Advancing livestock technology: Intelligent systemization and automation solutions for enhanced productivity. *AgriEngineering,* 2024. *6*(2), 84. https://doi.org/10.3390/agriengineering6020084
19. Vranken E., & Berckmans D. Precision livestock farming for pigs. *Animal Frontiers*, 2017. *7*(1), 32–37. https://doi.org/10.2527/af.2017.0106

Hrushetskyi S. M.
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Agroengineering and Precision Agriculture
named after Mykhailo Samokysh,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *g.sergiy.1969@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-0487-6152*

Dubchak N. A.
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Machinery Use and Technologies in Agriculture,
Separate Structural Unit of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
"Berezhany Agrotechnical Institute"
Berezhany, Ukraine
E-mail: *dybchak1010@ukr.net*
ORCID: *0000-0003-3279-7897*

Linnik A. Yu.
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Machinery Use and Technologies in Agriculture,
Separate Structural Unit of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
"Berezhany Agrotechnical Institute"
Berezhany, Ukraine
E-mail: *linnik_andrij@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-3973-3733*

Dynia V. I.
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Machinery Use and Technologies in Agriculture,
Separate Structural Unit of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
"Berezhany Agrotechnical Institute"
Berezhany, Ukraine
E-mail: *dunyvolodya@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-0008-908X*

MODERN AUTOMATED TECHNOLOGIES IN ANIMAL HUSBANDRY

Abstract

The paper provides a comprehensive analysis and synthesis of the implementation of modern automation and digitalization tools in the livestock industry. The relevance of the study is driven by the necessity to increase the profitability of livestock production amidst global competition, a shortage of skilled labor, and rising demands for environmental sustainability and food quality. Automation is considered not merely as a means to replace manual labor but as a fundamental basis for implementing the concept of Precision Livestock Farming (PLF).

The primary focus is placed on integrated farm management systems based on the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and Big Data. The technological aspects of Robotic Milking Systems (VMS) are examined, which allow for minimizing the stress factor for animals, improving milk quality, and providing an individual approach to each animal. Automated feed distribution systems are investigated, ensuring precise ration dosing according to the physiological needs of the animals, which significantly reduces feed costs and increases conversion rates.

A crucial component of modern technologies is health and behavior monitoring systems. The use of intelligent sensors (accelerometers, rumination sensors, thermal cameras) enables real-time tracking of health status, reproductive cycle phases, and early signs of disease. This facilitates a transition from group to individual herd management, which is key to preventive veterinary medicine.

The automation of the microclimate in livestock buildings is analyzed separately. Modern intelligent ventilation, lighting, and manure removal systems operate autonomously, adapting to external weather conditions and internal environmental parameters, ensuring compliance with animal welfare requirements.

The study determines that the implementation of automated technologies allows for a 15–25 % increase in animal productivity, a reduction in the consumption of fuel, lubricants, and electricity, and ensures full traceability of product origin. It is concluded that the strategic direction of the industry's development is the creation of unified digital ecosystems that combine all technological processes – from crop production for feed to the sale of finished products – into a coherent automated complex with minimal human intervention.

Key words: *automation, precision livestock farming, robotics, IoT, herd monitoring, intelligent systems, productivity, animal welfare.*

References

1. Aliev, E. B., Yaropud, V. M., & Bilous, I. M. (2020). Obgruntuvannia skladu enerhozberihaiuchoi systemy zabezpechennia mikroklimatu v svynarskykh prymishchenniakh [Substantiation of the composition of energy-saving microclimate control systems in pig houses]. *Vibrations in Engineering and Technology, (2)*, 129–137. https://doi.org/10.37128/2306-8744-2020-2-14 [in Ukrainian].
2. Ivanyshyn, V. V., Grushetskyi, S. M., & Rud, A. V. (2021). Mashyny ta obladnannia v tvarynnytstvi: pidruchnyk [Machines and equipment in animal husbandry: textbook]. Kamianets-Podilskyi: PDATU: TOV "Drukarnia 'Ruta'". (ISBN 978-617-8021-28-3) [in Ukrainian].
3. Kanivets, Kh. O., Korobchenko, A. O., Protsenko, S. V., Rabotynskyi, A. M., & Levchenko, M. V. (2021). Tendentsii rozvytku haluzi tvarynnytstva v umovakh tsyfrovoyi transformatsii [Trends in the development of animal husbandry in the context of digital transformation]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk. Series: Agricultural Sciences, 121*, 133–139. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.19 [in Ukrainian].
4. Official website of Big Dutchman. (2026). Retrieved from: https://www.bigdutchman.com [in Ukrainian].
5. Official website of DeLaval. (2026). Retrieved from: https://www.delaval.com [in Ukrainian].
6. Solona, O. V. (2020). Zastosuvannia suchasnykh mekhatronnykh system ta robotyzovanykh kompleksiv u APK Ukrainy [Application of modern mechatronic systems and robotic complexes in Ukrainian agribusiness]. *Tekhnika, Enerhetyka, Transport APK, 3*(110), 71–76. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2020-3-7 [in Ukrainian].
7. Solona, S. V., Skoromna, O. I., & Ohorodnichuk, H. M. (2023). Zastosuvannia tsyfrovykh tekhnolohii u haluzi tvarynnytstva [Application of digital technologies in animal husbandry]. *Tekhnika, Enerhetyka, Transport APK, 4*(123), 43–50. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2023-4-5 [in Ukrainian].
8. Allflex Livestock Intelligence. (2026). Retrieved from: https://www.allflex.global [in English].
9. Bernabucci, G., et al. (2025). Precision livestock farming: Overview and future perspectives. *Italian Journal of Animal Science*. https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2480821 [in English].
10. Berckmans, D. (2017). General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers, 7*(1), 6–11. https://doi.org/10.2527/af.2017.0102 [in English].
11. Broom, D. M. (1991). Animal welfare: Concepts and measurement. *Journal of Animal Science, 69*(10), 4167–4175. https://doi.org/10.2527/1991.69104167x [in English].
12. GEA Farm Technologies. (2026). Retrieved from: https://www.gea.com [in English].
13. Khan, D., et al. (2025). Exploring the potential of precision livestock farming technologies for animal health and welfare. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences, 12*(6). https://doi.org/10.36347/sjavs.2025.v12i06.001 [in English].
14. Lely. (2026). Retrieved from: https://www.lely.com [in English].
15. Markov, N. T., Stoycheva, S. T. E., Hristov, M. S., Mondeshka, L. I., & Markov, T. N. (2024). Digital technologies in animal husbandry. *Tvarinnytstvo, (10)*, 7–21. https://doi.org/10.37617/2708-0617.2024.10.7-21 [in English].
16. Nedap Livestock Management. (2026). Retrieved from: https://www.nedap-livestockmanagement.com [in English].
17. Tangorra, F. M., et al. (2024). Internet of Things (IoT): Sensors application in dairy cattle farming. *Animals, 14*(21), 3071. https://doi.org/10.3390/ani14213071 [in English].
18. Vlaicu, P. A., et al. (2024). Advancing livestock technology: Intelligent systemization and automation solutions for enhanced productivity. *AgriEngineering, 6*(2), 84. https://doi.org/10.3390/agriengineering6020084 [in English].
19. Vranken, E., & Berckmans, D. (2017). Precision livestock farming for pigs. *Animal Frontiers, 7*(1), 32–37. https://doi.org/10.2527/af.2017.0106 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 19.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 004.415.2
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-35

Лебідь О. В.
доктор філософії з економіки,
старший викладач кафедри комп'ютерних наук та цифрової економіки,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна
E-mail: *sshlebid@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4253-8696*

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ: КЛЮЧОВІ МЕТОДОЛОГІЇ ТА ПІДХОДИ

Анотація

Розвиток напрямку тестування програмного забезпечення становить важливу складову сучасної інженерії програмних систем, яка має понад сімдесят років історії становлення та вдосконалення. Автоматизоване тестування як науково-прикладна дисципліна сьогодні відіграє ключову роль у підвищенні якості, надійності та стійкості програмних продуктів у різних сферах застосування. Це особливо актуально для національних інформаційних систем України, що функціонують в умовах цифрової трансформації, інтеграції з європейськими стандартами та посиленої потреби в захищених та безвідмовних рішеннях для державних, економічних і соціальних процесів.

У статті проведено системний аналіз і класифікацію основних видів тестування програмного забезпечення, включаючи функціональне, нефункціональне, модульне, інтеграційне, системне й регресійне тестування. Здійснено огляд сучасних підходів до автоматизації тестових процесів, що ґрунтуються на актуальних методологіях – зокрема, практиках Agile та DevOps, а також концепціях shift-left і shift-right, які забезпечують раннє виявлення дефектів і безперервну оцінку якості програмних модулів.

Особлива увага приділена опису рівнів автоматизованого тестування та технологічних засобів, що застосовуються у дослідженні: інструментальних фреймворків для автоматичного генерування тестів, середовищ безперервної інтеграції і доставки (CI/CD), а також практичній інтеграції з системами контролю версій. Проаналізовано переваги й обмеження автоматизованого тестування у контексті українських проєктів розробки програмного забезпечення, зокрема підкреслено важливість адаптації тестових стратегій до реалій обмежених ресурсів, динамічних змін вимог та необхідності оперативного впровадження змін.

Результати дослідження обґрунтовують, що впровадження автоматизованого тестування сприяє підвищенню ефективності інженерних процесів, мінімізації кількості помилок у продуктивних середовищах та зміцненню довіри до програмних продуктів як для внутрішніх користувачів, так і для міжнародних партнерів.

Ключові слова: *автоматизоване тестування, програмне забезпечення, якість програмного забезпечення, інформаційні системи, модульне тестування, методології тестування, автоматизація тестових процесів.*

Вступ. У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та зростання ролі інформаційних систем у функціонуванні економіки, державного управління й соціальної сфери питання забезпечення якості програмного забезпечення набуває особливої актуальності. Надійність, стабільність і безпека програмних продуктів є критичними чинниками ефективного функціонування як комерційних, так і державних інформаційних систем, особливо в умовах цифрової трансформації та інтеграції України до європейського інформаційного простору.

Однією з ключових складових процесу забезпечення якості програмного забезпечення є тестування, яке дозволяє виявляти дефекти, оцінювати відповідність програмних модулів функціональним і нефункціональним вимогам, а також мінімізувати ризики експлуатаційних збоїв. Із зростанням складності програмних систем та динамічності вимог традиційні підходи до ручного тестування втрачають ефективність, що зумовлює активний розвиток і впровадження автоматизованого тестування.

В українських реаліях автоматизація тестових процесів набуває особливого значення у зв'язку з необхідністю швидкого розгортання цифрових сервісів, обмеженістю ресурсів і підвищеними вимогами до безперервності роботи інформаційних систем. У цьому контексті дослідження сучасних методологій та підходів до автоматизованого тестування програмного забезпечення є важливим науково-практичним завданням.

Метою дослідження є аналіз та узагальнення сучасних методологій і підходів до автоматизованого тестування програмного забезпечення, а також визначення їх ролі у підвищенні якості та надійності програмних модулів інформаційних систем в умовах сучасного етапу розвитку інформаційних технологій.

Матеріали та методика досліджень. Матеріалами дослідження слугували наукові публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, присвячені проблемам тестування та забезпечення якості програмного забезпечення, нормативні й методичні джерела з інженерії програмного забезпечення, а також відкриті матеріали професійних спільнот і технічна документація сучасних інструментів автоматизованого тестування.

© Лебідь О. В., 2026

У процесі дослідження застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, зокрема: аналіз і синтез – для узагальнення теоретичних підходів до тестування програмного забезпечення; класифікацію – для систематизації видів, рівнів і методологій автоматизованого тестування; порівняльний аналіз – для оцінювання переваг і обмежень різних підходів та інструментів автоматизації; абстрагування та узагальнення – для формування висновків щодо ефективності застосування автоматизованого тестування в сучасних інформаційних системах.

Методологічну основу дослідження становлять принципи інженерії програмного забезпечення, концепції Agile та DevOps, а також сучасні підходи до безперервної інтеграції та доставки програмних продуктів. Отримані результати мають узагальнюючий характер і можуть бути використані як у наукових дослідженнях, так і в практичній діяльності фахівців з розробки та тестування програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Тестування програмного забезпечення є систематичним процесом аналізу програмного продукту та супровідної документації з метою виявлення дефектів, оцінювання відповідності заданим вимогам і підвищення загального рівня якості програмного рішення. У сучасних умовах розвитку інформаційних систем тестування розглядається як невід'ємна складова життєвого циклу програмного забезпечення, що безпосередньо впливає на надійність, безпеку та ефективність цифрових сервісів, які активно впроваджуються в Україні.

Залежно від способу виконання тестування поділяють на ручне та автоматизоване. Ручне тестування передбачає перевірку програмного забезпечення без використання спеціалізованих інструментів автоматизації та ґрунтується на діях і професійному досвіді тестувальника. До цього виду належать перевірка логіки роботи інтерфейсу, зручності користування, коректності відображення елементів і загальної поведінки системи. Автоматизоване тестування, своєю чергою, реалізується за допомогою програмних засобів, які виконують заздалегідь підготовлені тестові сценарії, що дає змогу значно підвищити швидкість, повторюваність і точність тестування [4].

Автоматизоване тестування доцільно впроваджувати в стабільних програмних продуктах або модулях, які часто використовуються та зазнають обмеженої кількості змін. За таких умов автоматизація є економічно обґрунтованою, оскільки зменшує витрати часу та людських ресурсів. Принципова відмінність між ручним і автоматизованим тестуванням полягає в рівні залежності від людського фактора: у ручному тестуванні результати значною мірою залежать від уважності та досвіду спеціаліста, тоді як автоматизовані тести можуть виконуватися багаторазово без безпосередньої участі людини та з однаковою точністю [4].

Усі види тестування програмного забезпечення доцільно умовно об'єднати в три групи [2; 4]:

1. *Функціональні види тестування* спрямовані на перевірку реалізації функцій програмного продукту та його взаємодії з іншими системами, включаючи перевірку відповідності вимогам, коректності обробки даних і базових аспектів безпеки.

2. *Нефункціональне тестування* орієнтоване на оцінювання характеристик, що піддаються вимірюванню, таких як продуктивність, масштабованість, зручність користування, надійність та відновлення після збоїв.

3. *Тестування, пов'язане зі змінами*, застосовується після модифікації коду та спрямоване на перевірку стабільності роботи системи; до нього належать регресійне тестування, перевірка базової працездатності системи та тестування готовності збірки до впровадження.

Процеси розробки та тестування програмного забезпечення є взаємопов'язаними, тому методології тестування тісно інтегруються з методологіями розробки. Під методологією тестування розуміють сукупність принципів, методів і підходів, що застосовуються під час планування, організації та виконання тестових робіт у межах проєкту.

Однією з класичних моделей організації процесу розробки та тестування є *каскадна модель (модель водоспаду)* [2]. Вона передбачає послідовне виконання етапів: формування вимог, аналіз і проєктування системи, реалізація програмного коду, тестування та приймання готового продукту. У межах цієї моделі команда тестування залучається вже на етапі формування вимог, де розробляється стратегія тестування, проте безпосереднє виконання тестів здійснюється після завершення етапу розробки.

Каскадна модель характеризується чіткою структурованістю та простотою управління, що є її основною перевагою (рис. 1). Водночас вона вимагає детального й повного визначення вимог на початковому етапі, що в умовах реальних проєктів, зокрема в українському цифровому середовищі, не завжди є можливим. Обмежена гнучкість і складність внесення змін роблять цю модель менш придатною для великих або динамічних інформаційних систем.

Ітеративна (ітераційна) модель розробки програмного забезпечення ґрунтується на поетапному створенні програмного продукту з багаторазовим повторенням циклів розробки, аналізу та вдосконалення отриманих результатів. Сутність цієї моделі полягає в тому, що програмний продукт створюється послідовними ітераціями, кожна з яких завершується аналізом досягнутих результатів і, за необхідності, коригуванням вимог, архітектурних рішень або функціональності [5].

Після завершення кожної ітерації обов'язково проводиться етап тестування, результати якого враховуються під час планування наступного циклу розробки. Такий підхід забезпечує раннє виявлення дефектів, підвищує керованість процесу створення програмного забезпечення та дає змогу більш точно прогнозувати обсяги і тривалість тестування на наступних етапах. В умовах сучасної розробки інформаційних систем в Україні ітеративна модель є особливо актуальною завдяки своїй гнучкості та здатності адаптуватися до змінних вимог (рис. 2).

У межах ітеративної моделі доцільно виділити чотири основні фази [1; 2].



Рис. 1. Узагальнена модель життєвого циклу каскадної методології розробки та тестування програмного забезпечення

Джерело: власна розробка автора



Рис. 2. Узагальнена модель життєвого циклу ітеративної методології розробки та тестування програмного забезпечення

Джерело: власна розробка автора

Фаза формування вимог є початковим етапом, під час якого здійснюється аналіз потреб замовника, цілей проєкту та вхідних даних. Результатом цієї фази є формування технічного завдання, що визначає ключові вимоги, пріоритети, порядок і строки розробки програмного продукту.

Фаза проєктування та розробки передбачає створення прототипу або концептуальної моделі майбутнього програмного рішення, після чого здійснюється безпосередня реалізація програмного коду відповідно до визначених вимог і проєктних рішень.

Фаза тестування та впровадження охоплює перевірку функціональної та нефункціональної відповідності програмного продукту, виявлення і усунення помилок, а також впровадження результатів ітерації в тестове або робоче середовище.

Фаза оцінювання є завершальним етапом ітерації, на якому здійснюється аналіз результатів розробки та тестування, оцінюється якість реалізованих рішень і приймаються рішення щодо доцільності подальших удосконалень у наступних циклах.

До основних переваг ітеративної моделі належить зниження ризиків, оскільки потенційні невідповідності між вимогами та реалізацією виявляються на ранніх етапах. Важливою перевагою є також налагодження ефективного зворотного зв'язку між учасниками проєкту та можливість швидкого отримання працездатних версій продукту з мінімальною кількістю критичних недоліків. Водночас недоліками моделі є підвищені вимоги до організації комунікації та те, що не всі типи вимог однаково добре піддаються ітеративному уточненню протягом усього життєвого циклу продукту.

Екстремальне програмування (Extreme Programming, XP) є однією з методологій гнучкої розробки програмного забезпечення, що передбачає короткі цикли розробки та активну взаємодію з замовником. Проєкт розбивається на невеликі, чітко визначені інженерні завдання, програмісти реалізують прості функціональні модулі та регулярно отримують зворотний зв'язок від замовника. На основі отриманих коментарів відбувається коригування вимог та подальша розробка [3].

Особливістю XP є парне програмування (pair programming) – методика, за якою весь код створюється двома програмістами на одному робочому місці. Це забезпечує кращу якість коду, підвищує його зрозумілість та полегшує підтримку. XP застосовується переважно у проєктах із високою динамікою змін вимог, де важливо швидко адаптувати програмне рішення до нових умов [6].

У XP тестування інтегровано безпосередньо у процес розробки. Основним інструментом є модульні тести (unit tests), які створюють самі розробники. Перший принцип полягає в тому, що кожен модуль має супроводжуватися модульним тестом, що забезпечує автоматичне регресійне тестування та своєчасне виявлення більшості помилок під час програмування. Другий принцип XP – тест визначає код: частина коду потрапляє до репозиторію лише після успішного проходження тестів.

До ключових переваг XP належать [4]: неперервна інтеграція – нові модулі одразу інтегруються в репозиторій, що дозволяє виявляти конфлікти на ранніх етапах та простота коду – завдяки парному програмуванню код залишається зрозумілим і легко підтримується.

Серед недоліків методології слід зазначити необхідність постійного залучення замовника, без чого ефективність розробки знижується. Крім того, парне програмування вимагає висококваліфікованих спеціалістів, яких не завжди легко знайти. Методологія XP найкраще застосовується для розробки програмного забезпечення з високою частотою змін вимог та потребою швидкої адаптації.

На рис. 3 представлено схему життєвого циклу Agile-методології, що демонструє інтеграцію розробки та тестування у рамках ітераційного процесу.



Рис. 3. Узагальнена модель екстремального програмування (Extreme Programming, XP)

Джерело: власна розробка автора

Agile-методологія є гнучким підходом до управління проєктами, що широко застосовується в малих і середніх командах розробників. Основою Agile є поділ проєкту на ітерації, постійне співробітництво між учасниками та безперервне вдосконалення продукту. Команди дотримуються циклу планування → виконання → оцінка, що дозволяє оперативно реагувати на зміни та оптимізувати процеси розробки [10].

Найпоширеніші підходи Agile – Scrum та Kanban. Основна відмінність Agile від традиційних методологій полягає в активній взаємодії багатофункціональних команд, відкритому спілкуванні, спільній роботі та довірі між учасниками процесу. Agile дозволяє інтегрувати тестування на всіх етапах розробки, що підвищує якість кінцевого продукту та скорочує час на виявлення помилок [7].

Методологія DevOps (Development and Operations) є сучасним підходом до організації процесів розробки та експлуатації програмного забезпечення, спрямованим на скорочення життєвого циклу проєктів та забезпечення безперервної поставки високоякісного програмного забезпечення (ПЗ) [9]. Основна ідея полягає у тісній інтеграції роботи розробників та фахівців з експлуатації інформаційних систем, що дозволяє ефективно координувати процеси створення та підтримки продукту.

Ключовими принципами DevOps є [6; 9]: *регулярна взаємодія та комунікація* – команда працює скоординовано, враховує потреби кожного члена та забезпечує своєчасне реагування на зміни; *неперервне розгортання* – поступове впровадження змін дозволяє оперативно доставляти продукт і при необхідності швидко скасовувати оновлення у разі виявлення помилок; *загальна відповідальність* – усі члени команди несуть відповідальність за результат, що стимулює колективну увагу до якості продукту; *виявлення та усунення проблем на ранніх етапах* – DevOps передбачає швидке виконання завдань у життєвому циклі, що дозволяє зменшити витрати часу на виправлення дефектів.

Важливим аспектом DevOps є неперервне тестування та удосконалення продукту. Процес працює наступним чином: після розгортання тестового середовища автоматично виконуються модульні тести (unit tests), які виявляють дефекти ще на ранньому етапі. Після успішного проходження модульних тестів продукт переходить на етап функціонального тестування, яке виконує спеціаліст із тестування. Такий підхід дозволяє зменшити тимчасові витрати на виявлення та усунення помилок, підвищити стабільність та надійність програмного забезпечення [9]. На рисунку 4 представлено схему життєвого циклу DevOps методології.

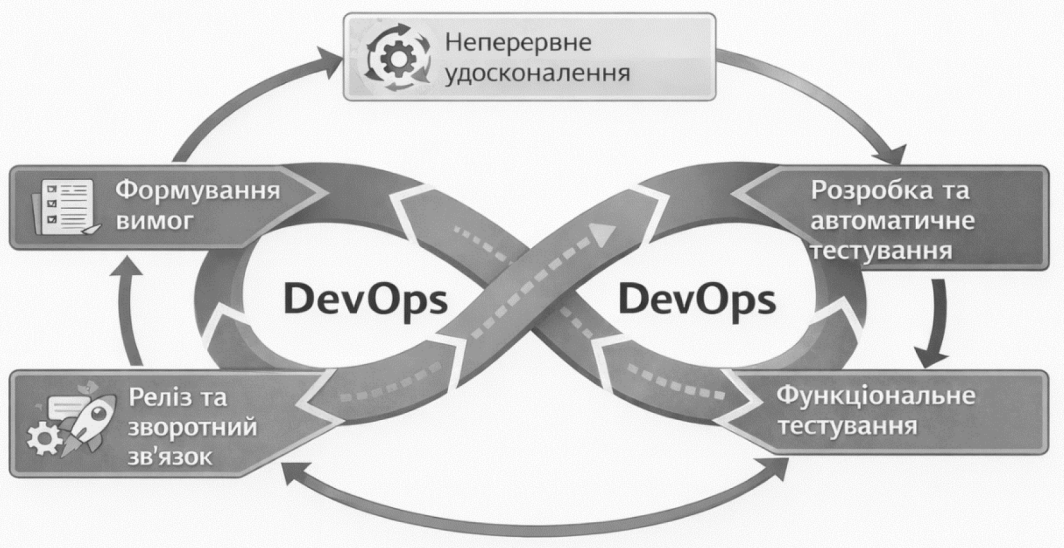


Рис. 4. Життєвий цикл DevOps методології

Джерело: власна розробка автора

До переваг методології DevOps належать [6; 8]:

- підвищення якості продукту за рахунок автоматизації процесів та швидкого виявлення дефектів;
- скорочення часу розробки та підвищення конкурентоспроможності продукту;
- колективна відповідальність за кінцевий результат, що сприяє більшій дисципліні та контролю на всіх етапах проєкту.

Серед недоліків слід зазначити необхідність високого рівня кваліфікації учасників команди, значні початкові витрати на автоматизацію процесів та потребу в ефективній організації комунікацій між усіма членами проєктної групи.

DevOps є особливо актуальною для українських IT-компаній, що працюють над проєктами з високою швидкістю змін вимог, інтеграцією з хмарними сервісами та потребою швидкого та надійного релізу програмних продуктів.

Швидкий розвиток інформаційних технологій спричиняє постійне створення нових програмних продуктів. Щоб програмне забезпечення залишалося конкурентоспроможним та економічно вигідним, необхідно забезпечувати його якість і безперервно контролювати його роботу. Тестування є невід'ємним етапом процесу розробки, а в умовах, коли системи постійно розширюються, оновлюються та активно експлуатуються, автоматизація тестування стає ключовим інструментом забезпечення якості та моніторингу стану програмних продуктів [7].

Для ефективного впровадження автоматизованого тестування важливо визначити, які саме елементи процесу підлягають автоматизації. Сучасні підходи до автоматизації тестування передбачають багаторівневу організацію тестів, що дозволяє оптимізувати ресурси команди розробників, скоротити час на виявлення дефектів та забезпечити стабільну якість продукту на всіх етапах життєвого циклу.

У літературі та практичних дослідженнях часто виділяють п'яту модель стратегічного розподілу автоматизованих тестів, відому як піраміда автоматизації тестів [13, с. 112–115]. Піраміда автоматизації тестів ілюструє оптимальне співвідношення між різними типами тестів (рис. 5) [9, с. 78–84]:

1. *Unit-тести (модульне тестування)* – розташовані в основі піраміди, їх має бути найбільше. Unit-тести забезпечують перевірку окремих функціональних блоків та компонентів системи, швидко виконуються і дозволяють раннє виявлення дефектів.
2. *Інтеграційні тести* – розташовані у середньому шарі піраміди. Вони перевіряють взаємодію між компонентами системи та дозволяють оцінити сумісність модулів та коректність обміну даними.
3. *Системні та енд-ту-енд тести* – розташовані на вершині піраміди, їх кількість мінімальна через високу вартість виконання. Вони забезпечують перевірку повної функціональності та відповідності системи вимогам замовника.



Рис. 5. Піраміда автоматизації тестів

Джерело: власна розробка автора

Такий підхід дозволяє досягти балансу між обсягом тестування та витратами на його виконання, сприяє ефективній автоматизації та підтримує стабільність продукту на всіх етапах розробки. Піраміда автоматизації тестів також слугує стратегічним інструментом при плануванні тестової діяльності, оскільки забезпечує пріоритетність модульних тестів і оптимізує ресурси для інтеграційного та системного тестування.

Перед початком автоматизації тестування необхідно визначитися з технологіями, побудувати план та проаналізувати існуючі підходи. Основне питання, яке слід вирішити: що саме підлягає автоматизації та яку мету вона переслідує? Відповідь на це питання визначає ефективність процесу та економічну доцільність автоматизації. Серед ключових рекомендацій для автоматизації виділяють [9]: тести, що виконуються при кожній збірці та релізі (регресійні, приймальні); тести з однаковим робочим процесом, але різними вхідними даними (аналітика граничних значень); тести, які потребують збору різної інформації (SQL-запити, низькорівневі атрибути сервісів); тести з великими обсягами даних; тести, що потребують багато часу або обмежені часовими рамками; тести на різних конфігураціях (операційні системи, версії збірки); тести, що потребують документування через скріншоти для доказової бази.

Перед проведенням детального аналізу технологій автоматизованого тестування було здійснено класифікацію існуючих підходів за критеріями повторного використання, складності впровадження та масштабу застосування. Визначено, що кожна методика має свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при побудові стратегії автоматизації тестів.

У таблиці 1 представлені ключові методи автоматизації тестування програмного забезпечення, їхні переваги та обмеження, а також приклади практичного застосування. Таке узагальнення дозволяє систематизувати підходи та забезпечити науково обґрунтований вибір технологій у конкретному проєкті.

Таблиця 1. Переваги та недоліки технологій автоматизованого тестування

Метод автоматизації	Переваги	Недоліки	Джерела/Приклади
Часткові рішення (Ad hoc scripts)	Швидка реалізація, використання будь-яких інструментів, простота написання коду	Відсутність універсальності, низька повторюваність, складність підтримки	Python, Bash, SQL
Data-Driven Testing (DDT)	Повторне використання тестів, зменшення надлишковості сценаріїв, зручне зберігання даних	Складна реалізація, ризик конфліктів між тестами, потребує рефакторингу при зміні логіки	CSV, Excel, бази даних
Keyword-Driven Testing (KDT)	Тестування UI без знання програмування, повторне використання ключових слів, розширене управління тестами	Високі ресурси на впровадження, потребує кваліфікованих співробітників, складне планування	Selenium IDE, Robot Framework
Record & Playback (R&P)	Простота створення автотестів, автоматизація рутинних дій, швидке прототипування	Лінійність сценаріїв, обмежена гнучкість, низька надійність, складність масштабування	Katalon Studio, Selenium IDE
Behaviour Driven Development (BDD)	Зрозумілі сценарії для бізнесу та розробників, інтеграція DevOps та CI/CD, спрощене створення тестів	Потребує дисциплінованого планування, узгоджені практики, додаткові ресурси	Cucumber, Rest-Assured, Gherkin

1. Часткові рішення (Ad hoc scripts). Даний підхід показує, що для кожного завдання створюється окремий скрипт на будь-якій високорівневій мові програмування. Наприклад, автоматизація наповнення бази даних тестовими даними:

```
import sqlite3

conn = sqlite3.connect('test_db.sqlite')
cursor = conn.cursor()
cursor.execute(«INSERT INTO users (name, email) VALUES (?, ?)», ('Test User', 'test@
example.com'))
conn.commit()
conn.close()
```

2. Data-Driven Testing (DDT). Дозволяє виконувати один і той же тест з різними наборами вхідних даних, що зберігаються поза тестом, наприклад у CSV:

```
import csv
import unittest

class TestLogin(unittest.TestCase):
  def test_login(self):
    with open('login_data.csv') as f:
      reader = csv.reader(f)
      for row in reader:
        username, password = row
        self.assertTrue(authenticate(username, password))
```

3. Keyword-Driven Testing (KDT). Розділяє створення тестів та їх виконання за ключовими словами, які описують дії користувача:

```
def execute_keyword(keyword, obj, value=None):
  if keyword == 'Click':
    click(obj)
  elif keyword == 'Input':
    input_text(obj, value)
```

4. Record & Playback. Тестові сценарії записуються на основі дій користувача. Приклад у Katalon Studio або Selenium IDE.

5. Behaviour Driven Development (BDD). Фокус на очікувану поведінку системи, зрозумілу для бізнесу і розробників. Приклад у Cucumber:

```
Feature: Login
  Scenario: Successful login
    Given user navigates to login page
    When user enters valid credentials
    Then user is redirected to dashboard
```

Проведений аналіз показує, що жодна технологія автоматизації не є універсальною. Оптимальна стратегія передбачає комбінування підходів:

- Unit-тести та DDT – забезпечують базову автоматизацію та надійність.
- KDT та BDD – дозволяють автоматизувати UI та поведінкові сценарії.
- Record & Playback – підходить для швидкого прототипування автотестів, але не для великомасштабних проєктів.

Комбіноване використання цих технологій дозволяє зменшити час на тестування, підвищити стабільність системи та забезпечити економічну доцільність автоматизації, що особливо актуально для розробки сучасного програмного забезпечення в Україні.

Висновки. У ході дослідження встановлено, що тестування програмного забезпечення є обов'язковою складовою процесу розробки інформаційних систем і суттєво впливає на рівень їх якості, надійності та стабільності. В умовах зростання складності програмних продуктів і динамічності вимог автоматизоване тестування розглядається як ефективний інструмент підвищення керованості та повторюваності тестових процесів.

Узагальнення наукових джерел дало змогу систематизувати основні види та рівні тестування програмного забезпечення, а також визначити їх роль у забезпеченні функціональної та нефункціональної відповідності програмних рішень. Розглянуті методології розробки і тестування демонструють тісний взаємозв'язок між процесами створення програмного коду та контролю його якості протягом усього життєвого циклу програмного забезпечення.

Аналіз підходів до автоматизації тестування підтверджує доцільність багаторівневої організації тестів та раціонального поєднання різних технологій автоматизації залежно від завдань проєкту. Використання структурованих моделей розподілу тестів сприяє оптимізації ресурсів і підвищенню ефективності тестових робіт. Отримані результати мають узагальнюючий характер і можуть бути використані як теоретична основа для подальших досліджень у сфері тестування програмного забезпечення, а також як методичні орієнтири при плануванні та організації тестових процесів у сучасних інформаційних системах.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці адаптивних моделей автоматизованого тестування з використанням методів штучного інтелекту та машинного навчання для підвищення ефективності виявлення дефектів. Доцільним є також дослідження інтеграції інструментів тестування з DevOps-практиками та CI/CD-середовищами з метою забезпечення безперервного контролю якості програмних продуктів. Окремої уваги потребує оцінювання економічної ефективності впровадження автоматизованого тестування в проєктах різного масштабу та складності.

Список використаних джерел

1. Бородіна О. О., Педченко О. І. Автоматизація тестування програмного забезпечення засобами фреймворків. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2018*: тези доповідей Тринадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 25–29 червня 2018 р.) / М-во освіти і науки України, Нац. Акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. Чернігів: ЧНТУ, 2018. С. 343–345. URL: https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/4364.
2. Hazin K. S., Volokyta A. M. Video game test automation approach. *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління»*. 2025. 2(47), 45–52. https://asac.kpi.ua/article/view/340165/328212
3. Киричек Г. М., Тягунова М. М., Курач А. В. Автоматизоване тестування веб-платформ з використанням Java та Selenium. *Інформаційні технології та суспільство*. 2021. № 3. С. 87–93. DOI: https://doi.org/ 10.32689/MAUP.IT.2022.1.4
4. Максимович М. В., Мичуда Л. З. Роль, проблеми та методи автоматизації тестування безпеки програмного забезпечення. *Computer systems and networks*. 2024. Vol. 6, No. 2. С. 131–140. DOI: https://doi.org/10.23939/csn2024.02.131
5. Мартинова О. В., Богач І. В. Методи тестування програмного забезпечення: автоматизація та її переваги. *Вісник Вінницького національного технічного університету*. 2020. № 4. С. 98–103. URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/44265
6. Суприган В. Дослідження стратегії багатоетапного розгортання програмного забезпечення з виключенням сторонніх ефектів. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: технічні науки. 2024. № 2 (333). С. 125–150. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-333-2-19
7. Цирульник С. М., Бородай Я. О., Ткачук В. М., Непийвода М. В. Програмне резервування мікропроцесорних систем. *Scientific Collection «InterConf», (49)*: with the Proceedings of the 2 nd International Scientific and Practical Conference «Theory and Practice of Science: Key Aspects» (April 7- 8, 2021). Rome, Italy: Dana, 2021. P. 611–621. DOI: https://doi.org/10.51582/interconf.7-8.04.2021.067
8. Ушакова І. О. Підходи до забезпечення якості програмного забезпечення. Сучасні інформаційні технології і системи: монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. Харків: «Стильіздат», 2021. С. 125-140.
9. Bass L., Weber I., Zhu L. DevOps: A Software Architect's Perspective. Boston : Addison-Wesley Professional, 2015. 368 p.
10. Brynza N., Lobanov K. Analysis of the effectiveness of software testing technologies for information systems. *SWorldJournal*. 2023. С. 11-22. DOI: https://doi.org/10.30888/2663-5712.2026-35-01-043
11. Martin R. C. *Clean Agile: Back to Basics*. Pearson / Addison-Wesley, 2019. 240 p.
12. Meszaros G. *xUnit Test Patterns: Refactoring Test Code*. Addison-Wesley Professional, 2007. 912 p.
13. Riccio V., Jahangirova G., Stocco A., Humbatova N., Weiss M., Tonella P. Testing machine learning based systems: a systematic mapping. *Empirical Software Engineering*, 2020. 25. С. 5193–5254. DOI: https://doi.org/10.1007/s10664-020-09881-0

Lebid O. V.
Doctor of Philosophy in Economics,
Senior Lecturer at the Department of Computer Science and Digital Economy,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine
E-mail: *sshlebid@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4253-8696*

AUTOMATION OF SOFTWARE TESTING: KEY METHODOLOGIES AND APPROACHES

Abstract

The development of software testing constitutes an important component of modern software systems engineering, with more than seventy years of formation and continuous improvement. Automated testing, as a scientific and applied discipline, today plays a key role in enhancing the quality, reliability, and resilience of software products across various application domains. This is particularly relevant for national information systems of Ukraine, which operate under conditions of digital transformation, integration with European standards, and an increased demand for secure and fault-tolerant solutions supporting public, economic, and social processes.

The article provides a systematic analysis and classification of the main types of software testing, including functional, non-functional, unit, integration, system, and regression testing. A review of modern approaches to test automation is conducted, based on current methodologies-specifically Agile and DevOps practices, as well as the shift-left and shift-right concepts, which enable early defect detection and continuous quality assessment of software modules.

Special attention is given to the description of levels of automated testing and the technological tools applied in the study, including framework-based tools for automated test generation, continuous integration and delivery (CI/CD) environments, and practical integration with version control systems. The advantages and limitations of automated testing are analyzed in the context of Ukrainian software development projects, with emphasis on the need to adapt testing strategies to constrained resources, dynamic changes in requirements, and the necessity for rapid implementation of updates.

The research results substantiate that the implementation of automated testing contributes to improving the efficiency of engineering processes, minimizing the number of errors in production environments, and strengthening trust in software products among both internal users and international partners.

Key words: *automated testing, software, software quality, information systems, unit testing, testing methodologies, test process automation.*

References

1. Borodina, O. O., & Pedchenko, O. I. (2018). Avtomatyzatsiia testuvannia prohramnoho zabezpechennia zasobamy freimvorkiv [Automation of software testing using frameworks]. *Matematychne ta imitatsiine modeliuvannia system. MODS 2018* : tezy dopovidei Trynadtsiatoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Chernihiv, 25–29 chervnia 2018 r.) / M-vo osvity i nauky Ukrainy, Nats. Akad. nauk Ukrainy, Akademiia tekhnolohichnykh nauk Ukrainy, Inzhenerna akademiia Ukrainy ta in. Chernihiv : ChNTU (pp. 343–345). https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/4364 [in Ukrainian].

2. Hazin, K. S., & Volokyta, A. M. (2025). Video game test automation approach. *Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk "Adaptyvni systemy avtomatychnoho upravlinnia"*, 2(47), 32–40. https://asac.kpi.ua/article/view/340165/328212 [in English].

3. Kyrychek, H. M., Tiahunova, M. M., & Kurach, A. V. (2021). Avtomatyzovane testuvannia veb-platform z vykorystanniam Java ta Selenium [Automated testing of web platforms using Java and Selenium]. *Informatsiini tekhnolohii ta suspilstvo – Information Technologies and Society*, 3, 87–93. DOI: https://doi.org/ 10.32689/MAUP.IT.2022.1.4 [in Ukrainian].

4. Maksymovych, M. V., & Mychuda, L. Z. (2024). Rol, problemy ta metody avtomatyzatsii testuvannia bezpeky prohramnoho zabezpechennia [The role, problems and methods of automation of software security testing]. *Computer Systems and Networks*, 6(2), 131–140. DOI: https://doi.org/10.23939/csn2024.02.131 [in Ukrainian].

5. Martynova, O. V., & Bohach, I. V. (2020). Metody testuvannia prohramnoho zabezpechennia: avtomatyzatsiia ta yii perevahy [Software testing methods: automation and its advantages]. *Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu – Bulletin of Vinnytsia National Technical University*, 4, 98–103. https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/44265 [in Ukrainian].

6. Supryhan, V. (2024). Doslidzhennia stratehii bahatoetapnoho rozhortannia prohramnoho zabezpechennia z vykliuchenniam storonnikh efektiv [Study of a multi-stage software deployment strategy excluding side effects]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriia: Tekhnichni nauky – Bulletin of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences Series*, 2(333), 125–150. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-19 [in Ukrainian].

7. Tsyrulnyk, S. M., Borodai, Ya. O., Tkachuk, V. M., & Nepyivoda, M. V. (2021). Prohramne rezervuvannia mikroprotsesornykh system [Software redundancy of microprocessor systems]. *Scientific Collection "InterConf", (49)*: with the Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference "Theory and Practice of Science: Key Aspects" (April 7–8, 2021). Rome, Italy: Dana, 611–621. https://doi.org/10.51582/interconf.7-8.04.2021.067 [in Ukrainian].

8. Ushakova, I. O. (2021). Pidkhody do zabezpechennia yakosti prohramnoho zabezpechennia [Approaches to software quality assurance]. In: V. S. Ponomarenko (Ed.), *Suchasni informatsiini tekhnolohii i systemy* (pp. 125–140). Kharkiv : Stylizdat [in Ukrainian].

9. Bass, L., Weber, I., & Zhu, L. (2015). DevOps: *A Software Architect's Perspective*. Boston : Addison-Wesley Professional, 368 p. [in English].

10. Brynza, N., & Lobanov, K. (2023). Analysis of the main problems of automated software testing. In: *Analysis of the effectiveness of software testing technologies for information systems*. *SWorldJournal*, 11–22. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2026-35-01-043 [in English].

11. Martin, R. C. (2019). Chystyi Agile: Povernennia do osnov [Clean Agile: Back to Basics]. *Pearson / Addison-Wesley*, 240 p. [in English].

12. Meszaros, G. (2007). Shablony modulnykh testiv: refaktorynh testovoho kodu [xUnit Test Patterns: Refactoring Test Code]. *Addison-Wesley Professional*, 912 p. [in English].

13. Riccio, V., Jahangirova, G., Stocco, A., Humbatova, N., Weiss, M., & Tonella, P. (2020). Testing machine learning based systems: a systematic mapping. *Empirical Software Engineering*, 25, 5193–5254. https://doi.org/10.1007/s10664-020-09881-0 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 631.816.3
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-36

Макаренко Д. О.
кандидат технічних наук,
доцент кафедри експлуатації машинно-тракторного парку,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Дніпро, Україна
E-mail: *makarenko.d.o@dsau.dp.ua*
ORCID: *0000-0002-3166-6249*

Дриваль С. В.
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Дніпро, Україна
E-mail: *10856193@dsau.dp.ua*
ORCID: *0009-0002-0133-0856*

ВИБІР РОЗПИЛЮВАЧІВ TEEJET ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОЛЬОВИХ ОБПРИСКУВАЧІВ

Анотація

Представлено комплексний аналіз структурних, технологічних та експлуатаційних характеристик найпоширеніших моделей розпилювачів TeeJet, включаючи: TTI60, Turbo TeeJet, Turbo TwinJet, Turbo TeeJet Induction, AI-3070, XR TeeJet, AIXR TeeJet та AIC TeeJet. Метою дослідження є обґрунтування раціонального вибору розпилювачів для польових обприскувачів з метою покращення якості внесення пестицидів та зменшення втрат робочих рідин за різних сільськогосподарських та екологічних умов. Особлива увага приділяється впливу конструкції розпилювача, кута розпилення, робочого тиску та матеріалу виготовлення на розподіл крапель за розміром, рівномірність розпилення та стійкість до зносу розпилення.

Аналіз включає порівняння робочих параметрів та експлуатаційних характеристик різних типів розпилювачів з урахуванням вимог до внесення гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів. Було виявлено, що форсунки інжекторного типу, зокрема AIXR TeeJet, AIC TeeJet та Turbo TeeJet Induction, забезпечують вищу стійкість до зносу вітром та утворюють більші, стабільніші краплі, що робить їх придатними для системних пестицидів та умов з підвищеним ризиком зносу. Натомість форсунки XR TeeJet та TTI60 демонструють вищу ефективність під час застосування контактних гербіцидів завдяки утворенню дрібніших крапель та покращеному покриттю поверхні листя. Дослідження також підкреслює важливість відповідності характеристик форсунок фізико-хімічним властивостям агрохімікатів, стадіям розвитку культур та погодним умовам.

Узагальнені результати показують, що правильний вибір форсунок значно підвищує біологічну ефективність застосування пестицидів, зменшує непродуктивні втрати рідин та покращує екологічну безпеку, мінімізуючи знос та забруднення ґрунту. Результати підтверджують, що сучасні технології обприскування TeeJet, особливо ті, що включають системи повітряної індукції, сприяють підвищенню точності нанесення, покращенню рівномірності покриття та підвищенню ефективності польових обприскувачів за різних агрономічних сценаріїв.

Ключові слова: *розпилювач, обприскувач, краплина, тиск, рівномірність розподілу, знос робочої рідини.*

Вступ. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають широке застосування засобів хімічного захисту рослин, ефективність яких значною мірою визначається якістю та рівномірністю нанесення робочої рідини на цільову поверхню. Ключову роль у цьому процесі відіграють розпилювачі, які забезпечують формування факела розпилення, розмірного складу краплин та їх просторового розподілу. Від конструкції розпилювача, принципу його роботи та режиму експлуатації залежить не лише рівень покриття рослин, але й величина знесення робочої рідини, втрати препарату та можливі екологічні ризики.

У практиці сільськогосподарського обприскування часто спостерігається проблема невідповідності між обраним типом розпилювача та умовами роботи або властивостями застосовуваних препаратів. Це призводить до нерівномірності покриття, зниження біологічної ефективності обробітку, перевитрати пестицидів і підвищення ризику забруднення довкілля. З огляду на динамічні зміни кліматичних умов, зростання вартості агрохімікатів та посилення вимог до екологічної безпеки технологій внесення ЗЗР питання раціонального вибору конструктивних параметрів розпилювачів стає дедалі важливішим.

Особливої актуальності набуває дослідження характеристик різних типів розпилювачів, визначення їх переваг та обмежень у роботі з гербіцидами, фунгіцидами й інсектицидами, а також встановлення оптимальних режимів експлуатації. Це дозволяє підвищити ефективність обприскування, мінімізувати непродуктивні втрати робочої рідини, забезпечити стабільність технологічного процесу та зменшити негативний вплив на довкілля.

© Макаренко Д. О., Дриваль С. В., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Проблемі удосконалення технології обприскування та покращення якості внесення робочих рідин присвячено значну кількість наукових праць як вітчизняних, так і закордонних. Питання підбору оптимальних типів розпилювачів, режимів роботи обприскувачів та впливу технологічних параметрів на якість розпилу є ключовими для забезпечення ефективного використання пестицидів та мінімізації негативного впливу на довкілля.

У працях В. П. Коваля [2] та О. І. Мележика [4] досліджено закономірності формування факела розпилу, вплив тиску рідини на дисперсність крапель, рівномірність покриття поверхні листка та втрати препарату внаслідок зносу. Автори доводять, що підвищення робочого тиску сприяє зменшенню середнього діаметра крапель, проте водночас підвищує ризик знесення препарату вітром, особливо у разі використання щілинних розпилювачів із малим кутом розпилу.

В. І. Кравчук [3] значну увагу приділяє класифікації розпилювальних систем, вимогам до формування краплин різної дисперсності, впливу конструктивних параметрів на якість внесення ЗЗР та особливостям роботи інжекторних розпилювачів у різних агротехнічних умовах. Підтверджує, що правильно підібрані розпилювачі суттєво підвищують рівномірність покриття рослин і знижують ризик небажаного знесення препарату, що повністю корелює з результатами сучасних досліджень.

Дослідження закордонних учених [6–9] підтверджують важливість адаптації параметрів розпилення до конкретних агротехнічних умов. Особлива увага приділена взаємозв'язку між швидкістю руху повітряного потоку, тиском подачі рідини, конструкцією розпилювача та утворенням крапель різної дисперсності. Встановлено, що використання індукційних розпилювачів та моделей із турбулентною стабілізацією струменя дозволяє суттєво знизити знесення робочої рідини і покращити якість покриття навіть за складних погодних умов.

Згідно з міжнародними стандартами ДСТУ ISO 5682-2:2019 [1] та ASABE S572.1 [5], основними критеріями вибору розпилювачів є тип факела розпилу, середній діаметр крапель, рівномірність поперечного розподілу робочої рідини та стійкість до вітрового знесення.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи польових обприскувачів шляхом науково обґрунтованого вибору типів розпилювачів TeeJet на основі аналізу їх конструктивних особливостей, технічних характеристик та експлуатаційних можливостей. Для досягнення цієї мети передбачено систематичне вивчення впливу конструкції, режимів роботи та матеріалів виготовлення різних моделей розпилювачів на формування факела розпилення, дисперсність краплин, рівномірність покриття цільової поверхні та стійкість до знесення вітром.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сучасному ринку сільськогосподарської техніки провідне місце посідають розпилювачі виробництва компанії TeeJet Technologies [10], які широко застосовуються у технологіях внесення пестицидів, гербіцидів, рідких добрив та регуляторів росту. Високий рівень інженерного опрацювання конструкцій цих розпилювачів забезпечує стабільність параметрів факела розпилу, точність дозування робочої рідини та підвищену стійкість до зовнішніх чинників, зокрема до впливу вітру й зміни тиску у системі.

Асортимент продукції TeeJet охоплює широкий спектр моделей – від стандартних щілинних розпилювачів до індукційних систем із повітряним змішуванням, що дозволяють формувати краплі різного діаметра та зменшувати ризик знесення препарату. Конструктивне різноманіття розпилювачів (серії XR, AIXR, AIC, TTI, Turbo TeeJet, Turbo TwinJet, AI-3070 тощо) забезпечує можливість їх адаптації під різні технологічні умови як під час ґрунтового, так і під час післясходового внесення препаратів.

Основні розпилювачі TeeJet, які представлені на ринку, разом із загальною характеристикою наведені в таблиці 1.

Аналіз технічних характеристик показує, що робочий тиск розпилювачів коливається в межах 0,15–1,15 МПа, що дозволяє застосовувати їх як для делікатних технологій післясходового внесення препаратів, так і для інтенсивного обробітку великих площ. Кут розпилу більшості моделей становить 110°, що забезпечує рівномірне покриття поверхні, тоді як окремі моделі XR TeeJet та AIC TeeJet можуть працювати при куті 80° та 110° для регулювання ширини смуги розпилу. Матеріали виготовлення включають полімери, кераміку, сталь і латунь, що забезпечує стійкість до абразивного зносу та хімічної корозії і визначає довговічність розпилювачів.

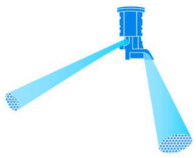
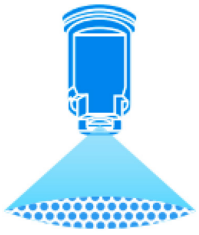
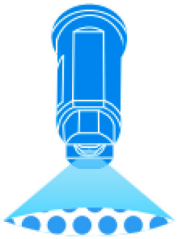
Моделі TTI60, Turbo TeeJet, Turbo TwinJet та Turbo TeeJet Induction виготовлені переважно з полімерних і керамічних матеріалів, що гарантує стійкість до агресивних рідких середовищ.

TTI60 характеризується стабільним конічним факелом розпилу та високою точністю покриття, Turbo TeeJet забезпечує дрібнодисперсний розпил із покращеним покриттям листової поверхні, а Turbo TwinJet завдяки двом факелам розпилу дозволяє обробляти більшу площу за один прохід. Модель Turbo TeeJet Induction додатково оснащена індукційною технологією, яка покращує змішування рідких препаратів із водою та зменшує утворення осаду. Розпилювач AI-3070 має просту конструкцію, забезпечує ефективне розпилення у разі середніх тисків і відзначається економічністю використання. Моделі XR TeeJet, AIXR TeeJet та AIC TeeJet відрізняються високою точністю розпилення та універсальністю завдяки поєднанню матеріалів і можливості регулювання кута розпилу, що дозволяє ефективно використовувати їх для різних типів агрохімікатів.

Таблиця 2 демонструє ефективність різних типів розпилювачів TeeJet у застосуванні гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів, а також їхню здатність протидіяти знесенню рідини вітром та забезпечувати ґрунтове внесення.

Аналіз застосування розпилювачів показує, що їх ефективність значною мірою залежить від типу препаратів. Розпилювачі TTI60 та XR TeeJet забезпечують найкраще покриття для контактних гербіцидів, тоді як моделі AIXR TeeJet, AIC TeeJet та Turbo TeeJet Induction оптимально розподіляють системні препарати. Turbo TwinJet

Таблиця 1. Характеристика розпилювачів TeeJet [10]

Тип розпилювача	Загальний вигляд	Робочий тиск, МПа	Вид факела розпила	Кут розпилу, град.	Матеріал виготовлення
TTI60		0,2–1,0		110	Полімер
Turbo TeeJet		0,15–0,9		110	Полімер, кераміка
Turbo TwinJet		0,2–0,9		110	Полімер
Turbo TeeJet Induction		0,15–1,0		110	Полімер
AI-3070		0,2–0,9			Полімер
XR TeeJet		0,15–0,6		80 110	Сталь, кераміка, полімер, латунь
AIXR TeeJet		0,15–0,9		110	Полімер, кераміка
AIC TeeJet		0,3–1,15		80 110	Сталь

Таблиця 2. Застосування розпилювачів TeeJet

Тип розпилювача	Гербіциди			Фунгіциди		Інсектициди		Стійкість до зносу вітром
	Ґрунтове внесення	Післясходове		К	С	К	С	
		К*	С*					
TTI60	+++*		+++		+++		+++	+++
Turbo TeeJet		++*	++	++	++	++	++	++
Turbo TwinJet	+*	+	+++	+	+++	+	+++	++
Turbo TeeJet Induction	+++		+++		+++		+++	+++
AI-3070		++	++	+++	++	+++	++	+++
XR TeeJet		+++	+	+++	+	+++	+	+
AIXR TeeJet	++	+	+++	+	+++	+	+++	+++
AIC TeeJet	++	+	+++	+	+++	+	+++	+++

Примітка: К* – контактні; С* – системні; + – добре; ++ – дуже добре; +++ – відмінно

демонструє комбіновану ефективність, що дозволяє використовувати його як для контактних, так і для системних препаратів із високим рівнем покриття. Моделі Turbo TeeJet Induction і AIXR TeeJet відзначаються високою стійкістю до зносу рідини вітром та рівномірним внесенням препаратів на ґрунт і післясходово, що забезпечує точність технологічного процесу та мінімізацію втрат хімікатів.

Висновки. У результаті проведеного аналізу конструктивних, технологічних та експлуатаційних характеристик розпилювачів TeeJet встановлено, що різні моделі цього виробника значно відрізняються за призначенням, робочими параметрами та ефективністю застосування у конкретних агротехнічних умовах. Це підтверджує необхідність науково обґрунтованого вибору розпилювачів під час проведення хімічного захисту рослин.

Загалом результати дослідження підтверджують, що розпилювачі TeeJet є технічно досконалими та універсальними засобами для внесення агрохімікатів, а їх грамотний підбір та застосування дозволяє істотно підвищити якість і точність технологічного процесу хімічного захисту рослин. Використання сучасних конструкцій, особливо інжекторних моделей, сприяє підвищенню екологічної безпеки, мінімізації втрат препаратів і забезпеченню стабільних показників роботи обприскувального обладнання.

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO 5682-2:2019. Устаткування для захисту рослин. Обприскувальне устаткування. Частина 2. Методи випробовування гідравлічних обприскувачів [Чинний від 2019-01-11]. Вид. офіц. Київ. 2019. 11 с.

2. Коваль В. П., Мележик О. І. Обприскування відцентровими розпилювачами Роса. *Техніка і технології АПК*. 2011. № 11, 12.

3. Машини для хімічного захисту рослин / за ред. Кравчука В. І., Войтюка Д. Г. Дослідницьке. 2010. 184 с.

4. Мележик О. І. Покращення дисперсності розпилення пестицидів : дис.... канд. техн. наук : 05.05.11. Дніпро, 2009. 180 с.

5. ASABE Standard S572.1: Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. The American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2009.

6. Czaczyk Z. Influence of air flow dynamics on droplet size in conditions of air-assisted sprayers. *Atomization and Sprays*. 2012. Vol. 22, No. 4. P. 275–282. DOI: https://doi.org/10.1615/AtomizSpr.2012003788

7. Joshua A. McGinty, Gaylon D. Morgan, Peter A. Dotray, and Paul A. Baumann. Herbicide Formulation, Spray Nozzle Design, and Operating Pressure Affects the Droplet Size Spectra of Agricultural Sprays. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2019. № 38 (3). P. 1–7. DOI: https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v38i330304

8. Nuyttens D., De Schampheleire M., Verboven P., Brusselman E. Droplet Size and Velocity Characteristics of Agricultural Sprays Transactions of the ASAE. *American Society of Agricultural Engineers*. 2009. № 52(5). P. 1471–1480. DOI: https://doi.org/10.13031/2013.29127

9. Santosh, Sunil Shirwal, Sushilendra, Raghavendra V., Mareppa H., and Vinutha K. Assessment of Nozzle Spray Characteristics for Agriculture Spraying. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. № 13 (12). P. 527–536. DOI: https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i123710

10. TeeJet Technologies. URL: https://www.teejet.com/ (дата звернення: 29.10.2025).

Makarenko D. O.
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Machinery and Tractors Operation,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine
E-mail: *makarenko.d.o@dsau.dp.ua*
ORCID: *0000-0002-3166-6249*

Dryval S. V.
Postgraduate Student at the EIP "Industrial Mechanical Engineering",
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine
E-mail: *10856193@dsau.dp.ua*
ORCID: *0009-0002-0133-0856*

SELECTION OF TEEJET NOZZLES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FIELD SPRAYERS

Abstract

The article presents a comprehensive analysis of the structural, technological, and operational characteristics of the most widely used TeeJet spray nozzle models, including TTI60, Turbo TeeJet, Turbo TwinJet, Turbo TeeJet Induction, AI-3070, XR TeeJet, AIXR TeeJet, and AIC TeeJet. The study aims to substantiate the rational selection of spray nozzles for field sprayers in order to improve the quality of pesticide application and reduce losses of working fluids under various agricultural and environmental conditions. Special attention is paid to the influence of nozzle design, spray angle, operating pressure, and material of manufacture on droplet size distribution, spray fan uniformity, and resistance to spray drift.

The analysis includes a comparison of operating parameters and performance characteristics of different nozzle types, taking into account the requirements for the application of herbicides, fungicides, and insecticides. Injector-type nozzles, particularly AIXR TeeJet, AIC TeeJet, and Turbo TeeJet Induction, were found to ensure higher resistance to wind drift and form larger, more stable droplets, making them suitable for systemic pesticides and conditions with increased drift risk. In contrast, XR TeeJet and TTI60 nozzles demonstrate higher efficiency when applying contact herbicides due to the formation of finer droplets and improved leaf surface coverage. The study also highlights the importance of matching nozzle characteristics to the physicochemical properties of agrochemicals, crop development stages, and weather conditions.

The summarized results indicate that proper nozzle selection significantly enhances the biological effectiveness of pesticide application, reduces non-productive losses of liquids, and improves environmental safety by minimizing drift and soil contamination. The findings confirm that modern TeeJet spraying technologies, especially those involving air-induction systems, contribute to higher precision of application, improved uniformity of coverage, and enhanced efficiency of field sprayers under diverse agronomic scenarios.

Key words: *nozzle, sprayer, droplet, pressure, distribution uniformity, spray drift.*

References

1. *Ustatkuvannia dlia zakhystu roslyn. Obpryskuvalne ustatkuvannia. Chastyna 2. Metody vyprobovuvannia hidravlichnykh obpryskuvachiv* [Equipment for crop protection. Spraying equipment. Part 2: Test methods for hydraulic sprayers] (2019). DSTU ISO 5682-2:2019 from 1st November. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

2. Koval, V. P., & Melezhyk, O. I. (2011). Obpryskuvannia vidtsentrovymy rozpyluvachamy Rosa [Spraying with centrifugal nozzles Rosa]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, 11, 12 [in Ukrainian].

3. Kravchuk, V. I., & Voitiuk, D. H. (Eds.). (2010). *Mashyny dlia khimichnoho zakhystu roslyn* [Machines for chemical plant protection]. UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho [in Ukrainian].

4. Melezhyk, O. I. (2009). *Pokrashchennia dyspersnosti rozpylennia pestytsydiv* [Improving the dispersion of pesticide spraying]. Candidate's thesis. Dnipro [in Ukrainian].

5. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra (2009). ASABE Standard S572.1. The American Society of Agricultural and Biological Engineers.

6. Czaczyk, Z. (2012). Influence of air flow dynamics on droplet size in conditions of air-assisted sprayers. *Atomization and Sprays, 22*(4), 275–282. https://doi.org/10.1615/AtomizSpr.2012003788

7. McGinty, J. A., Morgan, G. D., Dotray, P. A., & Baumann, P. A. (2019). Herbicide formulation, spray nozzle design, and operating pressure affects the droplet size spectra of agricultural sprays. *Journal of Experimental Agriculture International, 38*(3), 1–7. https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v38i330304

8. Nuyttens, D., De Schampheleire, M., Verboven, P., & Brusselman, E. (2009). Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. *Transactions of the ASAE, 52*(5), 1471–1480. https://doi.org/10.13031/2013.29127

9. Santosh, S., Shirwal, S., Sushilendra, R., Raghavendra, V., Mareppa, H., & Vinutha, K. (2023). Assessment of nozzle spray characteristics for agriculture spraying. *International Journal of Environment and Climate Change, 13*(12), 527–536. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i123710

10. *Official website* "TeeJet Technologies". Retrieved from: https://www.teejet.com/

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 16.12.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 12.01.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 621.793.182
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-37

Федірко П. П.
кандидат технічних наук, доцент,
асистент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *pavlo.fedirko@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-3724-8937*

Дуганець В. І.
кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *duhanetsvi@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2946-2850*

Оленюк О. А.
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *alexander.olenyuk@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-1463-076X*

Бончик В. С.
кандидат технічних наук, доцент,
асистент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *vitaliy-bonchik@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-9155-2465*

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Анотація

На основі аналізу умов експлуатації та переважаючого характеру зносу широкої номенклатури деталей сільськогосподарської техніки запропоновано класифікацію зміцнюваних і відновлюваних електроіскровим методом об'єктів та описано методологічні та технологічні особливості обробки для збільшення їх зносостійкості та ресурсу.

У статті розглянуто спосіб підвищення ресурсу (довговічності) робочих органів сільськогосподарських машин. Традиційно, робочі органи зношені до граничного розміру підлягають відновленню, а деталі з граничним зносом обробляються під найближчий ремонтний розмір. Недоліком такої технології є те, що при цьому допускається занадто великий діапазон між ремонтними розмірами, а це призводить до значного зниження ресурсу робочих органів. Авторами на основі аналізу умов експлуатації та переважаючого характеру зносу широкої номенклатури деталей сільськогосподарської техніки запропоновано класифікувати об'єкти, зміцнювані електроіскровим методом, та описати технологічні й методологічні особливості електроіскрової обробки для підвищення їхньої зносостійкості та ресурсу.

Також проаналізовано сильні й слабкі сторони методу електроіскрового легування, перспективи розвитку та небезпеки, що супроводжують цю технологію. Виявлено шляхи збільшення товщини формованого покриття на зношених сталевих поверхнях деталей автомобілів. Експериментальними дослідженнями встановлено, що застосування електродів на основі карбіду вольфраму та карбіду титану з добавками компонентів, що утворюють з матеріалом поверхні необмежені тверді розчини та виконують роль флюсів, дозволяє формувати леговані покриття з максимальною товщиною.

Ключові слова: *електроіскрова обробка, електроіскрове легування, покриття, деталі, тертя, знос, зміцнення, зносостійкість, напруга, мікроструктура, сільськогосподарські машини, зношування, поверхневий шар, мікротріщини.*

© Федірко П. П., Дуганець В. І., Оленюк О. А., Бончик В. С., 2026 pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Вступ. Робота машин та механізмів сільськогосподарської техніки нерозривно пов'язана з силовими, абразивними, тепловими, хімічними та іншими видами впливу на робочі поверхні. Ці впливи, у процесі експлуатації машин, призводять до зміни розмірів деталей і втрати їх експлуатаційних властивостей. Збільшення ресурсу деталей та економічно доцільне відновлення їх працездатності є одним із найбільш актуальних завдань машинобудівного та ремонтного виробництв.

Одним із напрямків розвитку сільськогосподарського машинобудування є впровадження технологічних процесів, що підвищують ресурс робочих органів, при збережені економічності їх виготовлення. До таких процесів можна віднести електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхні виробів, що дозволяють створювати поверхнево-активний шар з високими механічними властивостями [1; 4].

Забезпечення високих технологічних та економічних показників процесів поверхневого зміцнення значною мірою залежить від правильного вибору самої операції електрообробки, її режимів та способів впливу даної обробки на матеріали, що зміцнюються.

До деталей, що працюють в умовах високих контактних тисків і швидкостей відносного ковзання при одночасному накладенні різних вібрацій і ударів, пред'являються підвищені вимоги за такими критеріями, як зносостійкість, втомна довговічність, залишковий ресурс, контактна жорсткість, а також корозійна стійкість. Дані критерії іноді взаємно виключають, що утруднює вибір операції для поверхневого зміцнення.

Працездатність та ресурс деталей залежать від багатьох факторів, до яких належать якісні характеристики цих об'єктів та умови їх експлуатації. Умовно ці фактори можна розділити на фактори зовнішнього впливу та внутрішні. До останніх факторів віднесемо якісні характеристики деталей, які визначаються, головним чином властивостями міцності матеріалу, з якого вони виготовлені, так і властивостями міцності поверхневого шару, а також параметрами рельєфу робочої поверхні.

Мета роботи – створення класифікації об'єктів зміцнення та відновлення електроіскровим методом та виявлення для кожної групи об'єктів методологічних та технологічних особливостей електроіскрової обробки з урахуванням руйнівної дії на робочі поверхні основних зовнішніх факторів та переважних видів зносу. Робота спрямована на створення закономірностей, що дозволяють спростити розробку зміцнювальної та відновлювальної технології в межах технологічних можливостей електроіскрового методу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зношування та втрата працездатності деталей різного призначення часто пов'язані зі змінами в поверхневому шарі, що відбуваються в процесі їх експлуатації. У табл. 1 наведено результати аналізу переважаючих видів зносу різних об'єктів з урахуванням руйнівної дії на робочі поверхні основних зовнішніх факторів.

Причини виходу з ладу ріжучих елементів. Статистичні дані показують, що через знос і корозію із ладу вибувають до 80 % деталей, а через поломки (включаючи руйнування від утомленості) – 20–30 % деталей і робочих органів сільськогосподарських машин (табл. 1). Поломки деталей можуть виникати не тільки внаслідок великих ударних навантажень при роботі машин, але і від втрати міцності при зносі та корозії. Знос деталей в основному обумовлений абразивно-корозійно-механічним зношуванням.

Вирішення задачі підвищення зносостійкості і довговічності ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин шляхом їх зміцнення повинно базуватися на розроблених кількісних методах оцінки умов роботи.

У таблиці 1 наведений ряд типових деталей, що підлягають зміцненню та відновленню електроіскровим способом. Вони працюють в умовах, які в широких межах різняться по силовому та тепловому впливу на робочі поверхні, наявності контакту з твердими елементами, агресивними середовищами та інше. Ці умови визначають характерні види зношування поверхонь: абразивний, адгезійний, втомний, корозійний, ерозійний, водневий та ін.

Основою успішного універсального застосування ЕІЛ (табл. 1) є можливість варіювання електричними режимами, електродними матеріалами, тривалістю обробки [3]. У результаті забезпечується керування експлуатаційними властивостями покриттів, їх товщиною в межах від декількох мікрометрів до 1мм і більше, а також можливість створення нового рельєфу поверхні підвищеної міцності і зносостійкості.

У роботі на базі теоретичного аналізу та практичного досвіду з урахуванням даних таблиці 1 пропонуються основні принципи обробки різних об'єктів, які прийняті у якості методологічної основи для електроіскрової зміцнюючої обробки. Наведена класифікація об'єктів застосування ЕІЛ створена з урахуванням широких технологічних можливостей цього методу та специфічних умов експлуатації робочих поверхонь різних деталей.

Згідно з дослідженнями, весь масив об'єктів, зносостійкість та загальний ресурс яких можна ефективно збільшити шляхом електроіскрової обробки, умовно поділено на три групи [6]. Тобто на об'єкти, робочі поверхні яких перебувають у контакті з металами, з неметалевими матеріалами та з рідинами або газами. Зазначені групи об'єднують об'єкти, що відрізняються умовами експлуатації. Проаналізуємо для кожної групи об'єктів основні принципи збільшення зносостійкості та ресурсу, які можуть бути основою для розробки електроіскрових технологій.

До поверхонь, що контактують з металами, *належать*: малонавантажені поверхні ковзання пар тертя різних механізмів і агрегатів; середньонавантажені поверхні нерухомих з'єднань; посадкові поверхні під підшипники кочення, вали, осі й корпусні деталі.

До факторів, що ініціюють знос таких поверхонь, належать: локальне силове навантаження, адгезійна взаємодія матеріалів пари тертя, наявність на поверхні контакту твердих елементів, наявність на поверхні контакту

Таблиця 1. Умови експлуатації та характер зносу деталей і робочих органів сільськогосподарських машин

№ з/п	Тип деталі	Умови експлуатації	Вид зношування. Причини виходу з ладу
1	Деталі ріжучих апаратів, шнеки, сегменти жаток	При переміщенні в рослинній масі, що вміщує абразив	Абразивне зношування. *Результат*: затуплення кромки, поломки при ударах, втомне руйнування
2	Деталі подрібнюючих барабанів	При подрібненні рослинної маси	Абразивне, корозійно-механічне. *Результат*: затуплення кромки, поломки при ударах, втомне руйнування
3	Поверхні деталей, що працюють в умовах нерухомих з'єднань: а) зовнішні (вал, вісь); б) внутрішні (корпус).	Багатоцикловий вплив малих та середніх тисків при мікропереміщеннях у контакті з іншими деталями	Зміна розмірів робочої поверхні, механічний, втомний та фреттинг-знос. *Результат*: зниження щільності контакту зі сполученою деталлю по периметру з'єднання
4	Деталі, поверхні яких працюють в умовах тертя ковзання: а) без змащування (сухе); б) зі змащуванням	Тертя ковзання при малих та середніх локальних тисках у контакті з іншими деталями	Стирання та збільшення зазору зі сполученою деталлю внаслідок зносу: а) – механічного, адгезійного, абразивного, втомного; б) – водневого
5	Деталі, поверхні яких працюють в умовах контакту: а) із потоком газу;	Контакт при нормальній або підвищеній температурі: – з потоком газу за наявності крапель рідини та твердих включень	Зміна форми та розмірів окремих робочих елементів внаслідок зношування: – ерозійного; корозійного; абразивного
	б) із рідиною;	– з різними рідинами	– корозійного (в т.ч. водневого), ерозійного; кавітаційного
	в) із твердим середовищем	– з сипучими та несипучими матеріалами	– абразивного

хімічно активних речовин, знакозмінне силове навантаження, силове навантаження, циклічні мікропереміщення, наявність на поверхні контакту твердих елементів.

Основні принципи підвищення зносостійкості цієї групи деталей: створення пар тертя з робочими поверхнями із хімічних елементів і сполук з мінімальною взаємною схильністю до зварювання; збільшення твердості поверхні; створення пар тертя з робочими поверхнями з хімічних елементів і сполук, пасивних по відношенню до речовин, що знаходяться в контакті створення у поверхневому шарі залишкових напружень стиснення; нанесення на робочу поверхню шару змазки або м'якого покриття; створення в поверхневому шарі залишкових напружень стиснення; оптимізація рельєфу робочої поверхні.

До поверхонь, що контактують з неметалевими матеріалами, належать: робочі поверхні деталей, що контактують з абразивним середовищем; робочі поверхні деталей та робочих органів сільськогосподарських машин, що контактують з неметалевими матеріалами (тертя, різання, тиск) [5; 6].

До факторів, що ініціюють знос таких поверхонь, належать: силове навантаження; відносне переміщення абразивної маси та робочої поверхні деталі або робочого органу; наявність на поверхні контакту твердих елементів; теплове навантаження; наявність на поверхні контакту хімічно активних речовин.

Основні принципи підвищення зносостійкості поверхонь, що контактують з неметалевими матеріалами: підвищення твердості поверхні; створення на робочих поверхнях шару з теплоізоляційними властивостями; створення на робочих поверхнях корозійно-стійкого шару.

Поверхні, що контактують з рідинами та газами: робочі поверхні деталей, що контактують з рідинами, в т.ч. агресивними; робочі поверхні деталей, що контактують з потоками газів, в т.ч. при високій температурі [2].

До факторів, що ініціюють знос таких поверхонь, належать: кавітаційна дія; вплив хімічно активних речовин; ерозійна дія вологи; теплове навантаження; абразивна дія твердих елементів.

Основні принципи підвищення зносостійкості поверхонь, що контактують з рідинами та газами: підвищення твердості поверхні; створення на робочих поверхнях корозійно-стійкого шару; збільшення твердості поверхні; створення на робочих поверхнях корозійно-стійкого шару; створення на робочій поверхні захисного шару з теплоізоляційними властивостями; збільшення твердості поверхні.

Стосовно об'єктів зі сталей і сплавів на основі заліза ми використовували леговані та інструментальні сталі (65Г, ШХ15. Р6М5 та ін.), тверді сплави типу ТК, ТТК, ВК, графіти, феросплави, чисті метали Al, Ni, Cr, Mo, Cu та ін., які успішно використовуються при зміцнювальній обробці поверхонь і відновленні розмірів зношених деталей. Їх вибір оснований на можливості отримання досить якісних покриттів з хорошими експлуатаційними характеристиками, доступності цих матеріалів. На практиці правильним підбором електродних матеріалів і їх композицій вдається не тільки поліпшити експлуатаційні властивості поверхні, але і забезпечити більш сприятливі умови її роботи в контакті з іншою деталлю.

Встановлено, що широка область застосування ЕІЛ забезпечується електричними режимами з енергією імпульсів від 0,05 до 8 Дж. [4]. Зазначений діапазон режимів дозволяє за звичайною технологією наносити

покриття товщиною до 1–1,5 мм (на найбільш виступаючих частинах). Видно, що вирішення різних завдань за допомогою електроіскрових покриттів вимагає застосування свого діапазону режимів.

Значення питомого часу електроіскрової обробки відповідають зазначеним електричним режимам [3]. Для м'яких режимів воно повинно бути не менше 3хв/см^2, для жорстких – 0,1–0,2 хв/см^2.

Важливим елементом технології зміцнювальної або відновлювальної електроіскрової обробки є подальший вплив на оброблену поверхню. У ряді технологій така обробка не потрібна. У той же час, коли висуваються підвищені вимоги до обробленої поверхні щодо точності розміру, якості поверхні, напруженого стану, виконуються різні види додаткової обробки: шліфування, доведення алмазним інструментом, поверхнево-пластичне деформування (алмазне вигладжування, обкатка або розкатка, хонінгування, притирання по сполученій деталі, вторинна обробка ЕІЛ на більш м'якому електричному режимі або комбінація цих видів обробки).

Висновки. На закінчення зазначимо, що реалізація основних принципів підвищення зносостійкості та ресурсу є ефективною за умови пропорційності товщини зміцнювальних і захисних покриттів до величини критичного зносу об'єктів електроіскрової обробки. Збільшення ресурсу також досягається повторним нанесенням таких покриттів. Встановлено, що широка область застосування ЕІЛ забезпечується електричними режимами з енергією імпульсів від 0,05 до 8 Дж. Зазначений діапазон режимів дозволяє за звичайною технологією наносити покриття товщиною до 1–1,5 мм (на найбільш виступаючих частинах). Видно, що вирішення різних завдань за допомогою електроіскрових покриттів вимагає застосування свого діапазону режимів.

Значення питомого часу електроіскрової обробки відповідають зазначеним електричним режимам. Для м'яких режимів воно повинно бути не менше 3хв/см^2, для жорстких – 0,1–0,2 хв/см^2.

Актуальним напрямом розвитку досліджень є поглиблене вивчення закономірностей формування структури та властивостей електроіскрових покриттів залежно від енергії імпульсу, складу електродного матеріалу та умов навантаження в експлуатації. Особливу увагу доцільно приділити створенню нових композиційних електродів і багатошарових покриттів із підвищеною стійкістю до абразивного, корозійного та втомного зношування. Важливим завданням залишається розроблення розрахункових моделей прогнозування довговічності зміцнених деталей і науково обґрунтованої оптимізації режимів електроіскрової обробки.

Список використаних джерел

1. Гапонова О. П., Охріменко В. О., Дегула А. І. Застосування методів електроіскрового легування для покращення якості поверхневих шарів металевих деталей: фактори та перспективи. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2025. № 108. С. 44–53. https://doi.org/10.30977/bul.2219-5548.2025.108.0.44

2. Гапонова О., Тарельник Н. Оцінка жаростійкості алюмінієвих покриттів на сталях, отриманих методом електроіскрового легування. *Технічні науки та технології*. 2024. № 2(36). С. 92–101. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-2(36)-92-101

3. Козак Ф. В., Прунько І. Б., Феденько В. Я., Гладун М. Р. Оптимізація процесу нанесення електроіскрових покриттів при зміцненні автомобільних деталей типу «вал». *Нафтогазова енергетика*. 2024. № 2(40). С. 66–72. https://doi.org/10.31471/1993-9868-2023-2(40)-66-72

4. Стороженко М. С., Уманський О. П., Шелудько В. Є., Губін Ю. В., Курінна Т. В. Розробка технологій і матеріалів для електроіскрового нанесення покриттів з метою підвищення терміну експлуатації і надійності деталей технологічного і енергетичного обладнання та інструментів. *Автоматичне зварювання*. 2020. № 10. С. 21–25. https://doi.org/10.37434/as2020.10.04

5. Шамрай В., Мікосянчик О., Лопата Л., Голембієвський Г., Горб Є. Композиційні матеріали для зносостійких покриттів деталей сільськогосподарських машин. *Проблеми тертя та зношування*. 2023. № 1(98). С. 4–13. https://doi.org/10.18372/0370-2197.1(98).17356

6. Borak K. V., Kulykivskyi V. L., Borovskyi V. M., Rudenko V. H., Dobranskyi S. S. Increasing the wear resistance of the working bodies of tillage machines by electrical discharge machining. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № 48. С. 149–160. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.19

Fedirko P. P.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Assistant at the Department of Technical Service and General Technical Subjects,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *pavlo.fedirko@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0002-3724-8937*

Duhanets V. I.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Technical Service and General Technical Subjects,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *duhanetsvi@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-2946-2850*

Olenyuk O. A.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Technical Service and General Technical Subjects,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *alexander.olenyuk@pdatu.edu.ua*
ORCID: *0000-0003-1463-076X*

Bonchik V. S.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Assistant at the Department of Technical Service and General Technical Subjects,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *vitaliy-bonchik@ukr.net*
ORCID: *0000-0001-9155-2465*

TECHNOLOGICAL FEATURES OF ELECTROSPARK HARDENING OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS

Abstract

Based on an analysis of operating conditions and the predominant wear patterns of a wide range of agricultural machinery parts, a classification of components strengthened and restored by the electrospark method is proposed, and the methodological and technological features of treatment aimed at increasing their wear resistance and service life are described.

The article considers a method for increasing the service life (durability) of the working elements of agricultural machines. Traditionally, working elements worn to the limit size are subject to restoration, while parts with critical wear are machined to the nearest repair size. A disadvantage of this technology is that an excessively large interval between repair sizes is allowed, which leads to a significant reduction in the service life of the working elements. Based on an analysis of operating conditions and the predominant wear patterns of a wide range of agricultural machinery parts, the authors propose a classification of objects strengthened by the electrospark method and describe the technological and methodological features of electrospark treatment to increase their wear resistance and service life.

The strengths and weaknesses of the electrospark alloying method, as well as its development prospects and associated risks, are also analyzed. Ways to increase the thickness of the formed coating on worn steel surfaces of automotive parts are identified. Experimental studies have established that the use of electrodes based on tungsten carbide and titanium carbide with the addition of components that form unlimited solid solutions with the surface material and act as fluxes makes it possible to form alloyed coatings with maximum thickness.

Key words: *electrospark treatment, electrospark alloying, coating, parts, friction, wear, hardening, wear resistance, stress, microstructure, agricultural machinery, wear process, surface layer, microcracks.*

References

1. Gaponova, O., Okhrimenko, V., & Degula, A. (2025). Zastosuvannia metodiv elektroiskrovoho lehuvannia dlia pokrashchennia yakosti poverkhnevykh shariv metalevykh detalei: faktory ta perspektyvy [Application of electro-spark alloying methods for improving the quality of surface layers of metal parts: factors and prospects]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu – Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*, 108, 44–53. https://doi.org/10.30977/bul.2219-5548.2025.108.0.44 [in Ukrainian].

2. Haponova, O., & Tarelnik, N. (2024). Otsinka zharostiikosti aliuminiievykh pokryttiv na staliakh, otrymanykh metodom elektroiskrovoho lehuvannia [Evaluation of the heat resistance of aluminum coatings on steels produced by electrospark alloying]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical Sciences and Technologies*, 2(36), 92–101. https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-2(36)-92-101 [in Ukrainian].

3. Kozak, F. V., Prunko, I. B., Fedenko, V. Y., & Gladun, M. R. (2024). Optymizatsiia protsesu nanesennia elektroiskrovykh pokryttiv pry zmitsnenni avtomobilnykh detalei typu "val" [Optimization of the process of application of electrospark coatings when strengthening automotive parts of the "shaft" type]. *Naftohazova enerhetyka – Oil and Gas Power Engineering*, 2(40), 66–72. https://doi.org/10.31471/1993-9868-2023-2(40)-66-72 [in Ukrainian].

4. Storozhenko, M. S., Umansky, O. P., Sheludko, V. E., Gubin, Y. V., & Kurinna, T. V. (2020). Rozrobka tekhnolohii i materialiv dlia elektroiskrovoho nanesennia pokryttiv z metoiu pidvyshchennia terminu ekspluatatsii i nadiinosti detalei tekhnolohichnoho i enerhetychnoho obladnannia ta instrumentiv [Development of technologies and materials for electric spark coating with the aim of increasing service life and reliability of parts of technological and power equipment and tools]. *Avtomatychne zvariuvannia – Automatic Welding*, 10, 21–25. https://doi.org/10.37434/as2020.10.04 [in Ukrainian].

5. Shamrai, V., Mikosianchyk, O., Lopata, L., Golembiyevskyy, G., & Horb, Y. (2023). Kompozytsiini materialy dlia znosostiikykh pokryttiv detalei silskohospodarskykh mashyn [Composite materials for wear-resistant coatings of agricultural machinery parts]. *Problemy tertia ta znoshuvannia – Problems of Friction and Wear*, 1(98), 4–13. https://doi.org/10.18372/0370-2197.1(98).17356 [in Ukrainian].

6. Borak, K. V., Kulykivskyi, V. L., Borovskyi, V. M., Rudenko, V. H., & Dobranskyi, S. S. (2025). Increasing the wear resistance of the working bodies of tillage machines by electrical discharge machining. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, 48, 149–160. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.19 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 04.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 539.1.073
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-38

Швалюк Є. П.
аспірант кафедри електричної інженерії та енергомашинобудування,
Національний університет «Київський авіаційний інститут»
Київ, Україна;
начальник сектору науково-технічного відділу повірки і калібрування засобів вимірювальної техніки іонізуючого випромінювання,
ДП «КИЇВОБЛСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»
Біла Церква, Україна
***E-mail:** 8863264@stud.kai.edu.ua*
***ORCID:** 0009-0001-1235-1655*

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Анотація

У статті представлено сучасні методи та засоби вимірювання іонізуючого випромінювання, а також детально розглянуто фізичні основи кожного з методів реєстрації іонізуючого випромінювання. Вимірювання іонізуючого випромінювання виконується з метою визначення якісних і кількісних характеристик, як-от вид випромінювання, активність джерела іонізуючого випромінювання, енергія, густина потоку тощо.

Виявлення радіоактивних речовин та іонізуючих (радіоактивних) випромінювань, зокрема нейтронів, гамма-променів, бета- і альфа-частинок, ґрунтується на здатності цих випромінювань іонізувати речовину середовища, у якій вони безпосередньо поширюються. Проведений аналіз підтверджує, що вплив іонізуючого випромінювання на середовище призводить до іонізації та збудження атомів і молекул цього середовища.

Взаємодія іонізуючого випромінювання з різними речовинами приводить до різноманітних змін їхніх фізичних і хімічних властивостей (зміни електричних властивостей, зміни оптичних параметрів, температури, випромінювання світла, об'єму, а також зміни концентрації продуктів радіаційно-хімічних реакцій). Саме ці зміни беруться за основу під час розробки методів і засобів вимірювання та реєстрації іонізуючого випромінювання.

Дослідження підкреслює, що залежно від характеру взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною розрізняють такі методи його реєстрації: іонізаційні, люмінесцентні, сцинтиляційні, напівпровідникові, фотоемульсійні, хімічні тощо.

Отримані результати є важливими для практичного вибору конкретного методу або засобу вимірювання з урахуванням типу випромінювання, необхідної точності та умов експлуатації. Правильна класифікація та обґрунтований вибір обладнання для вимірювань відіграють ключову роль у забезпеченні радіаційної безпеки, контролі стану довкілля та виконанні наукових досліджень, що сприяє дотриманню як міжнародних, так і національних стандартів, а також нормативів щодо максимально допустимих рівнів радіації та забруднень.

***Ключові слова:** іонізуюче випромінювання, іонізаційний метод, сцинтиляційний метод, напівпровідниковий метод, люмінесцентний метод, фотоемульсійний метод, хімічний метод, доза опромінення, детектор, фотон, електрон, атом.*

Вступ. За останні кілька десятиліть використання атомної енергії стало невід'ємною частиною життя людства. Сьогодні ядерні технології застосовуються дуже широко: від зміцнення обороноздатності до мирних цілей – в енергетиці, медицині, під час пошуку корисних копалин, а також для діагностики та контролю якості на виробництві.

Таке активне використання штучних джерел призводить до того, що рівень радіаційного навантаження на населення поступово зростає. При цьому дози, які отримують різні люди, можуть суттєво відрізнятися. У більшості випадків ці рівні опромінення є незначними, проте іноді навантаження від техногенних джерел може бути в багато разів вищим, ніж від природних.

Слід зазначити, що опромінення від штучних джерел зазвичай легше контролювати, ніж природні чинники (як-от космічне випромінювання чи радіація від земних порід) або наслідки аварійних ситуацій. Проте ефективність такого контролю безпосередньо залежить від точності вимірювальних приладів. Оскільки іонізуюче випромінювання впливає на організм людини на рівні клітин, надзвичайно важливо отримувати максимально достовірні дані про рівень радіації. Саме тому вдосконалення методів вимірювання та розробка нових підходів до обробки отриманих результатів залишаються актуальним завданням для сучасної науки.

Мета роботи – провести аналіз сучасних методів і засобів вимірювання іонізуючого випромінювання, а також розкрити фізичні принципи, що лежать в основі кожного з існуючих методів його реєстрації.

Виклад основного матеріалу дослідження. В основі іонізаційного методу лежить здатність випромінювання створювати вільні носії заряду під час проходження крізь речовину. У діелектричному середовищі, що перебуває під впливом іонізуючих часток, відбувається передача енергії атомам і молекулам, що призводить до утворення пар позитивних і негативних іонів. За відсутності зовнішнього впливу ці заряди швидко рекомбінують, досягаючи певної рівноважної концентрації.

© Швалюк Є. П., 2026

Однак ситуація змінюється, якщо до об'єму речовини прикласти різницю потенціалів. Створене електричне поле спрямовує рух заряджених частинок до відповідних електродів, формуючи в електричному колі струм. За дотримання певних фізичних умов величина цього струму стає пропорційною інтенсивності падаючого випромінювання.

За своєю конструктивною схемою іонізаційні детектори нагадують електричні конденсатори (рис. 1), де простір між електродами заповнений інертним газом або спеціальною газовою сумішшю [4, с. 91].

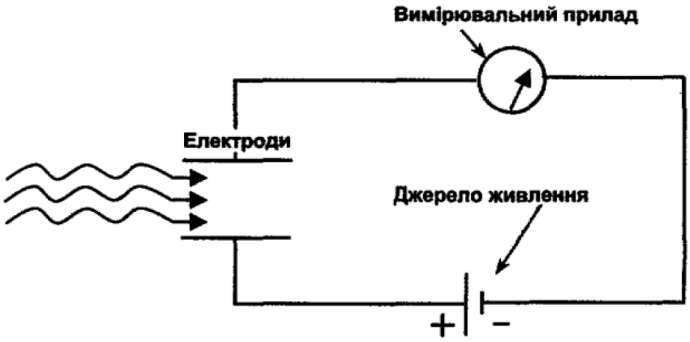


Рис. 1. Найпростіша схема іонізаційного детектора

Процес реєстрації базується на взаємодії заряджених частинок із зовнішнім полем. На кожен іон із зарядом *e*, що перебуває в електричному полі з напруженістю *U*, діє сила, яка чисельно дорівнює добутку $e \cdot U$. Під впливом цієї сили носії заряду починають рух до електродів, причому їхня швидкість дрейфу безпосередньо залежить від параметрів напруженості прикладеного поля.

Особливе значення має режим роботи за високої напруженості поля. У такому випадку електрони, маючи малу масу, встигають розігнатися на відстані вільного пробігу до енергій, що перевищують поріг іонізації газу. Унаслідок непружних зіткнень із нейтральними атомами виникають додаткові пари зарядів. Цей процес, відомий як ударна іонізація, забезпечує газове посилення сигналу, що дає змогу суттєво підвищити ефективність реєстрації випромінювання [1, с. 66–70].

Основою сцинтиляційного методу є явище люмінесценції, яке виникає в певних середовищах під впливом іонізуючого випромінювання. Сцинтилятори – це речовини, що мають здатність генерувати короткочасні світлові спалахи під час проходження крізь них заряджених частинок. Ці сигнали фіксуються та вимірюються за допомогою апаратури з високою світлочутливістю.

Принцип реєстрації випромінювання базується на збудженні атомів і молекул робочої речовини. Отримавши енергію від частинки, вони переходять у збуджений стан, а з поверненням до нормального стану випускають світло, характеристики якого залежать від структури енергетичних рівнів конкретного матеріалу. Варто зауважити, що світлові спалахи можуть виникати й під дією непрямого іонізуючого випромінювання завдяки утворенню вторинних заряджених частинок. Так, у випадку з фотонами це будуть електрони, вибиті з атомів середовища, а в разі проходження нейтронів – протони чи ядра віддачі, або ж заряджені частинки, що з'явилися внаслідок ядерних реакцій типу (n, α)-, (n, p) тощо.

Технічно цей процес реалізується за допомогою фотоелектронного помножувача (ФЕП). Світло від спалаху через світлопровід потрапляє на фотокатод ФЕП, де вибиває електрони. Останні прискорюються електричним полем і, проходячи через систему електродів (динодів), посилюються в 10^{-5}–10^{-6} разів. Унаслідок цього на аноді приладу формується електричний струм, величина якого є прямо пропорційною інтенсивності випромінювання, що взаємодіє з детектором [5, с. 27–29].

Основними характеристиками сцинтиляторів є такі параметри, як сцинтиляційна ефективність, світловий вихід та час висвічування.

Сцинтиляційна (або конверсійна) ефективність η_k визначає частку енергії іонізуючого випромінювання, що була поглинута в сцинтиляторі та перетворена на енергію світлового спалаху. Кількісно вона виражається як відношення сумарної енергії світлових фотонів E_ϕ до повної енергії зарядженої частинки E_n, поглиненої в сцинтиляторі:

$$\eta_k = \frac{E_\phi}{E_n}. \tag{1}$$

Величина η_k визначається типом сцинтиляційного матеріалу і зазвичай перебуває в діапазоні від 0,01 до 0,3. Використовуючи співвідношення (1), можна розрахувати кількість випущених фотонів η_ϕ за формулою:

$$\eta_\phi = \eta_k \cdot \frac{E_n}{\overline{E}}, \tag{2}$$

де $\overline{E}$ – середня енергія фотонів.

Світловий вихід χ визначається як відношення кількості фотонів у світловому спалаху до повної енергії зарядженої частинки, поглиненої в об'ємі сцинтилятора:

$$\chi = \frac{\eta_\phi}{E_n} = \frac{\eta_k}{\overline{E}}. \quad (3)$$

Час висвічування τ – це середній час життя збуджених станів атомів середовища. Цей параметр є індивідуальною характеристикою кожного типу сцинтилятора і зазвичай перебуває в діапазоні 10^{-9}–10^{-5} с [4, с. 100–102; 8].

Ключовим критерієм розмежування напівпровідників є їхня питома електропровідність, за значенням якої вони посідають проміжне місце між провідниками та ізоляторами. Діапазон значень питомої електропровідності напівпровідникових матеріалів лежить у межах 10^{-10}–10^4 Ом$^{-1}$ · см$^{-1}$, тоді як для металів цей показник становить 10^5–10^6 Ом$^{-1}$ · см$^{-1}$, а для діелектриків не перевищує 10^{-14} Ом$^{-1}$ · см$^{-1}$.

Згідно із зонною теорією, напівпровідникові властивості проявляють речовини, ширина забороненої зони яких не перевищує 2–3 еВ. У діелектриків заборонена зона є значно ширшою, тоді як у металів вона практично відсутня.

Напівпровідниковий детектор за принципом дії виступає твердотільним аналогом іонізаційної камери. Під впливом іонізуючого випромінювання в об'ємі напівпровідника генеруються вільні носії заряду. У разі прикладення до робочого об'єму різниці потенціалів зміна провідності детектора дає змогу зробити висновок про наявність та інтенсивність випромінювання.

Використання твердого тіла як чутливого середовища забезпечує суттєві переваги. Зокрема, висока густина речовини (що приблизно в 1000 разів перевищує густину газів) дає можливість значно збільшити енергію, поглинуту в одиниці робочого об'єму. Крім того, середня енергія, необхідна для утворення однієї пари носіїв заряду, відповідає ширині забороненої зони. Це приблизно на порядок нижче, ніж у газових іонізаційних камерах, що забезпечує високу чутливість детектора навіть за його малих габаритів. Унаслідок цього іонізаційний ефект у напівпровіднику виявляється приблизно в 10^4 разів вищим порівняно з газовим середовищем.

Напівпровідникові методи реєстрації знайшли широке застосування в спектрометричних системах. У таких випадках вихідний сигнал детектора подається на вхід багатоканального амплітудного аналізатора, де кожний канал реєструє імпульси лише певної амплітуди [6, с. 515–520; 7].

Фотографічний метод реєстрації базується на здатності іонізуючого випромінювання впливати на світлочутливий шар фотоматеріалів аналогічно до дії видимого світла. Для детектування випромінювань зазвичай застосовують рентгенографічні плівки, що складаються із чутливої емульсії, нанесеної з одного або обох боків на целулоїдну підкладку. Основу емульсії становлять мікрокристали броміду або хлориду срібла (AgBr, AgCl), рівномірно розподілені в шарі желатину. Проходження іонізуючого випромінювання крізь фотоемульсію активує кристали, роблячи їх здатними до проявлення. Унаслідок поглинання енергії випромінювання в кристалах формуються центри проявлення, що складаються з атомів металевого срібла, сукупність яких утворює приховане зображення. Наступна хімічна обробка (проявлення) призводить до відновлення металевого срібла в усіх кристалах, що містять центри достатніх розмірів. При цьому кількість атомів металевого срібла в околі центра прихованого зображення зростає в 10^{10}–10^{12} разів, що забезпечує високий коефіцієнт посилення сигналу.

Під час подальшої обробки фотоплівки фіксажем (закріплювачем) кристали, що не були відновлені, розчиняються та вимиваються з емульсії. Наявність на плівці частинок металевого срібла призводить до поглинання видимого світла, що характеризується оптичною щільністю почорніння *S*:

$$S = \lg \frac{J_0}{J}, \quad (4)$$

де J_0 – інтенсивність видимого світла, що падає на оброблену фотоплівку; J – інтенсивність світла, що проходить крізь неї.

Значення *S* теоретично змінюється від 0 до ∞, проте на практиці зазвичай вимірюють щільність почорніння, що не перевищує трьох одиниць. Так, значення *S*, що дорівнюють 1, 2 та 3, відповідають відношенню J/J_0, рівному 0,1, 0,01, 0,001 відповідно.

Оптична щільність почорніння плівки залежить від експозиції – добутку інтенсивності випромінювання на час опромінення. За незмінного спектрального складу експозиція прямо пропорційна поглиненій дозі. Для аналізу цю залежність представляють у напівлогарифмічному масштабі, що відомий як сенситометрична характеристика фотоплівки (рис. 2) [4, с. 119].

Для вимірювання іонізуючого випромінювання у фотоплівок використовують саме прямолінійну частину їхньої характеристики. Тут важливу роль відіграє кут θ: чим він більший, тим контрастнішою буде плівка. Також є поняття вуалі S_o – це легке потемніння, яке з'являється на плівці саме по собі під час її виготовлення або зберігання.

Щоб точно визначити дозу опромінення, зазвичай беруть три групи плівок. Контрольні потрібні, щоб відсікти фон (вуаль). Градуювальні, які вже отримали відому дозу, використовують для побудови графіка (градуювальної кривої). Оскільки на якість почорніння впливає не тільки радіація, а й сама плівка, склад розчину чи температура проявлення, дуже важливо проявляти всю серію плівок одночасно.

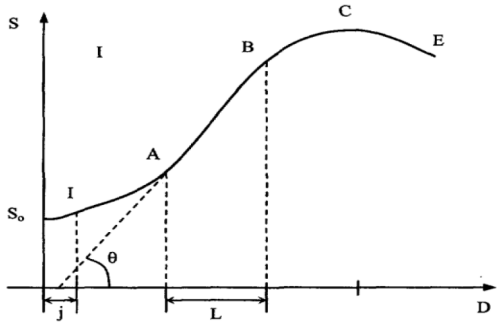


Рис. 2. Сенситометрична характеристика фотоплівки

Після цього для кожної партії будують свій графік залежності почорніння від дози. І вже за цією кривою, знаючи щільність робочої плівки, знаходять індивідуальну дозу опромінення.

Варто враховувати, що фотоемульсія, яка містить срібло, бром і желатин, за своїм складом відрізняється від повітря (не є повітроеквівалентною). Через це ступінь її почорніння за однакової дози залежатиме від енергії самого випромінювання.

Принцип люмінесцентного методу ґрунтується на здатності певних речовин (люмінофорів) накопичувати поглинену енергію іонізуючого випромінювання. Під дією радіації носії заряду (електрони та дірки) локалізуються в центрах захоплення. Щоб звільнити цю енергію, необхідний додатковий зовнішній вплив або збудження. Найчастіше для цього використовують нагрівання люмінофора (термолюмінесценція) або його освітлення світлом із певним спектром (фотолюмінесценція) [4, с. 90–127].

Фізика термолюмінесценції полягає в тому, що електрон, отримуючи енергію від випромінювання, переходить із валентної зони в зону провідності. При цьому утворюється дірка, яка переходить у заборонену зону, формуючи центр люмінесценції.

Якщо в забороненій зоні через дефекти кристала або введення домішок існують «електронні пастки», вони захоплюють електрон, переводячи його в метастабільний стан. Зовнішнє нагрівання надає електрону необхідну енергію для повернення в зону провідності, після чого відбувається його рекомбінація з діркою. Як результат, центр люмінесценції переходить у збуджений стан і випромінює світловий фотон.

Далі ці світлові спалахи трансформуються в електричний сигнал. Цей процес аналогічний роботі сцинтиляційного методу в струмовому режимі.

Інтенсивність такої люмінесценції прямо пропорційна дозі, яку отримав люмінофор. Крива висвічування зазвичай має декілька максимумів. Це пов'язано з наявністю різних енергетичних рівнів, на яких розташовані пастки, адже вихід електронів із них потребує різної енергії зовнішнього впливу. На практиці величина дози визначається за площею відповідних піків або за висотою головного максимуму люмінесценції [3, с. 11–12; 9].

В основі хімічного методу дозиметрії лежить кількісне визначення іонів або молекул, які виникають чи зазнають структурних змін під впливом іонізуючого випромінювання. Ефективність такої реакції (радіаційно-хімічний вихід) перебуває у прямій пропорційній залежності від величини поглиненої дози. Цей зв'язок описується наступною математичною моделлю:

$$D = \frac{K \cdot C}{X \cdot p}, \tag{5}$$

де D – доза випромінювання, K – коефіцієнт пропорційності, C – концентрація речовини, що утворилася внаслідок реакції, p – густина речовини, що опромінюється, X – вихід продукту (визначається кількістю частинок, які з'являються або зникають за поглинання енергії у 100 еВ).

За показником радіаційно-хімічного виходу речовини поділяють на чотири основні категорії: $X < 0{,}1$; $0{,}1 < X < 20$; $20 < X < 100$; $X > 100$. Останні два класи (третій та четвертий) зазвичай характеризуються ланцюговими хімічними процесами. Проте для практичних потреб дозиметрії найбільш оптимальними вважаються сполуки другої та третьої груп. Вони демонструють високу стабільність результатів, надійну відтворюваність і низьку чутливість до побічних факторів, як-от перепади температури, сторонні домішки чи рівень освітлення.

Більшість хімічних дозиметрів – це водні розчини. Найбільшого розповсюдження в метрологічній практиці набув дозиметр на основі сульфату заліза $FeSO_4$, розчиненого в сірчаній кислоті. Унаслідок електролітичної дисоціації в такому середовищі накопичуються іони двовалентного заліза Fe^{2+}. Під впливом випромінювання відбувається радіоліз води з утворенням вільних радикалів (H, OH) та активних окислювачів. Вони забезпечують перетворення двовалентного заліза на тривалентне за такими реакціями:

$$Fe^{2+} + OH \rightarrow Fe^{3+} + OH^-; \quad Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + OH \tag{6}$$

Кількість іонів Fe^3, що з'явилися після завершення реакцій, впливає на оптичну густину розчину. Цей показник фіксується за допомогою спектрофотометра – спеціального приладу для аналізу поглинання світла.

Таким чином, зміна оптичних властивостей розчину виступає точним індикатором поглиненої енергії випромінювання.

Розрахунок енергії поглинання ΔE в хімічному дозиметрі здійснюється на основі такої залежності:

$$\Delta E = M(\rho_{опр} - \rho_{чист}), \quad (7)$$

де $\rho_{опр}$ і $\rho_{чист}$ – оптична густина опроміненого та неопроміненого розчинів, M – коефіцієнт, що визначається конструктивними параметрами дозиметра та конкретними умовами проведення вимірювань.

$$\rho_{опр} - \rho_{чист} = \varepsilon \cdot C \cdot l, \quad (8)$$

де ε – коефіцієнт поглинання, величина якого залежить від температурного режиму, C – концентрація іонів тривалентного заліза (Fe^{3+}), l – товщина шару розчину.

Отже, аналіз зміни оптичної густини дає змогу встановити концентрацію продуктів радіаційно-хімічної реакції. Виходячи з отриманих даних про концентрацію та враховуючи радіаційно-хімічний вихід, обчислюють величину поглиненої дози. Наприклад, для феросульфатного дозиметра показник виходу становить 15,6 ± 0,5.

Оскільки базовою складовою цього дозиметра виступає вода, показник ефективного атомного номера розчину за рівнем поглинання фотонів майже ідентичний параметрам води та, як наслідок, біологічних тканин. Завдяки такій еквівалентності дозиметр демонструє стабільність показань (відсутність енергетичної залежності або «ходу з жорсткістю») у межах енергій від 100 кеВ до 2 МеВ. У разі реєстрації високих значень доз сумарна похибка вимірювання мінімізована і не перевищує межі 1 % [2, с. 10–12; 4].

Висновки. У роботі проведено аналіз методів і засобів вимірювання іонізуючого випромінювання. Встановлено, що вибір конкретного методу та засобу вимірювання безпосередньо залежить від виду випромінювання, необхідної точності й умов його застосування. Оскільки фізична природа альфа-, бета-, гамма- та нейтронного випромінювання суттєво різниться, не існує єдиного універсального методу чи засобу вимірювання, який був би придатним для всіх випадків одночасно.

Чітка класифікація дає можливість фахівцям вибрати найбільш оптимальний метод або детектор для визначеного типу випромінювання й енергетичного діапазону, що забезпечує отримання надійних і точних результатів. Правильна класифікація, а також професійний вибір засобів вимірювання є критично важливими факторами для забезпечення радіаційної безпеки, моніторингу навколишнього середовища та виконання наукових досліджень. Такий підхід гарантує дотримання національних і міжнародних стандартів та нормативів щодо гранично допустимих доз опромінення і рівнів забруднення [10, с. 224–234].

Отже, класифікація методів і засобів вимірювання іонізуючого випромінювання є фундаментальним організаційним принципом. Вона забезпечує наукову обґрунтованість, практичну ефективність та надійний захист здоров’я людей і довкілля від небезпечного радіаційного впливу.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці математичної моделі з урахуванням нового інформативного параметра для підвищення достовірності результатів вимірювань характеристик іонізуючого випромінювання. Подальша робота буде спрямована на вдосконалення методів оцінювання параметрів випромінювання шляхом застосування сучасних систем інтелектуального аналізу даних, що дасть змогу мінімізувати вплив випадкових факторів і забезпечити високу точність результатів у метрологічній практиці.

Список використаних джерел

1. Безшийко О. А., Голінка-Безшийко Л. О., Каденко І. М. Методичні рекомендації до лабораторного практикуму «Методи реєстрації іонізуючого випромінювання» для студентів кафедри ядерної фізики фізичного факультету. Київ, 2019. С. 66–70.

2. Бобало Ю. Я., Дудикевич В. Б., Максимович В. М. та ін. Методи і засоби опрацювання вихідних сигналів дозиметричних детекторів : монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. С. 10–12.

3. Капустяник В. Б., Кулик Б. Я., Партика М. В. Практикум з ядерної фізики для студентів фізичного факультету : навч. посіб. Львів : Видавничий центр фізичного факультету ЛНУ імені Івана Франка, 2012. С. 11–12.

4. Ключников О. О., Носовський А. В. Основи дозиметрії іонізуючих випромінювань : навч. посіб. Київ : Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. С. 90–127.

5. Ковальський О. В., Мечев Д. С., Данилевич В. П. Радіологія. Променева терапія. Променева діагностика : підручник. Вінниця : Нова Книга, 2013. С. 27–29.

6. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук та ін. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. С. 515–520.

7. Чернявський І. Ю., Марущенко В. В., Мартинюк І. М. Військова дозиметрія : навч. посіб. Харків : ФВП НТУ «ХПІ», 2011. С. 144–153.

8. Чернявський І. Ю. Технічні засоби радіаційного, хімічного та біологічного захисту : метод. вказівки. Харків : НУЦЗУ, 2015. С. 54–58.

9. Abaza A. M. H. New Trend in Radiation Dosimeters. *American Journal of Modern Physics*. 2018. Vol. 7, No. 1. P. 21–30. DOI: 10.11648/j.ajmp.20180701.13

10. Sievert R. M. A Method for the Automatic Recording of Ionizing Radiation. *Acta Radiologica*. 2010. Vol. 51, No. sup188. P. 224–234. DOI: 10.3109/00016925909177091

Shvaliuk Y. P.
Postgraduate Student at the Department of Electrical Engineering and Power Engineering,
National University "Kyiv Aviation Institute"
Kyiv, Ukraine;
Head of the Sector of the Scientific and Technical Department of Verification and Calibration of Ionizing Radiation Measuring Equipment
State Enterprise "KYIVOBLSTANDARTMETROLOGY"
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: *8863264@stud.kai.edu.ua*
ORCID: *0009-0001-1235-1655*

METHODS AND MEANS OF MEASURING IONIZING RADIATION

Abstract

The article presents modern methods and instruments for measuring ionizing radiation and provides a detailed examination of the physical foundations of each radiation registration method. The measurement of ionizing radiation is performed to determine its qualitative and quantitative characteristics, such as radiation type, ionizing radiation source activity, energy, and flux density.

The detection of radioactive substances and ionizing radiation, specifically neutrons, gamma rays, beta and alpha particles, is based on the ability of such radiation to ionize the medium in which it propagates. The conducted analysis confirms that the impact of ionizing radiation on the medium leads to the ionization and excitation of the atoms and molecules of this medium.

The interaction of ionizing radiation with various substances leads to diverse changes in their physical and chemical properties (changes in electrical properties, optical parameters, temperature, light emission, volume, and changes in the concentration of radiation-chemical reaction products). These specific changes are taken as the basis for the development of methods and instruments for measuring and recording ionizing radiation.

The study emphasizes that, depending on the nature of the interaction between ionizing radiation and matter, the following registration methods are distinguished: ionization, luminescent, scintillation, semiconductor, photo-emulsion, and chemical methods.

The obtained results are important for the practical selection of a specific measuring method or instrument, considering the radiation type, required accuracy, and operational conditions. Proper classification and a justified choice of measuring instruments play a key role in ensuring radiation safety, environmental monitoring, and scientific research, facilitating compliance with both international and national standards and regulations regarding maximum permissible radiation levels and contamination.

Key words: *ionizing radiation, ionization method, scintillation method, semiconductor method, luminescence method, photoemulsion method, chemical method, radiation dose, detector, photon, electron, atom.*

References

1. Bezshyyko, O. A., Holinka-Bezshyyko, L. O., & Kadenko, I. M. (2019). Metodychni rekomendatsii do laboratornoho praktykumu "Metody reiestratsii ionizuiuchoho vyprominiuvannia" [Methodological recommendations for the laboratory workshop "Methods of registration of ionizing radiation"]. Kyiv. P. 66–70 [in Ukrainian].

2. Bobalo, Yu. Ya., Dudykevych, V. B., Maksymovych, V. M., et al. (2009). Metody i zasoby opratsiuvannia vykhidnykh syhnaliv dozymetrychnykh detektoriv [Methods and means of processing output signals of dosimetric detectors]. Lviv : Lviv Polytechnic. P. 10–12 [in Ukrainian].

3. Kapustyanyk, V. B., Kulik, B. Ya., & Partyka, M. V. (2012). Praktykum z yadernoi fizyky dlia studentiv fizychnoho fakultetu [Workshop on nuclear physics for students of the physics faculty]. Lviv: LNU Publishing Center. P. 11–12 [in Ukrainian].

4. Kliuchnykov, O. O., & Nosovskyi, A. V. (2007). *Osnovy dozymetrii ionizuiuchykh vyprominiuvan* [Fundamentals of dosimetry of ionizing radiation]. Kyiv : ISP NPP NASU. P. 90–127 [in Ukrainian].

5. Kovalskyi, O. V., Mechev, D. S., & Danylevych, V. P. (2013). Radiolohiia. Promeneva terapiia. Promeneva diahnostyka [Radiology. Radiation therapy. Radiation diagnostics]. Vinnytsia : Nova Knyha. P. 27–29 [in Ukrainian].

6. Polishchuk, Ye. S., Dorozhovets, M. M., Yatsuk, V. O., et al. (2012). Metrolohiia ta vymiriuvalna tekhnika [Metrology and measuring equipment]. Lviv : Lviv Polytechnic. P. 515–520 [in Ukrainian].

7. Chernyavskyi, I. Yu. (2015). Tekhnichni zasoby radiatsiinoho, khimichnoho ta biolohichnoho zakhystu [Technical means of radiation, chemical and biological protection]. Kharkiv : NUTSZU. P. 54–58 [in Ukrainian].

8. Chernyavskyi, I. Yu., Marushchenko, V. V., & Martynyuk, I. M. (2011). Viyskova dozymetriia [Military dosimetry]. Kharkiv: FVP NTU "KhPI". P. 144–153 [in Ukrainian].

9. Abaza, A. M. H. (2018). New Trend in Radiation Dosimeters. *American Journal of Modern Physics*, 7 (1), 21–30. https://doi.org/10.11648/j.ajmp.20180701.13 [in English].

10. Sievert, R. M. (2010). A Method for the Automatic Recording of Ionizing Radiation. *Acta Radiologica*, 51 (sup188), 224–234. https://doi.org/10.3109/00016925909177091 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 20.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 19.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

УДК 619: 618.19-002:636.2
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-39

Бандура В. В.
здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії IV року навчання,
кафедра гігієни тварин та ветеринарного забезпечення кінологічної служби Національної поліції України,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *vasil.bandura.95@gmail.com*
ORCID: *0009-0007-1964-9028*

Супрович Т. М.
докторка сільськогосподарських наук, професорка,
завідувачка кафедри гігієни тварин та ветеринарного забезпечення кінологічної служби
Національної поліції України,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *suprovycht@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4708-6692*

ПАРАТИПОВІ ЧИННИКИ МАСТИТУ КОРІВ В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Анотація

Стаття присвячена комплексному вивченню етіології та факторів ризику виникнення маститу у великої рогатої худоби в умовах сучасного молочного тваринництва. Мастит розглядається як багатофакторне захворювання, що зумовлює суттєві економічні втрати через зниження молочної продуктивності, передчасне вибраковування тварин та погіршення технологічних властивостей сировини. Метою дослідження було з'ясування етіологічної структури маститу корів за субклінічного та клінічного перебігу, оцінка паратипових чинників впливу та визначення профілю антибіотикочутливості домінуючих патогенів. У результаті бактеріологічного моніторингу встановлено, що провідну роль у патогенезі захворювання відіграють стафілококи. Staphylococcus aureus ідентифіковано у 50,0 % досліджених проб, а коагулазонегативні стафілококи становили 46,7 %. Доведено, що мікроорганізми роду Streptococcus spp. здебільшого асоційовані з гострим клінічним перебігом, тоді як Escherichia coli є стабільним компонентом мікробного пейзажу незалежно від форми запалення, що вказує на постійний тиск екологічних чинників. Окрему увагу приділено аналізу резистентності S. aureus. Виявлено високу чутливість ізолятів до фторхінолонів (енрофлоксацин, офлоксацин – 86,7 %), аміноглікозидів (канаміцин – 86,7 %, амікацин – 73,3 %) та ампіциліну (80,0 %). Водночас констатовано зниження ефективності ванкоміцину, гентаміцину та доксициліну (чутливість лише 33,3–40,0 %). Висновки підтверджують, що успішна стратегія боротьби з маститом потребує не лише цілеспрямованої антибіотикотерапії, а й корекції умов утримання, врахування сезонності та фізіологічного стану тварин.

Ключові слова: *мастит корів, Staphylococcus aureus, антибіотикорезистентність, етіологічна структура, паратипові фактори.*

Вступ. Мастит корів є запальним процесом у тканинах вим'я молочної залози, який виникає внаслідок механічних ушкоджень або інфікування мікроорганізмами. Це захворювання вважається одним із найпоширеніших у молочному скотарстві та спричиняє значні економічні збитки через зменшення продуктивності та погіршення якості молока. Основними етіологічними чинниками є різні грампозитивні та грамнегативні бактерії, що можуть передаватися як контактним шляхом (*Staphylococcus aureus, Streptococcus agalactiae, Mycoplasma spp*.), так і походити з навколишнього середовища (*Escherichia coli, Enterococcus spp*.) [2; 5].

© Бандура В. В., Супрович Т. М., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Розвиток маститу у великої рогатої худоби пов'язаний із низкою відомих факторів ризику, серед яких виділяють властивості збудника, особливості організму тварини та умови навколишнього середовища. Усі ці чинники враховуються під час розробки програм профілактики та контролю маститу [9; 12; 18].

Поширення заразних інфекцій можна обмежити шляхом зменшення контакту між джерелами збудників та здоровими коровами. У зв'язку з цим важливу роль у профілактиці відіграють належний догляд за доїльним обладнанням, дезінфекція дійок після доїння, вибракування інфікованих тварин і лікування корів у сухостійний період [19].

Генетична зумовленість і селекційні підходи у молочному скотарстві відіграють важливу роль у формуванні чутливості або резистентності корів до маститу. Високопродуктивні чистопородні та помісні тварини, зокрема голштино-фризької породи, як правило, мають вищу генетичну схильність до розвитку маститу порівняно з породами з помірним рівнем молочної продуктивності [8].

Крім того, корови після декількох отелень характеризуються вищою схильністю до захворювання порівняно з первістками, що зумовлено зниженням імунної компетентності [21].

Вік тварин також є важливим чинником, що впливає на розвиток інфекцій. Корови старшого віку демонструють вищу схильність до інфікування, що, ймовірно, пов'язано з розширенням або частковою перманентною відкритістю соскового каналу внаслідок багаторазового доїння. Окрім того, епітелій молочної залози у старших корів характеризується підвищеною проникністю, переважно через незворотні ушкодження, спричинені перенесеними раніше запальними процесами [11].

Високу поширеність маститу в цей період пов'язують з імуносупресивним станом організму, зумовленим посиленим оксидативним стресом і зниженим рівнем антиоксидантного захисту [4; 20].

Під час лактації у молочної худоби спостерігається підвищена потреба в енергії та поживних речовинах для синтезу молозива та молока. Тому, коли споживання корму не відповідає потребам лактації, у великої рогатої худоби спостерігається негативний енергетичний баланс. Умови утримання та системи управління стадом відіграють ключову роль у забезпеченні здоров'я й добробуту тварин. Забезпечення належної гігієни та комфортного середовища утримання сприяє зниженню частоти виникнення та тяжкості перебігу маститу [22]. Натомість висока щільність поголів'я, забруднені підлогові поверхні, волога підстилка, недостатня вентиляція, а також жаркий і вологий клімат створюють сприятливі умови для розмноження збудників маститу та підвищують ризик інфікування корів, що зумовлює зростання захворюваності на мастит [10; 23].

Мета роботи – дослідити етіологічну структуру субклінічного і клінічного перебігу маститу корів, умови утримання та годівлі тварин, сезонність перебігу захворювання, залежність патологічного процесу у молочній залозі корів від продуктивності та віку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження було проведено в умовах товарного господарства Хмельницької області. Для ідентифікації етіологічних агентів маститу клінічної форми проводили асептичний відбір секрету вим'я у стерильний посуд. Під час субклінічного перебігу досліджували альвеолярні порції молока, отримані на завершальному етапі доїння. Первинний посів та диференціацію патогенів здійснювали на селективних середовищах: стафілококи виділяли сольовому МПБ, на ЖСА та агарі Бейрд-Паркера (HiMedia), визначали здатність розщепляти мальтозу, каталазу, манніт в анаеробних умовах, здатність до плазмокоагуляції; стрептококи – на 1 % МПБ з глюкозою, агарі Едвардса (Biolife) та кров'яному агарі. Для виділення ентеробактерій застосовували середовища Ендо та Левіна, а для *P. aeruginosa* – спеціалізований Pseudomonas Isolation Agar.

Результати бактеріологічного дослідження 10 проб молока від корів із субклінічним маститом дозволили ідентифікувати 26 епізоотичних штамів мікроорганізмів (рис. 1). У мікробному пейзажі виділеної мікрофлори домінували коагулазонегативні стафілококи (30,8 %), *Escherichia coli* (23,1 %) та *Staphylococcus aureus* (11,6 %), при цьому більшість ізолятів функціонували у складі мікробних асоціацій, а не в монокультурі. Найчастішими патогенами за клінічного перебігу захворювання у разі серозно-катаральної форми були представники роду *Staphylococcus aureus* (32 %) та *Escherichia coli* (16 %), за гнійно-некротичної форми домінували *Streptococcus agalactiae* (20 %), ускладнювали перебіг захворювання *Streptococcus uberis* (16,7 %) та *Escherichia coli* (16,7 %), *Staphylococcus aureus* було виділено у 4 із 10 ізолятів. Необхідно зазначити, що у разі гнійно-некротичного маститу досить часто виділялася синьогнійна паличка (13,3 %), яка останніми роками набула властивості істинного патогена.

Загалом у наших дослідженнях від хворих на мастит корів у кожній другій пробі було ізольовано *Staphylococcus aureus*, коагулазонегативні стафілококи – у 46,7 %. Мікроорганізми *Streptococcus spp*. виділялися в основному за клінічного перебігу, а *Escherichia coli* за всіх формах маститу була присутня в достатній кількості.

У науковій літературі є значна кількість робіт, де досліджено етіологію під час клінічного і субклінічного перебігу маститу корів. Нині у жуйних тварин домінують «екологічні» мастити, спричинені патогенними бактеріями, які легко виживають у навколишньому середовищі, особливо коагулазонегативними стафілококами. На другому місці – інфекційні мастити, спричинені бактеріями *Streptococcus agalactiae* та *Staphylococcus aureus*, які поширюються від дійної корови до дійної корови під час доїння за допомогою доїльного обладнання, що можна значною мірою попередити за допомогою профілактичних заходів [3; 15].

Резистентність збудників маститу до антибактеріальних препаратів постійно висвітлюється у вітчизняних та закордонних джерелах інформації і не перестає бути актуальним у будь-якому дослідженні патології молочної

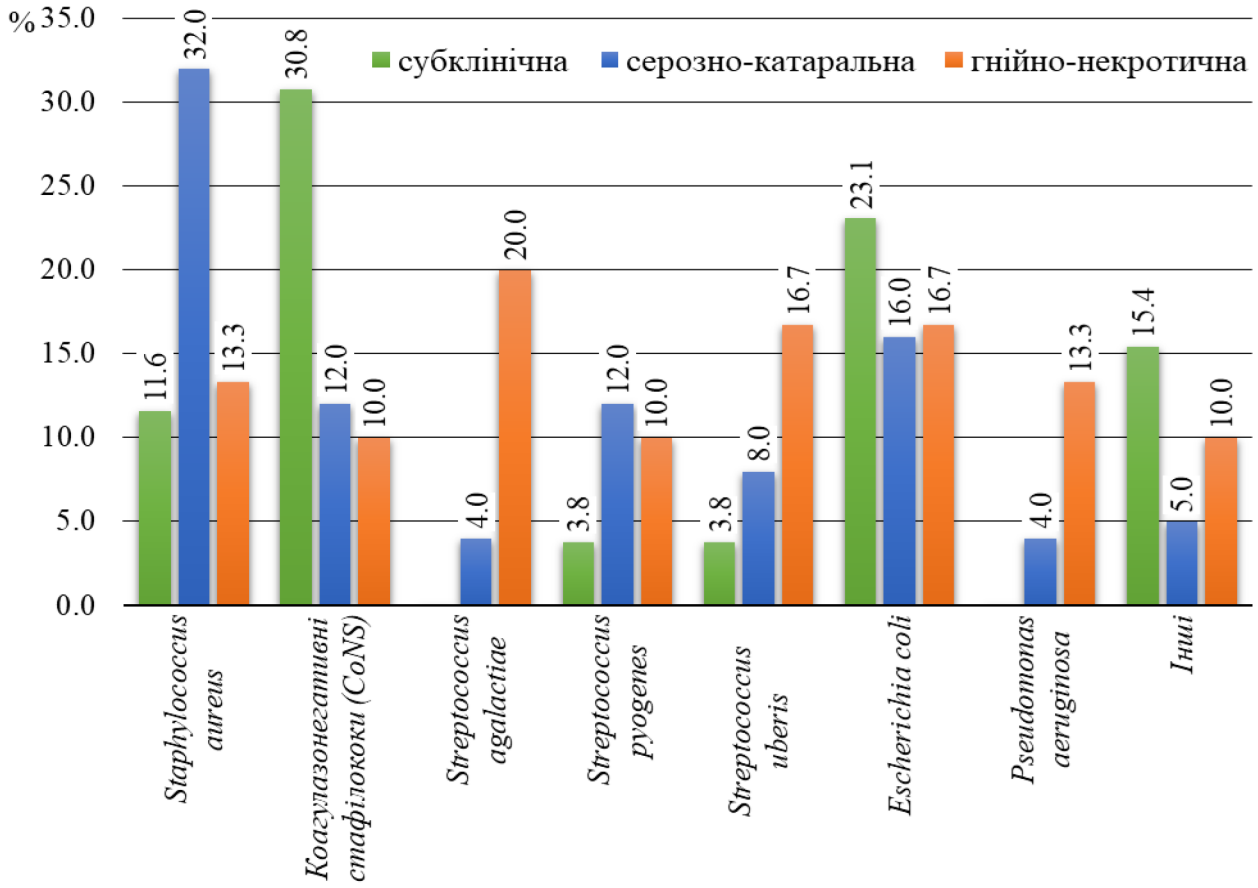


Рис. 1. Обсіменіння секрету вим'я патогенними мікроорганізмами за різних форм маститу у корів

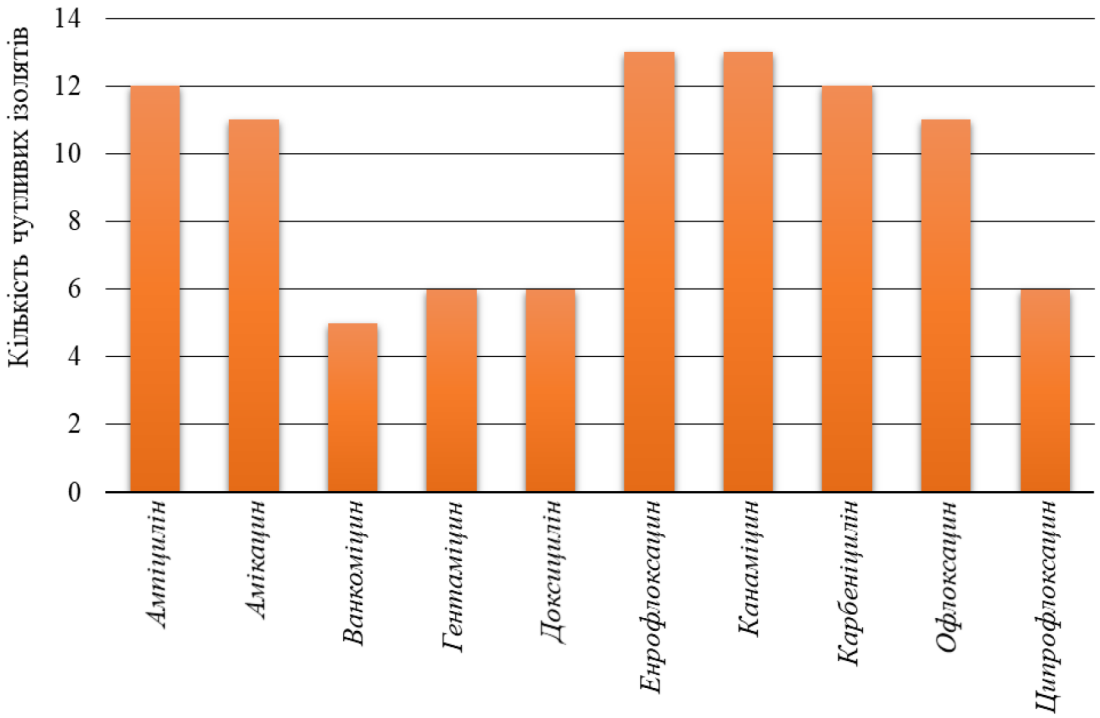


Рис. 2. Чутливість виділених ізолятів *Staphylococcus aureus* (*n* = 15) до антибіотиків

залози. Ми перевірили чутливість виділених ізолятів *Staphylococcus aureus* до 10 антибіотиків різних фармакологічних груп методом дифузії в агар (рис. 2).

Нашими дослідженнями встановлено, що більшість епізоотичних штамів *Staphylococcus aureus*, що циркулюють у господарстві, найбільш чутливі до енрофлоксацину (86,7 %), канаміцину (86,7 %), ампіциліну (80 %), амікацину (73,3 %) та офлоксацину (86,7 %). Помірна чутливість була проявлена до ванкоміцину (33,3 %), гентаміцину (40 %), доксициліну (40 %) та ципрофлоксацину (40 %). Також було виявлено ізолят, резистентний до всіх використаних антибіотиків (рис. 3).

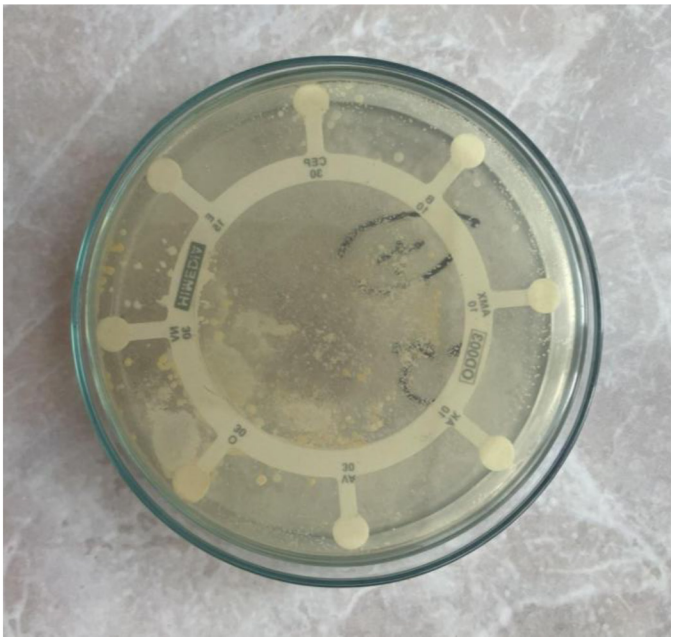


Рис. 3. Визначення чутливості *Staphylococcus aureus* до антибіотиків

У попередніх дослідженнях, проведених нами в іншому фермерському господарстві Хмельницької області, встановлено, що за результатами бактеріологічного аналізу 20 зразків секрету з чвертей вим'я корів із ознаками запального процесу було ізольовано 51 бактеріальний ізолят. Провідну роль в етіологічній структурі захворювання відігравали стафілококи, частка яких становила 41,2 %. Частота виділення стрептококів була майже вдвічі нижчою і становила 21,6 %. Аналогічний рівень поширеності зафіксовано для *Escherichia coli* та *Klebsiella pneumoniae*, сумарна частка яких становила 21,5 %. Здебільшого реєстрували асоціації мікроорганізмів (89,5 %), тоді як монокультуру виявляли лише у 10,5 % зразків і вона була представлена *Staphylococcus aureus*. Найменш поширеними збудниками виявилися *Pseudomonas aeruginosa* та *Streptococcus uberis* (по 5,9 %), які ізолювалися виключно у складі мікробних асоціацій [17].

Відомо, що від корів, хворих на мастит, виділено більш ніж 20 видів різних патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів, чутливість та резистентність до антибактеріальних препаратів у яких дуже варіює. Встановлений розподіл ізолятів є специфічною особливістю саме цього господарства і не відтворюється на інших фермах. Водночас слід зазначити, що мікробний пейзаж, отриманий у нашому дослідженні, загалом узгоджується з даними наукових праць щодо поширення маститів та їх збудників в Україні й у регіоні проведення досліджень [2; 5; 12; 13].

Перебіг патологічних процесів у молочній залозі корів значною мірою зумовлюється умовами утримання і годівлі, віковими особливостями тварин, рівнем їх молочної продуктивності, а також сезонними чинниками [14; 16; 24]. У зв'язку з цим комплексне вивчення зазначених факторів є необхідним для обґрунтування ефективних профілактичних і лікувальних заходів.

Інтервал від трьох тижнів до отелення до трьох тижнів після нього визначається як перехідний, або перипартурієнтний, період. У цей час молочні корови мають підвищену схильність до розвитку низки захворювань, зокрема маститу [6]. За даними досліджень інфекційні ураження молочної залози найчастіше реєструються під час отелення та протягом першого місяця лактації [7]. Сезонність також впливає на виробництво молока, його склад, а також поширення маститу у молочних корів [1].

На фермі ТОВ імені Б. Хмельницького утримується українська чорно-ряба молочна порода великої рогатої худоби. Дійне стадо складається зі 150 голів. У господарстві тривають роботи з реконструкції старих приміщень, побудованих 30–40 років назад. Останніми роками агропідприємство взяло курс на голштинізацію молочного стада. Молочна продуктивність становить у середньому 25 літрів на корову. Господарство продовжує розпочату роботу з розвитку молочного та м'ясного тваринництва. Ми дослідили, що тварин у господарстві утримують у типових корівниках, у стійловий період на прив'язі, моціон у зимовий період практично відсутній, з весни до

осені корови перебувають на оборі в літньому таборі. Підстилка в корівниках із соломи, гній видаляють скребковими транспортерами. Раціон годівлі корів упродовж року змінюється незначно і розрахований по групах залежно від молочної продуктивності тварини.

Дослідження на клінічні та субклінічні форми маститу проводились у 2025 році. Діагностику субклінічного маститу у корів, як правило, здійснювали з використанням методу Kenotest CID LINES N. V., який застосовували одразу після доїння з періодичністю один раз на місяць. Встановлено, що впродовж року на субклінічну форму маститу перехворіло 12,7 % дійного стада, до того ж повторно перехворіло 5 з 19 корів. На клінічний мастит хворіло 4,7 % тварин із серозно-катаральною і гнійно-некротичною формами. Рівень захворюваності корів на різні форми маститу змінювався протягом року, при цьому пік кількості хворих тварин припадав на літній період (червень–липень) та зимовий місяць – січень. Систематичні обстеження рівня захворюваності на мастит, проведені від моменту отелення, засвідчили, що найчастіше корови хворіли у другій і третій фазах лактації – зі 121-ї доби і до її завершення. Нашими дослідженнями встановлено, що найбільше маститів припадало на третю лактацію.

Висновки. Захворюваність корів на клінічний і субклінічний мастит зумовлюється не лише етіологічними чинниками, а й умовами утримання та годівлі тварин, сезонними особливостями перебігу запального процесу, а також рівнем продуктивності й періодом лактації корів. Встановлено, що домінуючим патогеном є *Staphylococcus aureus* (кожна друга проба), на фоні високої поширеності коагулазонегативних стафілококів (46,7 %). Визначено, що *Streptococcus spp*. виступають переважно збудниками клінічного маститу, тоді як *Escherichia coli* є постійним компонентом мікробного пейзажу незалежно від форми ураження. Аналіз антибіотикорезистентності епізоотичних штамів *S. aureus* дозволив виділити групу препаратів із високою інгібуючою активністю (73,3–86,7 %), до якої увійшли представники фторхінолонів (енрофлоксацин, офлоксацин), аміноглікозидів (канаміцин, амікацин) та пеніцилінів (ампіцилін). Водночас констатовано зниження терапевтичного потенціалу ванкоміцину, гентаміцину та доксиципліну через низьку частку чутливих до них мікроорганізмів.

Список використаних джерел

1. Mylostyvyi R. V., Izhboldina O. O., Kalinichenko O. O., Orishchuk O. S., Pishchan I. S., Khramkova O. M., Kapshuk N. O., Skliarov P. M., Sedzhian V., Hofmann H. Seasonal influence on milk productivity and mastitis cases in Ukrainian Brown Swiss cows. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2021. № 9(2). С. 66–73. DOI: 10.32819/2021.92011

2. Нестерук В. С., Нагорна Л. В. Характеристика основних етіологічних факторів виникнення маститу у корів в умовах «Полтавазернопродукту». *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних лікарських засобів та кормових добавок та Інституту біології тварин*. 2023. № 24(1). С. 98–104. DOI: 10.36359/scivp.2023-24-1.14

3. Шевченко М. В., Андрійчук А. В. Антибіотикорезистентність ізолятів *Staphylococcus spp*. та *Streptococcus spp*., що спричиняють мастит на молочних фермах України. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2023. № 1. С. 81–88. Doi: 10.33245/2310-4902-2023-180-1-81-88

4. Abebe R., Hatiya H., Abera M., Megersa B., Asmare K. Bovine mastitis: prevalence, risk factors and isolation of *Staphylococcus aureus* in dairy herds at Hawassa milk shed, South Ethiopia. *BMC Veterinary Research*. 2016. Vol. 12. Art. 270. DOI: 10.1186/s12917-016-0905-3

5. Cheng W. N., Han S. G. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments – a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020. Vol. 33, № 11. P. 1699–1713. DOI: 10.5713/ajas.20.0156

6. Drackley J. K. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82. P. 2259–2273. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3

7. De Visscher A., Piepers S., Haesebrouck F., De Vliegher S. Intramammary infection with coagulase-negative staphylococci at parturition. *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99. P. 6457–6469. DOI: 10.3168/jds.2015-10458

8. Haheen M., Tantary H., Nabi S. A treatise on bovine mastitis: disease and disease economics. *Advances in Dairy Research*. 2016. Vol. 4, № 1. Art. 1000150. DOI: 10.4172/2329-888X.1000150

9. Klaas I. C., Zadoks R. N. An update on environmental mastitis: Challenging perceptions. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2018. Vol. 65. P. 166–185. DOI: 10.1111/tbed.12704

10. Kitila G., Kebede B., Wakgari M. Prevalence, aetiology and risk factors of mastitis of dairy cows. *Veterinary Medicine and Science*. 2021. Vol. 7, № 5. P. 1593–1599. DOI: 10.1002/vms3.503

11. Król J., Brodziak A., Litwińczuk Z., Litwińczuk A. Effect of age and stage of lactation on whey protein content in milk. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2013. Vol. 16. P. 395–397. DOI: 10.2478/pjvs-2013-0055

12. Lakew B. T., Fayera T., Ali Y. M. Risk factors for bovine mastitis. *Tropical Animal Health and Production*. 2019. Vol. 51. P. 1507–1513. DOI: 10.1007/s11250-019-01838-w

13. Sweeney M. T., Gunnet L., Kumar D. M., Lunt B. L., Moulin V., Barrett M., Gurjar A., Doré E., Pedraza J. R., Bade D., Machin C. Antimicrobial susceptibility of mastitis pathogens isolated from North American dairy cattle, 2011–2022. *Veterinary Microbiology*. 2024. Art. 110015. DOI: 10.1016/j.vetmic.2024.110015

14. Moosavi M., Mirzaei A., Ghavami M., Tamadon A. Relationship between season, lactation number and incidence of clinical mastitis. *Veterinary Research Forum*. 2014. Vol. 5, № 1. P. 13–19.

15. Vršková M. et al. Occurrence of mastitis pathogens at dry off period and after calving in dairy cows. *Stočarstvo*. 2023. Vol. 77, № 1–2. P. 51–55.

16. Rajala-Schultz P. J., Gröhn Y. T., McCulloch C. E., Guard C. L. Effects of clinical mastitis on milk yield. *Journal of Dairy Science*. 1999. Vol. 82, № 6. P. 1213–1220. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75344-0

17. Suprovych T., Stroianovska L., Vishchur O., Havryliak V., Vasylyuk S., Masyuk M., Solovodzinska I., Lubenets I. Influence of liposomal thiosulfonate drug on the blood parameters of cows suffering catarrhal mastitis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14, № 2. P. 195–202. DOI: 10.15421/022329

18. Schreiner D., Ruegg P. Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *Journal of Dairy Science*. 2002. Vol. 85. P. 2503–2511. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74333-6

19. Smith K. L., Hogan J. S. Environmental mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 1993. Vol. 9. P. 489–498. DOI: 10.1016/S0749-0720(15)30616-2

20. Sharma N., Singh N. K., Singh O. P., Pandey V., Verma P. K. Oxidative stress and antioxidant status during transition period. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2011. Vol. 24. P. 479–484. DOI: 10.5713/ajas.2011.10220

21. Washburn S. P., White S. L., Green J. T., Benson G. A. Reproduction, mastitis, and body condition. *Journal of Dairy Science*. 2002. Vol. 85. P. 105–111. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74058-7

22. Weigel K. A., Shook G. E. Genetic selection for mastitis resistance. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2018. Vol. 34. P. 457–472. DOI: 10.1016/j.cvfa.2018.07.001

23. Zeinhom M. M. A., Aziz R. L. A., Mohammed A. N., Bernabucci U. Impact of seasonal conditions on quality and pathogens content of milk. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2016. Vol. 29. P. 1207–1213. DOI: 10.5713/ajas.16.0143

24. Zhou Q., Geng Z., Lian S., Wang J., Wu R. Analysis of lactation performance and mastitis incidence in high- and low-yielding dairy cows using DHI data. *Animals*. 2025. Vol. 15, № 17. Art. 2495. DOI: 10.3390/ani15172495

Bandura V. V.
Postgraduate Sudent at the Department of Animal Hygiene and Veterinary Support of the Cynological Service of the National Police of Ukraine, Higher educational institution "Podillia State University" Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *vasil.bandura.95@gmail.com*
ORCID: *0009-0007-1964-9028*

Suprovych T. M.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Hygiene and Veterinary Support of the Cynological Service of the National Police of Ukraine, Higher educational institution "Podillia State University" Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *suprovycht@gmail.com*
ORCID: *0000-0003-4708-6692*

PARATYPICAL FACTORS OF MASTITIS IN COWS ON FARMING OPERATIONS

Abstract

The article is devoted to a comprehensive study of the etiology and risk factors for mastitis in cattle in modern dairy farming. Mastitis is considered a multifactorial disease that causes significant economic losses due to reduced milk productivity, premature culling of animals, and deterioration of the technological properties of raw materials. The aim of the study was to determine the etiological structure of mastitis in cows during subclinical and clinical course, to assess paratypic factors of influence, and to determine the antibiotic sensitivity profile of dominant pathogens. Bacteriological monitoring showed that staphylococci play a leading role in the pathogenesis of the disease. Staphylococcus aureus was identified in 50.0 % of the samples studied, and coagulase-negative staphylococci accounted for 46.7 %. It has been proven that microorganisms of the genus Streptococcus spp. are mostly associated with acute clinical course, while Escherichia coli is a stable component of the microbial landscape regardless of the form of inflammation, indicating constant pressure from environmental factors. Special attention was paid to the analysis of S. aureus resistance. High sensitivity of isolates to fluoroquinolones (enrofloxacin, ofloxacin – 86.7 %), aminoglycosides (kanamycin – 86.7 %, amikacin – 73.3 %) and ampicillin (80.0 %) was revealed. At the same time, a decrease in the effectiveness of vancomycin, gentamicin, and doxycycline (sensitivity only 33.3–40.0 %) was noted. The conclusions confirm that a successful strategy for combating mastitis requires not only targeted antibiotic therapy, but also correction of housing conditions, taking into account seasonality and the physiological state of animals.

Key words: *mastitis in cows, Staphylococcus aureus, antibiotic resistance, etiological structure, paratype factors.*

References

1. Mylostyvyi, R. V., Izhboldina, O. O., Kalinichenko, O. O., Orishchuk, O. S., Pishchan, I. S., Khramkova, O. M., Kapshuk, N. O., Skliarov, P. M., Sedzhian, V., & Hofmann, H. (2021). Seasonal influence on milk productivity and mastitis cases in Ukrainian Brown Swiss cows. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(2), 66–73. https://doi.org/10.32819/2021.92011

2. Nesteruk, V. S., & Nahorna, L. V. (2023). Kharakterystyka osnovnykh etiologichnykh faktoriv vynyknennia mastytu koriv v umovakh TOV IPK "Poltavazernoprodukt" [Characteristics of the main etiological factors of mastitis occurrence in cows under conditions of "Poltavazernoprodukt"]. *Scientific and Technical Bulletin of the State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives and the Institute of Animal Biology, 24*(1), 98–104. https://doi.org/10.36359/scivp.2023-24-1.14 [in Ukrainian].

3. Shevchenko, M. V., & Andriichuk, A. V. (2023). Antybiotykorezystentnist izoliativ Staphylococcus spp. ta Streptococcus spp., shcho sprychyniaiut mastyt na molochnykh fermakh Ukrainy [Antibiotic resistance of *Staphylococcus spp*. and *Streptococcus spp.* isolates causing mastitis on dairy farms of Ukraine]. *Scientific Bulletin of Veterinary Medicine, 1*, 81–88. Doi: 10.33245/2310-4902-2023-180-1-81-88 [in Ukrainian].

4. Abebe, R., Hatiya, H., Abera, M., Megersa, B., & Asmare, K. (2016). Bovine mastitis: Prevalence, risk factors and isolation of *Staphylococcus aureus* in dairy herds at Hawassa milk shed, South Ethiopia. *BMC Veterinary Research*, 12, 270. https://doi.org/10.1186/s12917-016-0905-3

5. Cheng, W. N., & Han, S. G. (2020). Bovine mastitis: Risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments – A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(11), 1699–1713. https://doi.org/10.5713/ajas.20.0156

6. Drackley, J. K. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *Journal of Dairy Science*, 82, 2259–2273. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3

7. De Visscher, A., Piepers, S., Haesebrouck, F., & De Vliegher, S. (2016). Intramammary infection with coagulase-negative staphylococci at parturition: Species-specific prevalence, risk factors, and effect on udder health. *Journal of Dairy Science*, 99, 6457–6469. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10458

8. Haheen, M., Tantary, H., & Nabi, S. (2016). A treatise on bovine mastitis: Disease and disease economics, etiological basis, risk factors, impact on human health, therapeutic management, prevention and control strategy. *Advances in Dairy Research*, 4(1), 100015. https://doi.org/10.4172/2329-888X.1000150

9. Klaas, I. C., & Zadoks, R. N. (2018). An update on environmental mastitis: Challenging perceptions. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65(Suppl 1), 166–185. https://doi.org/10.1111/tbed.12704

10. Kitila, G., Kebede, B., & Wakgari, M. (2021). Prevalence, aetiology and risk factors of mastitis of dairy cows kept under extensive management system in west Wollega, western Oromia, Ethiopia. *Veterinary Medicine and Science*, 7(5), 1593–1599. https://doi.org/10.1002/vms3.503

11. Król, J., Brodziak, A., Litwińczuk, Z., & Litwińczuk, A. (2013). Effect of age and stage of lactation on whey protein content in milk of cows of different breeds. *Polish Journal of Veterinary Science*, 16, 395–397. https://doi.org/10.2478/pjvs-2013-0055

12. Lakew, B. T., Fayera, T., & Ali, Y. M. (2019). Risk factors for bovine mastitis with the isolation and identification of *Streptococcus agalactiae* from farms in and around Haramaya district, eastern Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 1507–1513. https://doi.org/10.1007/s11250-019-01838-w

13. Sweeney, M. T., Gunnet, L., Kumar, D. M., Lunt, B. L., Moulin, V., Barrett, M., Gurjar, A., Doré, E., Pedraza, J. R., Bade, D., & Machin, C. (2024). Antimicrobial susceptibility of mastitis pathogens isolated from North American dairy cattle, 2011–2022. *Veterinary Microbiology*, 291, 110015. https://doi.org/10.1016/j.vetmic. 2024.110015

14. Moosavi, M., Mirzaei, A., Ghavami, M., & Tamadon, A. (2014). Relationship between season, lactation number and incidence of clinical mastitis in different stages of lactation in a Holstein dairy farm. *Veterinary Research Forum, 5*(1), 13–19. PMID: 25568687; PMCID: PMC4279654

15. Vršková, M., et al. (2023). Occurrence of mastitis pathogens at dry off period and after calving in dairy cows. *Stočarstvo,* 77(1–2), 51–55.

16. Rajala-Schultz, P. J., Gröhn, Y. T., McCulloch, C. E., & Guard, C. L. (1999). Effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1213–1220. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75344-0

17. Suprovych, T., Stroianovska, L., Vishchur, O., Havryliak, V., Vasylyuk, S., Masyuk, M., Solovodzinska, I., & Lubenets, I. (2023). Influence of liposomal thiosulfonate drug on the blood parameters of cows suffering catarrhal mastitis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14(2), 195–202. https://doi.org/10.15421/ 022329

18. Schreiner, D., & Ruegg, P. (2002). Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *Journal of Dairy Science*, 85, 2503–2511. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74333-6

19. Smith, K. L., & Hogan, J. S. (1993). Environmental mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 9*, 489–498. https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30616-2

20. Sharma, N., Singh, N. K., Singh, O. P., Pandey, V., & Verma, P. K. (2011). Oxidative stress and antioxidant status during transition period in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24, 479–484. https://doi.org/10. 5713/ajas.2011.10220

21. Washburn, S. P., White, S. L., Green, J. T., & Benson, G. A. (2002). Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. *Journal of Dairy Science*, 85, 105–111. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74058-7

22. Weigel, K. A., & Shook, G. E. (2018). Genetic selection for mastitis resistance. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 34, 457–472. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.001

23. Zeinhom, M. M. A., Aziz, R. L. A., Mohammed, A. N., Bernabucci, U. (2016). Impact of seasonal conditions on quality and pathogens content of milk in Friesian cows. *Asian-Australas J Anim Sci*., 29, 1207–1213. https://doi.org/10.5713/ajas.16.0143

24. Zhou, Q., Geng, Z., Lian, S., Wang, J., & Wu, R. (2025). Analysis of Lactation Performance and Mastitis Incidence in High- and Low-Yielding. *Dairy Cows Using DHI Data. Animals*, 15(17), 2495. https://doi.org/10.3390/ani15172495

Дата першого надходження статті до видання: 19.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

УДК 619:616.993.192:615.28
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-40

Богач М. В.
доктор ветеринарних наук, професор,
Одеська дослідна станція Національного наукового центру
«Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини»
Одеса, Україна
E-mail: *bogach_nv@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-2763-3663*

Клименко О. С.
кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри нормальної і патологічної анатомії та фізіології тварин,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *oleksandr.klymenko@pdau.edu.ua*
ORCID: *0009-0004-9149-0304*

Михайлютенко С. М.
кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри паразитології та ветеринарно-санітарної експертизи
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: *svitlana.muhaylutenko@pdau.edu.ua*
ORCID: *0000-0001-6634-1244*

ТЕРАПЕВТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМБІНОВАНОГО ПРЕПАРАТУ ПРИ СПОНТАННОМУ ЕЙМЕРІОЗІ НУТРІЙ

Анотація

Зростаючий інтерес до виробництва екзотичних видів м'яса сприяв активному розвитку комерційного розведення нутрій у багатьох країнах світу. Нутрії характеризуються високою адаптивною здатністю до різних умов утримання та використовуються як для отримання хутра, так і для виробництва м'яса, яке відзначається високою поживною цінністю і розглядається як дієтичний продукт. Розвитку галузі сприяє впровадження сучасних технологій вирощування. Водночас важливою складовою ефективного ведення нутрієвництва є своєчасна діагностика, лікування та профілактика паразитарних захворювань, зокрема еймеріозу, який призводить до зниження продуктивності та економічних втрат. Метою даної роботи було визначення терапевтичної ефективності комплексного препарату при спонтанному еймеріозі нутрій. Дослідження проводили упродовж 2025 року в умовах приватного господарства Полтавської області (Кременчуцький район, с. Броварки). У дослід було відібрано нутрій віком 4 місяці за вольєрного утримання з клінічними та лабораторно підтвердженими ознаками еймеріозу. Рівень інвазії визначали методом Мак-Мастера шляхом підрахунку кількості ооцист у 1 грамі фекалій. До початку лікування показники інтенсивності інвазії в дослідних групах були порівнянними та становили від 340,36 ± 16,79 до 343,09 ± 17,33 ооцист/г. Результати досліджень засвідчили високу терапевтичну ефективність препарату «Трисульмікс суспензія» (MERIAL, Франція). За застосування максимальної дози, згідно інструкції від виробника, на 28-му добу спостереження екстенсефективність становила 90,9 %, тоді як при використанні нижчої дози (1 мл на один літр води) цей показник досягав лише 72,73 %. Відповідно, інтенсефективність лікування зростала зі збільшенням тривалості терапії та на 28-му добу досягала 98,25 % при оптимальній дозі, проти 83,55 % у разі застосування мінімальної дози. Отримані результати підтверджують доцільність використання препарату «Трисульмікс суспензія» у рекомендованій дозі (2 мл) для ефективного лікування еймеріозу нутрій та обґрунтовують його застосування у практиці нутрієводства з метою збереження здоров'я поголів'я і підвищення виробничої ефективності.

Ключові слова: *паразити, нутрія, Eimeria, Трисульмікс суспензія, екстенсефективність, інтенсефективність, препарати.*

Вступ. Нутрія – тварина, яку відносять до групи неотропічних гризунів. *Myocastor coypus* належить до родини *Myocastoridae* та є великим напівводяним гризуном, добре пристосованим до життя у водно-болотних екосистемах. Природним ареалом нутрії є південні регіони Південної Америки, звідки вона була інтродукована людиною на більшість континентів світу, за винятком Океанії та Антарктиди. Історично нутрія мала важливе господарське значення, оскільки її інтенсивно добували заради цінного хутра й дієтичного м'яса [11; 18; 21].

© Богач М. В., Клименко О. С., Михайлютенко С. М., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

Серед паразитів напівводяних гризунів та хутрових звірів одними з найбільш поширених та патогенних є одноклітинні паразити роду *Eimeria*. Еймеріоз характеризується високою летальністю, загальним виснаженням тварин, затримкою росту й розвитку молодняку, а також значним зниженням імунітету до інфекційних і інвазійних захворювань [2; 9; 14].

У 252 диких нутрій в Англії було виявлено ооцисти п'яти видів роду *Eimeria*. Два з них – *Eimeria myopotami* та *Eimeria nutriae* – були зареєстровані в Англії раніше. Натомість *Eimeria coypi*, *Eimeria seideli* та *Eimeria fluviatilis* n. sp. були вперше діагностовано в цій країні у 1984 році [12; 17].

Під час паразитологічного дослідження, проведеного в Польщі, підтверджено наявність еймеріозу (19,5 %). Було виявлено шість видів еймерій, три з яких вперше діагностовані для польської паразитофауни: E. *myopotami*, *E. nutriae* та *E. fluviatilis*. Домінувала *Eimeria coypi*. Зафіксовано більший відсоток поширеності у молодих особин до 6 місяців та у самок. Більша ураженість нутрій виявлена у тих, що утримувалися в Гожувському воєводстві, ніж у особин, що розмножувалися в Зеленогурському воєводстві [19]. А у диких нутрій, що мешкають у громадському парку в місті Куритиба, Бразилія, ЕІ мала позначку на рівні 50,0 % для ооцист еймерій [10].

Дослідження Занзані С. та співавторів зафіксували еймеріоз нутрій в Італії, де домінували *Eimeria coypi* (86,3 %), а також *Eimeria seideli* (6,8 %) [22]. Ендопаразитофауна диких нутрій Південної Америки була представлена дев'ятнадцятьма видами паразитів, серед яких переважали нематоди (82,0 %), найпростіші (46,1 %), трематоди (33,3 %) та цестоди (12,8 %). Найбільш поширеними паразитами були саме представники роду *Eimeria*, а також *Strongyloides myopotami* та *Trichuris myocastoris* [13].

Було визначено паразитарний статус нутрій (*Myocastor coypus*), що вирощуються як на фермах, так і вільно мешкають на берегах річок у Чеській Республіці. Оцінка фекалій нутрій, вирощених на фермах, показала інвазування такими паразитами: *Trichuris spp*., *Strongyloides spp*., *Trichostrongylus spp*., *Eimeria seidelli*, *Eimeria nutriae*, *Eimeria coypi* та *Eimeria myopotami* [15]. Так, у дослідженні, проведеному у префектурах Осака та Окаяма, Японія у 2025 році підтверджено наявність мікстінвазій, представлений різними класами. Крім *Strongyloides myopotami* (61,11 %) було виявлено *Capillaria spp*. та *Fasciola spp*., у 1 та 3 зразках відповідно. Автори зазначають, що 49/72 зразків (68,1 %) були позитивними на паразитів роду *Eimeria* [16].

За даними авторів, паразитують найпростіші у нутрій Сумської [6], Харківської [8; 20], Волинської та Хмельницької областей (Україна) [1; 2; 3].

Отже, еймеріоз є поширеним захворюванням нутрій у світі та потребує системного підходу до профілактики, своєчасної діагностики й профілактики. Проблема лікування нутрій за даної хвороби, зумовленого *Eimeria spp*., у науковій літературі залишається недостатньо вивченою. Дані щодо специфічної терапії еймеріозу саме у нутрій (*Myocastor coypus*) є поодинокими, а цілеспрямовані експериментальні дослідження в доступних наукових джерелах практично відсутні. Більшість наявних публікацій присвячена вивченню еймеріозу в інших видів тварин, зокрема у кролів, птиці та деяких гризунів, однак отримані результати можуть бути використані як орієнтир при виборі протиеймеріозних препаратів і терапевтичних підходів у ветеринарній практиці.

Так, встановлено, що Бровафом новий, Бровафарма (Україна) характеризується високою ефективністю щодо збудників еймеріозу курей (*Eimeria maxima, E. necatrix, E. acervulina*), забезпечуючи екстенсефективність на рівні 80,0 % та інтенсефективність – 85,7 %.

При застосуванні препарату Байкокс (Bayer Animal Health, Німеччина) у лікуванні еймеріозу кролів встановлено залежність ефективності від виду збудника: екстенсефективність щодо *E. stiedae* становила 40,0 %, тоді як щодо *E. perforans* і *E. magna* – по 80,0 %. Водночас інтенсефективність препарату досягала 75,9 %, 93,3 % та 91,3 % відповідно. Використання Трисульфону (КРКА, Словенія) забезпечувало повну (100,0 %) екстенс- та інтенсефективність проти *E. stiedae*. Щодо *E. perforans* і *E. magna* ЕЕ препарату становила 80,0 %, а ІЕ – 93,0 % [4].

Мета роботи. Беручи до уваги вищезазначене, мета роботи полягала у визначенні ефективності специфічної терапії за спонтанного еймеріозу нутрій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили впродовж 2025 р. в умовах приватного господарства Полтавської області (Кременчуцький район, с. Броварки), неблагополучного щодо еймеріозу нутрій.

У даному господарстві за вольєрного утримання напівводних гризунів з 58 досліджених голів, хворими виявилося 47, що становило 81,3 %. Для визначення рівня інвазованості напівводяних гризунів, їх фекалії проаналізовано за допомогою лічильної камери МакМастера [5; 7]. Діагностовано еймерії, що зображено на рисунку 1. Інтенсивність інвазії коливалася від 264 до 444 ооцист/г.

Підтвердження нами наявності збудника у господарствах зумовлює необхідність належного ветеринарного забезпечення як невід'ємної складової технології вирощування нутрій із обов'язковим урахуванням системи утримання тварин. Провідне місце в комплексі ветеринарно-санітарних заходів займають лікувально-профілактичні заходи, спрямовані на елімінацію збудників паразитарної етіології, зокрема еймерій [5; 9].

Разом із тим, у науковій літературі відсутні дані щодо апробації сучасних протикокцидних препаратів у даній географічній зоні. Аналіз доступних інтернет-джерел засвідчив, що в результаті лікування нутрій віком 10–12 місяців препарат Бровітакокцид проявляв високу терапевтичну ефективність, забезпечуючи 80,0–100,0 % екстенс- та інтенсефективність щодо збудників еймеріозу [4].



Рис. 1. Ооцисти *Eimeria* spp., виявлені при мікроскопічному дослідженні фекалій нутрій

У наукових публікаціях також наведено результати порівняльної оцінки протиеймеріозної терапії із застосуванням Брометронід-нового та Бровітакокциду за еймеріозу кролів. Встановлено, що доповнення базової протиеймеріозної терапії препаратом бровалевамізол, який проявляє імуностимулювальні властивості, а також імуномодулювальним і противірусним засобом Аміксин та пробіотиком Байкал ЕМ-1У, сприяє підвищенню інтенс- та екстенсефективності еймеріостатиків до 100,0 % упродовж 3–5 діб після введення препаратів [4].

З огляду на це було сформовано дві дослідні групи нутрій віком 4 місяці (по 11 голів у кожній), хворих на еймеріоз, яким проводили специфічну терапію. Для лікування застосовували комбінований бактерицидний/протозойний препарат у формі суспензії для перорального застосування, що містить сульфадиметоксин натрію (18,67 г) та триметоприм (4,0 г) у 100 мл препарату. Згідно з інструкцією виробника, рекомендований діапазон дозування становив 1–2 мл препарату на 1 л питної води протягом 5 діб поспіль. Нутріям першої дослідної групи (інтенсивність інвазії – 343,09 ± 17,33 ооцист/г) лікарський засіб «Трисульмікс» у формі суспензії (MERIAL, Франція) застосовували перорально з питною водою в дозі 1 мл на 1 л води протягом 5 діб. Нутріям другої дослідної групи (інтенсивність інвазії – 340,36 ± 16,79 ооцист/г) цей самий препарат застосовували в дозі 2 мл на 1 л питної води також протягом 5 діб поспіль. Забій тварин дозволявся не раніше ніж через 8 діб після завершення курсу лікування.

Отримані дані свідчать, що в обох дослідних групах відмічалася позитивна динаміка зниження рівня інвазії вже з 7-ї доби лікування, однак ступінь терапевтичного ефекту істотно різнився між групами. У групі І на 7-му добу ЕЕ становила 45,45 %, а ІЕ – 62,39 %, що вказує на слабку ефективність терапії на початковому етапі. На 14-ту добу ці показники зросли відповідно до 72,73 % та 83,55 %, а на 28-му добу залишалися на тому ж рівні, що свідчить про стабілізацію лікувального ефекту без подальшого істотного зростання (табл. 1).

Натомість у групі ІІ терапевтичний ефект був значно вищим на всіх етапах дослідження. Уже на 7-му добу ЕЕ досягала 81,82 %, а ІЕ – 83,39 %. На 14-ту добу ефективність лікування зросла до 90,91 % за ЕЕ та 96,50 % за ІЕ, а на 28-му добу спостерігали майже повне елімінування еймерій (ЕЕ – 90,9 %, ІЕ – 98,25 %).

Таблиця1. Ефективність терапії за спонтанного еймеріозу нутрій (*n* = 11, %)

Препарат/група	Доба дослідження					
	7-ма		14-та		28-ма	
	ЕЕ	ІЕ	ЕЕ	ІЕ	ЕЕ	ІЕ
Трисульмікс суспензія/ І	45,45	62,39	72,73	83,55	72,73	83,55
Трисульмікс суспензія/ ІІ	81,82	83,39	90,91	96,50	90,9	98,25

Висновки. Результати досліду свідчать про високу терапевтичну ефективність препарату «Трисульмікс суспензія» (MERIAL, Франція) за спонтанного еймеріозу нутрій у дозі 2 мл на один літр води (ЕЕ – 90,9 %, ІЕ – 98,25 %). Подальші дослідження доцільно спрямувати на аналіз змін гематологічних та біохімічних показників крові нутрій після застосування лікарських препаратів.

Список використаних джерел

1. Довгій Ю. Ю., Корячков В. А. Динаміка гематологічних показників у крові нутрій, хворих еймеріозом, до та після лікування бровітакокцидом. *Збірник наукових праць за матеріалами Поліського міжнародного науково-практичного семінару «Сучасні проблеми діагностики в паразитології та ветеринарно-санітарній експертизі». Секція № 1*. Житомир : ЖНАЕУ, 2008. С. 29–31.

2. Довгій Ю. Ю., Кушнірова Г. А., Довгій М. Ю. Еймеріози хутрових звірів і домашніх птахів. *Ветеринарна медицина*. 2013. Вип. 97. С. 378–379. URL: https://jvm.kharkov.ua/sbornik/97/7_152.pdf

3. Довгій Ю. Ю., Рудік О. В. Одноклітинні організми роду *Eimeria* та їх вплив на організм птиці і хутрових звірів. *Виклики та досягнення медичної науки та освіти*: колективна монографія. Рига: Baltija Publishing, 2020. С. 36–53. DOI: https://doi.org/10.30525/978-9934-26-024-7-3

4. Корячков В. А. Еймеріоз кролів та нутрій (поширення, діагностика та заходи боротьби): автореф. дис. … канд. вет. наук: 16.00.11. Львів. нац. університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. Львів, 2015. 21 с.

5. Кручиненко О. В. Паразитарні хвороби кролів (поширення, діагностика та лікування). *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки*. 2023. *25*(111). С. 54–61. https://doi.org/10.32718/nvlvet11109

6. Осадча Д. О., Зон Г. А. Спектр паразитофауни нутрій з аматорських господарств Сумської області. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин*, 2016. № 17(1). С. 206–210. URL: http://repo.snau.edu.ua/xmlui/handle/123456789/3577

7. Пономар С. І., Гончаренко В. П., Соловйова Л. М. Довідник з диференціювання збудників інвазійних хвороб тварин / за ред. С. І. Пономаря. Київ : Аграрна освіта, 2010. 327 с.

8. Прусакова О. О., Мазанний О. В. Результати паразитологічного дослідження нутрій на еймеріоз при клітковому та підлоговому утриманні у приватних господарствах Харківської області. *Ветеринарна медицина*. 2010. Вип. 93. С. 331–334. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vetmed_2010_93_71

9. Франчук Л. О. Еймеріоз кролів (поширення, патогенез, лікування) : автореф. дис. … канд. вет. наук : 16.00.11. Міністерство освіти і науки України, Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2015. 22 с.

10. El-Kouba M. M., Marques S. M., Pilati C., Hamann W. Presence of Fasciola hepatica in feral nutria (*Myocastor coypus*) living in a public park in Brazil. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2009. № 40(1). P. 103–106. https://doi.org/10.1638/2008-0064.1

11. Głogowski R., Czauderna M., Rozbicka A., Krajewska K. A., Clauss M. Fatty acid profile of hind leg muscle in female and male nutria (*Myocastor coypus*), fed green forage diet. *Meat Science*. 2010. № 85(3). P. 577–579. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.008

12. Lewis D. C., Ball S. J. Eimeria fluviatilis n. sp. and other species of Eimeria in wild coypus in England. *Systematic Parasitology*. 1984. Vol. 6. P. 191–198.

13. Martino P. E., Radman N., Parrado E. et al. Occurrence of parasites in wild nutria (*Myocastor coypus* Molina, 1782). *Helminthologia*. 2012. Vol. 49. P. 164–168. DOI: 10.2478/s11687-012-0033-y

14. Musaev M. A., Manafova S. G. The degree of infection of coypus (*Myocastor coypus Mol*.) with coccidia according to their breeding in natural conditions and in large cages. *Wiadomości Parazytologiczne*. 1976. Vol. 22, № 4–5. P. 477–478.

15. Nechybová S., Langrová I., Tůmová E. Parasites of *Myocastor coypus* – a comparison in farm animals and their feral counterparts. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2018. Vol. 49(1). P. 21–25. DOI:10.2478/sab-2018-0004

16. Ouchi S., Koda R., Ishizuk Y., Ikemoto S., Sakata, M., Iwaide S., Shibahara T., Hinenoya, A., Uni S., Sasai K., & Matsubayashi M. Morphological identification and phylogenetic analysis of *Eimeria coypi* and *Eimeria fluviatilis* (Apicomplexa: Eimeriidae) isolated from nutrias (*Myocastor coypus* [Rodentia]) in Japan. *Systematic Parasitology*, 2025. Vol. 102(1). P. 18. https://doi.org/10.1007/s11230-025-10216-0

17. Prasad H. Two new species of coccidia of the coypu. *The Journal of Protozoology*, 1960. Vol. 7(3). P. 207–210. https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1960.tb00731.x

18. Saadoun A., Cabrera M. C. A review of productive parameters, nutritive value and technological characteristics of farmed nutria meat (*Myocastor coypus*). *Meat Science*, 2019. Vol.148. P. 137–149. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.006

19. Scheuring W. The examination of intestinal parasitofauna in coypu (*Myocastor coypus*, Molina 1782) from closed husbandries with particular regard to coccidia. Edited by Akademii Rolcniczej, Wroclaw, Polska, 1990. 41 pp.

20. Sumakova N. V., Paliy A. P., Pavlichenko O. V., Petrov R. V., Morozov B. S., Plys V. M., Mushynskyi A. B. Intestinal parasites of *Myocastor coypus* (Rodentia, Myocastoridae) on animal farms in Eastern Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2025. Vol. 16(3), e25117. https://doi.org/10.15421/0225117

21. Tůmová E., Chodová D., Vlčková J., Němeček T., Uhlířová L., Skřivanová V. Age-related changes in the carcass yield and meat quality of male and female nutrias (*Myocastor coypus*) under intensive production system. Meat *Science*, 2017. Vol. 133. P. 51–55. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.003

22. Zanzani, S. A., Di Cerbo, A., Gazzonis, A. L., Epis, S., Invernizzi, A., Tagliabue, S., Manfredi M. T. Parasitic and bacterial infections of *Myocastor coypus* in a metropolitan area of northwestern Italy. *Journal of Wildlife Diseases*, 2016. Vol. 52(1). P. 126–130. https://doi.org/10.7589/2015-01-010

Bogach M. V.
Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Odesa Research Station of the National Research Center
"Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine"
Odesa, Ukraine
E-mail: *bogach_nv@ukr.net*
ORCID: *0000-0002-2763-3663*

Klymenko O. S.
Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Normal and Pathological Anatomy and Animal Physiology,
Poltava State Agrarian University,
Poltava, Ukraine
E-mail: *oleksandr.klymenko@pdau.edu.ua*
ORCID: *0009-0004-9149-0304*

Mykhailiutenko S. M.
Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Parasitology and Veterinary Sanitary Expertise,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine
E-mail: *svitlana.muhaylutenko@pdau.edu.ua*
ORCID: *0000-0001-6634-1244*

THERAPEUTIC EFFICACY OF A COMBINED PREPARATION IN SPONTANEOUS EIMERIOSIS OF NUTRIA

Abstract

The growing interest in the production of exotic meats has contributed to the active development of commercial nutria farming in many countries worldwide. Nutria are characterized by a high adaptive capacity to various housing conditions and are used both for fur production and for meat production, the latter being highly nutritious and regarded as a dietary product. The development of this industry is further supported by the introduction of modern breeding technologies. At the same time, an essential component of effective nutria farming is the timely diagnosis, treatment, and prevention of parasitic diseases, particularly eimeriosis, which leads to decreased productivity and significant economic losses. The aim of this study was to determine the therapeutic efficacy of a combined preparation in cases of spontaneous eimeriosis in nutria. The study was conducted in 2025 on a private farm located in the Poltava region (Kremenchuk district, Brovarky village). Four-month-old nutria kept in an enclosure and exhibiting clinically and laboratory-confirmed signs of eimeriosis were selected for the study. The level of infestation was determined using the McMaster method by counting the number of oocysts per gram of feces. Before treatment, the intensity of infestation in the experimental groups was comparable and ranged from 340.36 ± 16.79 to 343.09 ± 17.33 oocysts/g. The results demonstrated a high therapeutic efficacy of the drug Trisulmix suspension (MERIAL, France). When administered at the maximum dose recommended by the manufacturer, the efficacy reached 90.9 % on the 28th day of observation, whereas the use of a lower dose (1 ml per liter of water) resulted in an efficacy of only 72.73 %. Accordingly, the intensity of treatment effectiveness increased with the duration of therapy and reached 98.25 % on the 28th day at the optimal dose, compared to 83.55 % when the minimum dose was used. These findings confirm the appropriateness of administering Trisulmix suspension at the recommended dose (2 ml) for the effective treatment of nutria eimeriosis and justify its application in nutria farming to maintain herd health and enhance production efficiency.

Key words: *parasites, nutria, Eimeria, Trisulmix suspension, extensive efficacy, Effectiveness of intensive treatment, drugs.*

References

1. Dovhii, Y. Y., & Koriachkov, V. A. (2008). Dynamika hematolohichnykh pokaznykiv u krovi nutrii, khvorykh eimeriozom, do ta pislia likuvannia brovitakoktsydom [Dynamics of hematological parameters in the blood of nutria affected by eimeriosis before and after treatment with Brovitacoccid]. *In Suchasni problemy diahnostyky v parazytolohii ta veterynarno-sanitarnij ekspertyzi (Section 1, pp. 29–31)*. Zhytomyr National Agroecological University. [in Ukrainian].
2. Dovhii, Y. Y., Kushnirova, H. A., & Dovhii, M. Y. (2013). Eimeriozy khutrovykh zviriv i domashnikh ptakhiv [Eimeriosis of fur-bearing animals and poultry]. *Veterinary Medicine*, (97), 378–379. https://jvm.kharkov.ua/sbornik/97/7_152.pdf [in Ukrainian].
3. Dovhii, Yu. Yu., & Rudik, O. V. (2020). Odnoklitinni orhanizmy rodu *Eimeria* ta yikh vplyv na orhanizm ptytsi i khutrovykh zviriv [Unicellular organisms of the genus *Eimeria* and their impact on the organism of poultry and fur-bearing animals]. In *Vyklyky ta dosiahnennia medychnoi nauky ta osvity*: kolektyvna monohrafiia (pp. 36–53). Baltija Publishing. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-024-7-3 [in Ukrainian].
4. Koriachkov, V. A. (2015). Eimerioz kroliv ta nutrii (poshyrennia, diahnostyka ta zakhody borotby) [Eimeriosis of rabbits and nutria (distribution, diagnostics, and control measures)] (Abstract of PhD dissertation). Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine. [in Ukrainian].
5. Kruchynenko, O. V. (2023). Parazytarni khvoroby kroliv (poshyrennya, diahnostyka ta likuvannya) [Parasitic diseases of rabbits (distribution, diagnosis, and treatment)]. *Naukovyy visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhyts'koho. Seriya: Veterynarni nauky – Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 25(111), 54–61. https://doi.org/10.32718/nvlvet11109 [in Ukrainian].
6. Osadcha, D. O., & Zon, H. A. (2016). Spektr parazytofauny nutrii z amatorskykh hospodarstv Sumskoi oblasti [Spectrum of the parasitofauna of nutria from amateur farms of Sumy region]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten DNDKIVP ta KD i IBT*, 17(1), 206–210. http://repo.snau.edu.ua/xmlui/handle/123456789/3577 [in Ukrainian].
7. Ponomar, S. I., Honcharenko, V. P., & Soloviova, L. M. (2010). *Dovidnyk z dyferentsiiuvannia zbudnykiv invaziinykh khvorob tvaryn* [Handbook on differentiation of pathogens of invasive animal diseases]. Ahrarna osvita. [in Ukrainian].

8. Prusakova, O. O., & Mazannyi, O. V. (2010). Rezultaty parazytolohichnoho doslidzhennia nutrii na eimerioz pry klitkovomu ta pidlohovomu utrymanni u pryvatnykh hospodarstvakh Kharkivskoi oblasti [Results of parasitological study of nutria for eimeriosis under cage and floor housing]. *Veterinary Medicine*, (93), 331–334. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vetmed_2010_93_71 [in Ukrainian].

9. Franchuk, L. O. (2015). *Eimerioz kroliv (poshyrennia, patohenez, likuvannia)* [Eimeriosis of rabbits (distribution, pathogenesis, treatment)] (Abstract of PhD dissertation). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. [in Ukrainian].

10. El-Kouba, M. M., Marques, S. M., Pilati, C., & Hamann, W. (2009). Presence of *Fasciola hepatica* in feral nutria (*Myocastor coypus*) living in a public park in Brazil. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 40(1), 103–106. https://doi.org/10.1638/2008-0064.1 [in English].

11. Głogowski, R., Czauderna, M., Rozbicka, A., Krajewska, K. A., & Clauss, M. (2010). Fatty acid profile of hind leg muscle in female and male nutria (*Myocastor coypus* Mol.), fed green forage diet. *Meat Science*, 85(3), 577–579. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.008 [in English].

12. Lewis, D. C., & Ball, S. J. (1984). *Eimeria fluviatilis n. sp*. and other species of Eimeria in wild coypus in England. *Systematic Parasitology*, 6, 191–198. [in English].

13. Martino, P. E., Radman, N., Parrado, E., Bautista, E., Cisterna, C., Silvestrini, M., & Corba, S. (2012). Occurrence of parasites in wild nutria (*Myocastor coypus* Molina, 1782). *Helminthologia*, 49(3), 164–168. https://doi.org/10.2478/s11687-012-0033-y [in English].

14. Musaev, M. A., & Manafova, S. G. (1976). The degree of infection of coypus (*Myocastor coypus* Mol.) with coccidia according to their breeding in natural conditions and in large cages. *Wiadomości Parazytologiczne*, 22(4–5), 477–478. [in English].

15. Nechybová, S., Langrová, I., & Tůmová, E. (2018). Parasites of *Myocastor coypus* – a comparison in farm animals and their feral counterparts.*Scientia Agriculturae Bohemica*, 49(1), 21–25. DOI:10.2478/sab-2018-0004 [in English].

16. Ouchi, S., Koda, R., Ishizuka, Y., Ikemoto, S., Sakata, M., Iwaide, S., Shibahara, T., Hinenoya, A., Uni, S., Sasai, K., & Matsubayashi, M. (2025). Morphological identification and phylogenetic analysis of *Eimeria coypi* and *Eimeria fluviatilis* (*Apicomplexa: Eimeriidae*) isolated from nutrias (*Myocastor coypus* [Rodentia]) in Japan. *Systematic Parasitology*, 102(1), 18. https://doi.org/10.1007/s11230-025-10216-0 [in English].

17. Prasad, H. (1960). Two new species of coccidia of the coypu. *The Journal of Protozoology*, 7(3), 207–210. https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1960.tb00731.x [in English].

18. Saadoun, A., & Cabrera, M. C. (2019). A review of productive parameters, nutritive value and technological characteristics of farmed nutria meat (*Myocastor coypus*). *Meat Science*, 148, 137–149. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.006 [in English].

19. Scheuring, W. (1990). The examination of intestinal parasitofauna in coypu (*Myocastor coypus, Molina 1782*) from closed husbandries with particular regard to coccidia. Edited by Akademii Rolcniczej, Wroclaw, Polska, 41 pp. [in English].

20. Sumakova, N. V., Paliy, A. P., Pavlichenko, O. V., Petrov, R. V., Morozov, B. S., Plys, V. M., & Mushynskyi, A. B. (2025). Intestinal parasites of *Myocastor coypus* (Rodentia, Myocastoridae) on animal farms in Eastern Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(3), e25117. https://doi.org/10.15421/0225117 [in English].

21. Tůmová, E., Chodová, D., Vlčková, J., Němeček, T., Uhlířová, L., & Skřivanová, V. (2017). Age-related changes in the carcass yield and meat quality of male and female nutrias (*Myocastor coypus*) under intensive production system. *Meat Science*, 133, 51–55. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.06.003 [in English].

22. Zanzani, S. A., Di Cerbo, A., Gazzonis, A. L., Epis, S., Invernizzi, A., Tagliabue, S., & Manfredi, M. T. (2016). Parasitic and bacterial infections of *Myocastor coypus* in a metropolitan area of northwestern Italy. *Journal of Wildlife Diseases*, 52(1), 126–130. https://doi.org/10.7589/2015-01-010 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 15.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 02.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

УДК 613.268:633.85
DOI https://doi.org/10.37406/2706-9052-2026-1-41

Данчук В. В.
доктор сільськогосподарських наук, професор,
головний науковий співробітник,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН;
професор кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: *dan-vv1@ukr.net*
ORCID: *0000-0003-2156-1758*

Мельничук Т. М.
доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
професор кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М. К. Шикули,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *melnychuktm1962@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-0465-9457*

Сенін С. А.
кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: *sergejsen@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-7972-5714*

Пташник Г. О.
викладач спецдисциплін першої кваліфікаційної категорії,
Відокремлений структурний підрозділ «Немішаївський фаховий коледж
Національного університету біоресурсів і природокористування України»
Немішаєве, Україна
E-mail: *ptashnikg@gmail.com*
ORCID: *0009-0002-6170-8312*

Ландаренко Л. С.
спеціаліст І категорії, викладач спеціальних дисциплін відділення «Ветеринарна медицина»,
Відокремлений структурний підрозділ «Немішаївський фаховий коледж
Національного університету біоресурсів і природокористування України»
Немішаєве, Бучанський р-н, Київська обл.
E-mail: *luda.landarenko@gmail.com*
ORCID: *0009-0006-6113-6843*

ОСОБЛИВОСТІ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ РІЗНИХ ВИДІВ ОЛІЙ

Анотація

Рослинні олії є незамінними компонентами раціону ссавців, виконуючи роль як концентрованого джерела енергії, так і структурного базису клітинних мембран. Їхня біологічна цінність та функціональні властивості безпосередньо визначаються жирнокислотним складом, зокрема співвідношенням насичених, мононенасичених та поліненасичених жирних кислот. Особливу наукову увагу приділяють балансу есенціальних родин omega-3 та omega-6 жирних кислот, оскільки саме вони є прекурсорами біоактивних медіаторів, що регулюють запальні процеси, когнітивні функції та стабільність серцево-судинної системи.

Матеріалом для досліджень слугували зразки олій, які надходили для дослідів упродовж останніх десяти років. Аналіз метилових ефірів жирних кислот (ЖК) проводили на газовому хроматографі з полум'яно-іонізаційним детектором. У статті наведено результати визначення жирнокислотного складу різних видів олій та проведено порівняльний аналіз вітчизняних олій щодо вмісту в них насичених та поліненасичених жирних кислот, акцент приділено вмісту ліноленової

© Данчук В. В., Мельничук Т. М., Сенін С. А., Пташник Г. О., Ландаренко Л. С., 2026
pISSN 2706-9052, eISSN 2706-851X

(С18:3n3) кислоти. Встановлено, що в оліях переважають поліненасичені жирні кислоти, які перебувають у межах від 85,53 до 91,53 %. За вмістом поліненасичених жирних кислот родини омега-3, а саме лінолевої (С18:3n3), із досліджених нами олій лідерами залишаються: лляна олія (30–58 %), конопляна олія (20–22 %), олії з плодів та кісточок шипшини (28–32 %), олія з волоського горіха (8–12 %), олія з рижія (26–30 %), гірчична олія (7,5–8,5 %), олія з кісточок малини (31–35 %). Дещо менший вміст лінолевої омега-3 жирної кислоти ми спостерігали в олії з плодів обліпихи (3,7–4 %). У рідкісних видах олій, які наявні на ринку України, наприклад в олії з чорного кмину, вміст лінолевої (С18:3n3) кислоти становив до 1 %, в олії з гарбуза – 3–5 %, в оліях з розторопші та реп'яховій – до 0,5 %, олія із зародків пшениці містить 2,5–4 % цієї жирної кислоти, в оліях з кунжута, виноградних кісточок та зародків амаранту цієї жирної кислоти міститься до 1 %.

Ключові слова: *олії, поліненасичені жирні кислоти, ліпіди.*

Вступ. Олії є невід'ємною частиною здорового правильного раціону ссавців. Вони на 99 % складаються з ліпідів (рослинних жирів). Харчові жири (складаються переважно з жирних кислот) відіграють вирішальну роль у засвоєнні і транспортуванні жиророзчинних вітамінів, синтезі простагландинів тощо [11].

Залежно від того наявні чи відсутні в них подвійні зв'язки, жирні кислоти поділяються на: насичені (НЖК) – не містять подвійних зв'язків; мононенасичені (МНЖК) – містять у своєму складі один подвійний зв'язок та поліненасичені (ПНЖК) – містять від двох до шести подвійних зв'язків, а також містять цис- або транс- та n-3 або n-6 жирні кислоти. ПНЖК не можуть бути синтезовані в організмі людей, тобто повинні надходити з їжею [13].

У разі нестачі в раціоні незамінних жирних кислот, особливо родин омега-3, а також у разі дисбалансу між омега-6 та омега-3 жирними кислотами вчені спостерігали підвищення рівня серцево-судинних захворювань, часте виникнення інфарктів, раку, інсулінової резистентності, астми, вовчака, шизофренії, депресій, особливо післяпологових, передчасне старіння, інсульти, ожиріння, діабети, артрити та хвороби Альцгеймера [7].

Оптимальним для здоров'я вважається підтримання співвідношення омега-6 та омега-3 жирних кислот у діапазоні 5–10:1 [8; 14].

Нині Україна посідає одне з провідних місць у Європі з виробництва рослинних олій та є експортером та імпортером олійно-жирової продукції. Майже дві третини на ринку рослинних олій в Україні займає соняшникова олія, третину – кукурудзяна та ріпакова, і невеликий відсоток – інші види рослинних олій (оливкова, соєва, лляна, гірчична та інші) [15].

Жирнокислотний склад олій є свого роду «візитівкою», яка показує унікальність олій та відрізняє їх за хімічним складом. Визначення жирнокислотного складу є основним методом встановлення можливих фальсифікацій та підробок олій.

Жирнокислотний склад вітчизняних олій, які виробляються в Україні у промислових масштабах, прописаний у відповідних нормативних документах [1; 3], а також чинний окремий ДСТУ на оливкову олію, яка імпортується в Україну [2]. У Кодексі Аліментаріусі зазначено вміст жирних кислот більшості наявних видів олій, у тому числі і видів соняшникової олії, залежно від вмісту в них олеїнової кислоти [6].

Мета дослідження – визначити жирнокислотний склад олій, провести порівняльний аналіз та встановити відмінності якісного та кількісного вмісту окремих жирних кислот залежно від виду олій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідницьку роботу виконували на базі Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України, яка акредитована за міжнародним стандартом якості ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019.

Матеріалом для досліджень слугували зразки олій (понад 40 видів), які надходили для досліджень впродовж останніх десяти років. Для визначення жирнокислотного складу проби олій ретельно перемішували. Відбирали 3–5 крапель олії і розчиняли її в 1,9 $см^3$ гексану. В отриманий розчин додавали 0,1 $см^3$ розчину натрію метилату в метанолі (2 моль/$дм^3$) та ретельно перемішували протягом 2 хв. Після відстоювання (5 хв) пробу фільтрували через паперовий фільтр (синю стрічку), залишаючи осад на дні пробірки [4].

Аналіз метилових ефірів жирних кислот (ЖК) проводили на газовому хроматографі Trace GC Ultra (США) з полум'яно-іонізаційним детектором. Умови хроматографування: температура колонки 140–240 °С, температура детектора – 260 °С. Кількість проби для хроматографування – 1 мкл.

Ідентифікування жирних кислот проводили за допомогою стандартного зразка *Supelco 37 Component FAME Mix*, який містить 37 жирних кислот. Кількісну оцінку спектра жирних кислот здійснювали методом внутрішньої нормалізації, визначаючи їх вміст у відсотках. Згідно з вимогами системи якості дослідження усіх проб проводили у двох паралелях.

Сучасна увага науковців приділяється вивченню ролі насичених та ненасичених (моно- та полі-) жирних кислот. Ґрунтуючись на проведених дослідженнях вчені схиляються до обмеження споживання насичених жирних кислот [5] та заміною їх ненасиченими жирними кислотами, зокрема поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК). Ці рекомендації ґрунтуються на переконливих доказах, які демонструють корисні наслідки для здоров'я організму (зменшення серцево-судинних захворювань, ішемій, інсультів [9; 10].

Жирнокислотний склад традиційних рослинних олій, досліджених в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК, наведено в табл. 1.

У вітчизняних оліях в основному виявляли 12–13 жирних кислот, серед яких найвищі відсотки припадали на олеїнову, лінолеву та пальмітинову жирні кислоти. Якщо аналізувати жирнокислотний склад у розрізі родин жирних кислот, то в усіх оліях переважають ненасичені жирні кислоти в межах від 85,53 до 91,53 % (рис. 1).

Таблиця 1. Жирнокислотний склад вирощуваних в Україні традиційних видів олій та оливкової олій ($M \pm m$), $n = 100$

Назви жирних кислот	Види олій			
	Соняшникова	Ріпакова	Соєва	Оливкова
Міристинова (C14:0)	0,08 ± 0,02	0,04 ± 0,002	0,02 ± 0,004	0,08 ± 0,01
Пальмітинова (C16:0)	6,57 ± 0,10	5,02 ± 0,10	12,03 ± 0,32	6,67 ± 0,14
Пальмітолеїнова (C16:1)	0,12 ± 0,03	0,38 ± 0,06	0,01 ± 0,004	0,09 ± 0,006
Стеаринова (C18:0)	3,32 ± 0,06	1,88 ± 0,12	2,28 ± 0,08	3,33 ± 0,12
Олеїнова (C18:1n9c)	22,60 ± 1,16	60,59 ± 3,87	26,17 ± 1,60	23,72 ± 1,87
Лінолева (C18:2n6c)	66,03 ± 3,44	21,89 ± 1,07	52,24 ± 4,18	64,83 ± 3,58
Арахінова (C20:0)	0,22 ± 0,08	0,69 ± 0,04	0,10 ± 0,02	0,23 ± 0,05
Ліноленова (C18:3n3)	0,05 ± 0,004	7,73 ± 0,22	6,96 ± 0,16	0,08 ± 0,01
Гадолеїнова (C20:1n9)	0,12 ± 0,03	1,02 ± 0,06	0,06 ±	0,13 ± 0,05
Бегенова (C22:0)	0,65 ± 0,05	0,69 ± 0,08	0,01 ±	0,67 ± 0,01
Ерукова (C22:1n9)	0,00	0,41 ± 0,06	0,08 ±	0,00
Лігноцеринова (C24:0)	0,24 ± 0,05	0,15 ± 0,04	0,03 ±	0,17 ± 0,006
Нервонова (C24:1)	0,00	0,20 ± 0,01	0,00	0,00

Примітка: дані представлено як масова частка жирної кислоти у % від суми жирних кислот

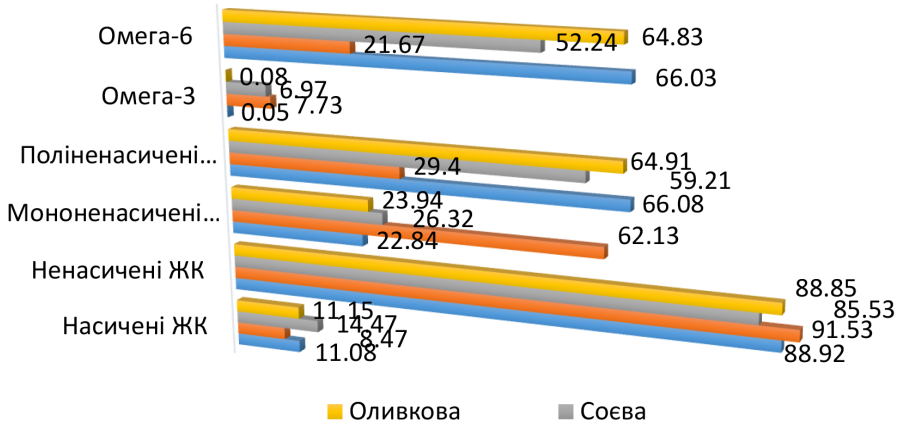


Рис. 1. Жирнокислотний склад вітчизняних видів олій промислового виробництва

Щодо вмісту ліноленової кислоти (C18:3n3) родини омега-3, то найвищим її вміст спостерігали у соєвих та ріпакових оліях. Водночас найнижчий рівень омега-6 жирних кислот ми спостерігали в ріпакових оліях стосовно оливкової (64,83 %), соєвої (52,24 %) та соняшникової (66,03 %).

Крім традиційних вітчизняних олій, на ринку Україні мають місце рідкісні види олій, отримані, наприклад, з лікарських плодів та горіхів. Авторами статті також були досліджені досить рідкісні види олій.

З огляду на сучасні дослідження важливості ролі жирних кислот для організму, особливу увагу привертають жирні кислоти родини омега-3. Науковцями доведена їх позитивна дія на організм. Нині ці кислоти містяться в харчових та біологічно активних добавках. За вмістом поліненасичених жирних кислот родини омега-3, а саме лінолевої (C18:3n3), із досліджених нами олій лідерами залишаються: лляна олія (30–58 %), конопляна олія (20–22 %), олії з плодів та кісточок шипшини (28–32 %), олія з волоського горіха (8–12 %), олія з рижія (26–30 %), гірчична олія (7,5–8,5 %), олія з кісточок малини (31–35 %). Дещо менший вміст лінолевої омега-3 жирної кислоти ми спостерігали в олії з плодів обліпихи (3,7–4 %).

У рідкісних видах олій, які наявні на ринку України, наприклад, в олії з чорного кмину, вміст лінолевої (C18:3n3) кислоти становив до 1 %, в олії з гарбуза – 3–5 %, в оліях з розторопші та реп'яховій – до 0,5 %, олія із зародків пшениці містить 2,5–4 % цієї жирної кислоти, в оліях з кунжута, виноградних кісточок та зародків амаранту цієї жирної кислоти міститься до 1 %.

Якщо порівнювати вміст лінолевої кислоти у соняшниковій та оливковій оліях, то її вміст однаково низький в обох цих видах олій і становить 0,05–0,08 %.

Наші результати сумісні з результатами інших дослідників, які проводили визначення жирнокислотного складу 14 видів олій (сафлорової, виноградної, розторопші плямистої, конопляної, соняшникової, зародків пшениці, гарбузового насіння, кунжутної, рисових висівок, мигдальної, ріпакової, арахісової, оливкової та кокосової), методом газової хроматографії встановлено, що в цих оліях переважали насичені (НЖК), мононенасичені

(МНЖК) і поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), пальмітинова кислота (С16:0; 4,6 %–20,0 %), олеїнова кислота (С18:1; 6,2 %–71,1 %) і лінолева кислота (С18:2; 1,6 %–79 %) відповідно [12].

Висновки. Біологічна та харчова цінність рослинних олій визначається їх жирнокислотним складом. Встановлено, що в оліях переважають поліненасичені жирні кислоти, які перебувають у межах від 85,53 до 91,53 %. За вмістом поліненасичених жирних кислот родини омега-3, а саме лінолевої (С18:3n3), із досліджених нами олій найвищий вміст спостерігали в олії з кісточок малини (31–35 %); лляній олії (30–58 %), конопляній (20–22 %), олії з плодів та кісточок шипшини (28–32 %), олії з рижія (26–30 %) та в гірчичній олії (7,5–8,5 %). Вміст лінолевої кислоти у соняшниковій та оливковій оліях однаково низький і перебуває на рівні 0,05–0,08 %. Встановлення жирнокислотного складу та дієтичної цінності олій може стати основою для розробки нових лікувально-профілактичних раціонів для тварин. Використання органічних добавок поліненасичених жирних кислот може істотно підвищити адаптаційну здатність тварин за умов змін клімату, однак це питання потребує додаткового вивчення.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 4492:2017 Олія соняшникова. Технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73415

2. ДСТУ 5065:2008 Олія оливкова. Технічні умови постачання. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=86202

3. ДСТУ 8175:2015 Олія ріпакова. Технічні умови URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=80411

4. ДСТУ ISO 5509-2002 Жири тваринні і рослинні та олії. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT). URL: https://ukrmts.com/docsdb/2999.html

5. Arnett D. K., Blumenthal R. S., Albert M. A. ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines. *Circulation*. 2019. Vol. 140, e596–e646. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000678

6. Codex Stan 210–1999 Codex standard for named vegetable oils Date Uploaded to Website: May 30, 2024. URL: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/tr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B210-1999%252FCXS_210e.pdf

7. DiNicolantonio J. J., O'Keefe J. The importance of maintaining a low omega-6/omega-3 ratio for reducing the risk of autoimmune diseases, asthma, and allergies. *Mo. Med*. 2021. Vol. 118. P. 453–459. PMID: 34658440.

8. Farag M. A., Gad M. Z. Omega-9 fatty acids: Potential roles in inflammation and cancer management. *J. Genet. Eng. Biotechnol*. 2022. Vol. 20. P. 48. https://doi.org/10.1186/s43141-022-00329-0

9. Kirkpatrick C. F., Sikand G., Petersen K. S. Nutrition interventions for adults with dyslipidemia: a clinical perspective from the National Lipid Association. *J Clin Lipidol*. 2023. Vol. 17. P. 428–451. https://doi.org/10.1016/j.jacl.2023.05.099

10. Lichtenstein A. H., Appel L. J., Vadiveloo M. Dietary guidance to improve cardiovascular health: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2021. Vol. 144, e472–e487. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001031

11. Ojha P. K., Poudel D. K., Rokaya A., Maharjan S., Timsina S., Poudel A., Satyal R., Satyal P., Setzer W. N. Chemical Compositions and Essential Fatty Acid Analysis of Selected Vegetable Oils and Fats. *Compounds*. 2024. Vol. 4(1). P. 37–70. https://doi.org/10.3390/compounds4010003

12. Orsavova J., Misurcova L., Ambrozova J. V., Vicha R., Mlcek J. Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids. *Int J Mol Sci*. 2015. Vol. 16(6). P. 12871–90. https://doi.org/10.3390/ijms160612871

13. Proust F., Lucas M., Deawailly É. Fatty acid profiles among the Inuit of Nunavi: Current status and temporal change. Prostaglandins Leukot. *Essent. Fat. Acids*. 2014. Vol. 90. P. 159–167. https://doi.org/10.1016/j.plefa.2014.02.001

14. Simopoulos A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother*. 2002. Vol. 56. P. 365–379. DOI: 10.1016/s0753-3322(02)00253-6

15. Ushkalov V. O., Iakubchak O. M., Taran T. V., Midyk S. V., Dudchenko N. Ya. Selected quality indicators of sunflower seed and oil sold in Ukraine. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*. 2020. Vol. 11(2). P. 53–62. https://doi.org/10.31548/ujvs2020.02.005

Danchuk V. V.
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief Researcher of the Institute of Climate-Oriented Agriculture
of the National Academy of Sciences of Ukraine;
Professor at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: *dan-vv1@ukr.net*
ORCID: *0000-0003-2156-1758*

Melnychuk T. M.
Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Professor at the Department of Soil Science and Soil Protection named after Prof. M. K. Shykula,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *melnychuktm1962@gmail.com*
ORCID: *0000-0002-0465-9457*

Senin S. A.
PhD degree in Biological Sciences, Senior Researcher
Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: *sergejsen@gmail.com*
ORCID: *0000-0001-7972-5714*

Ptashnyk H. O.
teacher of special disciplines of the first qualification category,
Detachabloed Subdivision "Nemishayeve Professional College of National University
of Life and Environmental Sciences of Ukraine"
Nemishayevo, Ukraine
E-mail: *ptashnikg@gmail.com*
ORCID: *0009-0002-6170-8312*

Landarenko L. S.
specialist of the 1st category, teacher of special disciplines of the Department "Veterinary Medicine",
Detachabloed Subdivision "Nemishayeve Professional College
of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine"
Nemishayevo, Ukraine
E-mail: *luda.landarenko@gmail.com*
ORCID: *0009-0006-6113-6843*

FEATURES OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF DIFFERENT TYPES OF OILS

Abstract

Vegetable oils are indispensable components of the human diet, acting as both a concentrated source of energy and the structural basis of cell membranes. Their biological value and functional properties are directly determined by the fatty acid composition, in particular the ratio of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. Special scientific attention is paid to the balance of the essential families of omega-3 and omega-6 fatty acids, since they are the precursors of bioactive mediators that regulate inflammatory processes, cognitive functions and the stability of the cardiovascular system.

The material for the study was oil samples received for research over the past 10 years. The analysis of fatty acid methyl esters (FA) was carried out on a gas chromatograph with a flame ionization detector. The article presents the results of determining the fatty acid composition of various types of oils and conducts a comparative analysis of domestic oils in terms of the content of saturated and polyunsaturated fatty acids in them, with emphasis on the content of linolenic (C18:3n3) acid. It was found that polyunsaturated fatty acids prevail in oils, which range from 85.53 to 91.53 %. In terms of the content of polyunsaturated fatty acids of the omega-3 family, namely linoleic (C18:3n3), the leaders among the oils studied by us remain: linseed oil (30–58 %), hemp oil (20–22 %), oils from rose hips and seeds (28–32 %), walnut oil (8–12 %), ginger oil (26–30 %), mustard oil (7.5–8.5 %), raspberry seed oil (31–35 %). We observed a somewhat lower content of linoleic omega-3 fatty acid in sea buckthorn fruit oil (3.7–4 %). In rare types of oils available on the Ukrainian market, for example, in black cumin oil, the content of linoleic (C18:3n3) acid was up to 1 %, in pumpkin oil – 3–5 %, in milk thistle and burdock oils – up to 0.5 %, wheat germ oil contains 2.5–4 % of this fatty acid, in sesame, grape seed and amaranth germ oils this fatty acid contains up to 1 %.

Key words: *oils, polyunsaturated fatty acids, lipids.*

References

1. DSTU 4492:2017 *Oliia soniashnykova. Tekhnichni umovy* [DSTU 4492:2017 Sunflower oil. Technical conditions]. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=73415 [in Ukrainian].

2. DSTU 5065:2008 *Oliia olyvkova. Tekhnichni umovy postachannia* [DSTU 5065:2008 Olive oil. Technical conditions of supply]. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=86202 [in Ukrainian].

3. DSTU 8175:2015 *Oliia ripakova. Tekhnichni umovy* [DSTU 8175:2015 Rapeseed oil. Technical conditions]. Retrieved from: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=80411 [in Ukrainian].

4. DSTU ISO 5509-2002 *Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Pryhotuvannia metylovykh efiriv zhyrnykh kyslot* (ISO 5509:2000, IDT) [DSTU ISO 5509-2002 Animal and vegetable fats and oils. Preparation of fatty acid methyl esters]. Retrieved from: https://ukrmts.com/docsdb/2999.html [in Ukrainian].

5. Arnett, D. K., Blumenthal, R. S., Albert, M. A. (2019). ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines. *Circulation*, 140, e596–e646. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000678 [in English].

6. Codex Stan 210–1999 Codex standard for named vegetable oils Date Uploaded to Website: May 30, 2024. Retrieved from: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/tr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B210-1999%252FCXS_210e.pdf [in English].

7. DiNicolantonio, J. J., O'Keefe, J. (2021). The importance of maintaining a low omega-6/omega-3 ratio for reducing the risk of autoimmune diseases, asthma, and allergies. *Mo. Med*. 118, 453–459. PMID: 34658440 [in English].

8. Farag, M. A., Gad, M. Z. (2022). Omega-9 fatty acids: Potential roles in inflammation and cancer management. *J. Genet. Eng. Biotechnol*, 20, 48. https://doi.org/10.1186/s43141-022-00329-0 [in English].

9. Kirkpatrick, C. F., Sikand, G., Petersen, K. S. (2023). Nutrition interventions for adults with dyslipidemia: a clinical perspective from the National Lipid Association. *J Clin Lipidol*., 17, 428–451. https://doi.org/10.1016/j.jacl.2023.05.099 [in English].

10. Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Vadiveloo, M. (2021). Dietary guidance to improve cardiovascular health: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 144, e472–e487. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001031 [in English].

11. Ojha, P. K., Poudel, D. K., Rokaya, A., Maharjan, S., Timsina, S., Poudel, A., Satyal, R., Satyal, P., Setzer, W. N. (2024). Chemical Compositions and Essential Fatty Acid Analysis of Selected Vegetable Oils and Fats. *Compounds*, 4(1), 37–70. https://doi.org/10.3390/compounds4010003 [in English].

12. Orsavova, J., Misurcova, L., Ambrozova, J.V., Vicha, R., Mlcek, J. (2015). Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids. *Int J Mol Sci*., 16(6), 12871–90. https://doi.org/10.3390/ijms160612871 [in English].

13. Proust, F., Lucas, M., Deawailly, É. (2014). Fatty acid profiles among the Inuit of Nunavi: Current status and temporal change. Prostaglandins Leukot. *Essent*. *Fat. Acids*., 90, 159–167. https://doi.org/10.1016/j.plefa.2014.02.001 [in English].

14. Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharmacother*, 56, 365–379. DOI: 10.1016/s0753-3322(02)00253-6 [in English].

15. Ushkalov, V. O., Iakubchak, O. M., Taran, T. V., Midyk, S. V., Dudchenko, N. Ya. (2020). Selected quality indicators of sunflower seed and oil sold in Ukraine. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*. 11(2), 53–62. https://doi.org/10.31548/ujvs2020.02.005 [in English].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 03.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 06.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026

НОТАТКИ

Науково-практичне видання

Scientific-practical edition

ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК: сільське господарство, техніка, економіка

PODILIAN BULLETIN: agriculture, engineering, economics

Міжнародний науковий журнал

International scientific journal

Випуск 1(50) 2026

Issue 1(50) 2026

Реєстрація суб'єкта у сфері онлайн-медіа:
Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2330 від 11.07.2024 року (Ідентифікатор медіа – R40-05094).
Суб'єкт у сфері онлайн-медіа: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет» (вул. Шевченка, буд. 12, м. Кам'янець-Подільський Хмельницької обл., 32316, main@pdatu.edu.ua, тел. (03849) 7 62 85)

Registration of on-line media entity:
Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine No. 2330 as of 11.07.2024 (Media ID: R40-05094)
On-line media entity: Higher educational institution "Podillia State University" (12 Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi Region, 32316, main@pdatu.edu.ua, tel. (03849) 7 62 85)

Адреса редакції:
вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський
Хмельницької області, 32316
тел. (03849) 2-43-55; 6-83-24;
e-mail: main@pdatu.edu.ua

Editorial Office:
13, Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi,
Ukraine, 32316
tel. (03849) 2-43-55; 6-83-24;
e-mail: main@pdatu.edu.ua

Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Тел.: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
Замов. 0426/295. E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

Publishing House "Helvetica"
6/1 Inglezi, Odesa, 65101
Phone +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
Order 0426/295. E-mail: mailbox@helvetica.ua
Certificate of the subject of publishing business
DK No. 7623 dated June 22, 2022