

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 4 (49)



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК: СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ, ТЕХНІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ І ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Заснований у 2005 р.

Випуск 4 (49)
<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4>
Виходить чотири рази на рік

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X

Засновник: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Головний редактор:

Горюк Ю.В. – д-р вет. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна)

Випусковий редактор:

Гораш К.В. – канд. пед. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна)

Редакційна колегія:

сільськогосподарські науки:

Блащик Л. – д-р с.-г. наук, Інститут генетики рослин Польської академії наук (Польща),

Едіта Юшук-Куб'як – д-р с.-г. наук, професор, Варшавський університет наук про життя – SGGW (Польща),

Павло Носаль – д-р с.-г. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугон Коллонтай у Кракові (Польща),

Чинчик О.С. – д-р с.-г. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Овчарук В.І. – д-р с.-г. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Ясінецька І.А. – д-р екон. наук, професор, проректор ЗВО «ПДУ» (Україна),

технічні науки:

Дуганець В.І. – канд. техн. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Михайлова Л.М. – канд. техн. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Марек Врубель – канд. техн. наук, професор, Університет сільськогосподарства в Кракові (Польща),

Кшиштоф Мудрик – канд. техн. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугон Коллонтай у Кракові (Польща),

Мацей Тадеуш Кубонь – канд. техн. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугон Коллонтай у Кракові (Польща),

Шелудченко Л.С. – д-р техн. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Славомір Курпаска – канд. техн. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугон Коллонтай у Кракові (Польща),

Грушецький С.М. – канд. тех. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Дуганець В.І. – канд. техн. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Гордєєв А.І. – д-р тех. наук, професор, заслужений винахідник України, Хмельницький національний університет (Україна),

Диха О.В. – д-р тех. наук, професор, Хмельницький національний університет (Україна),

Борак К.В. – д-р тех. наук, доцент, Житомирський агротехнічний фаховий коледж (Україна)

економічні науки:

Гуменюк І.І. – канд. філол. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Корженівська Н.Л. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Семенишена Н.В. – д-р екон. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Куцмус Н.М. – д-р екон. наук, доцент, Поліський національний університет (Україна),

Чеслав Новак – Dr hab inż., професор, Університет прикладних наук в Тарнові (Польща),

Чикуркова А.Д. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Рудик В.К. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Цвігун І.А. – д-р екон. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна)

ветеринарні науки:

Горюк В.В. – канд. вет. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Кучерук М. – д-р вет. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Кухтин М.Д. – д-р вет. наук, професор, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна),

Левицька В.А. – д-р вет. наук, доцент, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Сачук Р. – д-р вет. наук, старший дослідник, Рівненський державний гуманітарний університет (Україна)

Супрович Т.М. – д-р с.-г. наук, професор, ЗВО «ПДУ» (Україна),

Схвалено Вченою радою ЗВО «ПДУ» (протокол № 13 від 27.11.2025 р.)

Підписано до друку 16.12.2025 р.

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))

Спеціальності: C1 Економіка, D1 облік і оподаткування, D2 Фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок, D3 Менеджмент, D6 Секретарська та офісна справа, D5 Маркетинг, G11 Машинобудування (за спеціалізаціями), H1 Агрономія, H2 Тваринництво, H6 Ветеринарна медицина.

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», 2025

© Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2025

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 4 (49)



“Helvetica”
Publishing House
2025

PODILIAN BULLETIN: AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

AGRICULTURAL, TECHNICAL, ECONOMIC AND VETERINARY SCIENCES

Founded in 2005

Issue 4 (49)

<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4>
Periodicity: 4 times a year

pISSN 2706-9052

eISSN 2706-851X

Founder: Higher Educational Institution «Podillia State University»

Editor-in-Chief:

Horiuk Yu. V. – Doctor of Veterinary, Associate Professor, HEI «PSU» (Ukraine)

Publishing editor:

Horash K.V. – PhD in Pedagogy, Associate Professor, HEI «PSU» (Ukraine)

Editorial Board:

Agricultural sciences:

Blashchik Lidiia – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., Institute of Plant Genetics Polish Academy of Sciences (Poland)

Edyta Juszczuk-Kubiak – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., Warsaw University of Life Sciences – SGGW (Poland)

Pavlo Nosal – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Chynchik O.S. – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Ovcharuk V.I. – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Yasinetska I.A. – Doctor of Economics, Prof., Pro-rector of HEI «PSU» (Ukraine)

Technical sciences:

Duhanets V.I. – PhD in Engineering, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Slavomir Kurpaska – Doctor of Technical Sciences, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Mykhailova L.M. – Candidate of Technical Sciences, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Hrushetskyi S. – Candidate of Technical Sciences, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Marek Vrubel – Candidate of Technical Sciences, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Duhanets V. – Candidate of Technical Sciences, Assoc. Prof., Head of the Department of Technical Service and General Technical Subjects, HEI «PSU» (Ukraine)

Kshyshtof Mudryk – Candidate of Technical Sciences, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Hordieiev A. – Doctor of Engineering, Prof., Prof. of the Department of Mechanical Engineering Technology, Khmelnytsky National University (Ukraine)

Matsei Tadeush Kubon – PhD, Prof., University of Agriculture in Krakow (Poland)

Dykha O. – Doctor of Engineering, Prof., Head of the Department of tribology, automobiles and materials science, Khmelnytsky National University (Ukraine)

Sheludchenko L.S. – Doctor of Engineering, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Borak K. – Doctor of Engineering, Associate Prof., Deputy Director for Education, Zhytomyr Agrotechnical College (Ukraine)

Economic sciences:

Humeniuk I.I. – PhD in Philology, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Semenyshena N.V. – Doctor of Economics, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Korzhnivska N.L. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Cheslav Novak – Dr hab inż., Prof., University of Applied Sciences in Tarnow (Poland)

Kutsmus N.M. – Doctor of Economics, Assoc. Prof., Polissia National University (Ukraine)

Chykurkova A.D. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Rudyk V.K. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Tsvihun I. A. – Doctor of Economics, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Veterinary sciences:

Horiuk V.V. – PhD in Veterinary, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Levytska V.A. – Doctor of Veterinary, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Kucheruk M. – Doctor of Veterinary, Assoc. Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Sachuk R. – Doctor of Veterinary, Senior Researcher, Rivne State University of the Humanities (Ukraine)

Kukhtyn M.D. – Doctor of Veterinary, Prof., Ternopil Ivan Puluj National Technical University (Ukraine)

Suprovych T.M. – Dr. Sc. in Agriculture, Prof., HEI «PSU» (Ukraine)

Recommended by Academic Council of HEI «PSU» (protocol № 13 from 27.11.2025)

Signed for printing on 16.12.2025.

The journal is included 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))

Specialties: C1 Economics, D1 Accounting and Taxation, D2 Finance, Banking, Insurance and Stock Market, D3 Management, D6 Secretarial and Office Management, D5 Marketing, G11 Mechanical Engineering (with specializations), H1 Agriculture, H2 Livestock Breeding, H6 Veterinary Medicine.

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», 2025

© Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics, 2025

ЗМІСТ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

Huang Chaolin, Yaroshchuk R. A. PEARL RIVER DELTA REGION CULTIVATED LAND QUALITY EVALUATION.....	11
Александрова Т. Ю. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ РОЖЕВОПІДНОГО ПОМІДОРА ДЛЯ ЗИМОВИХ ТЕПЛИЦЬ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ	17
Безвіконний П. В., М'ялковський Р. О., Потапський Ю. В., Кушнірук Т. М. ОСОБЛИВОСТІ ПЛАНУВАННЯ СІЛЬСЬКИХ ПАРКОВИХ ЗОН.....	23
Гамаюнова В. В., Бакланова Т. В. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ РИЖОЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ РОКУ, СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ	32
Гораш О. С., Климишена Р. І., Вільчинська Л. А. ОЦІНКА СЕЛЕКЦІЙНИХ НОМЕРІВ ГРЕЧКИ ДЛЯ ПРОМІЖНИХ ПОСІВІВ В УМОВАХ ПІВДЕННОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО	38
Гудзенко О. Г., Іжболдін О. О. РЕАКЦІЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ГОРОХУ НА ВИКОРИСТАННЯ ІНОКУЛЯНТІВ І ПРОТРУЙНИКІВ ЗА РІЗНИХ ПОПЕРЕДНИКІВ У СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ	44
Джежула О. В. ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ГІДРОТЕРМІЧНИМИ РЕСУРСАМИ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО	50
Зубов Д. А. ЗАПАСИ ВОЛОГИ В ҐРУНТІ В СОЄВО-КУКУРУДЗЯНИХ СІВОЗМІНАХ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО	56
Івасик М. В., Хоміна В. Я. УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ФОНУ ЖИВЛЕННЯ І НОРМИ ВИСІВУ НАСІННЯ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	63
Козіна Т. В. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ MOODLE У ФОРМУВАННІ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ АГРОНОМІВ.....	68
Кушнірук Т. М. РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ КОНДИТЕРСЬКОЇ ФУД-ФЛОРИСТИКИ	74
Лапчинський В. В., Кисельов О. М., Лакуста А. А. ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЧНИХ МЕТОДІВ У ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА УМОВИ ЗМІНИ КЛІМАТУ	79
Ласло О. О., Тристан Д. В. ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РАННЬОСТИГЛИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ	86
Леньков Л. Г., Коробань М. П., Лихач В. Я., Лихач А. В., Фаустов Р. В. ФОРМУВАННЯ М'ЯСНИХ ОЗНАК СВИНЕЙ ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ ТА ПЕРЕДЗАБІЙНОЇ ЖИВОЇ МАСИ.....	93
Мельник В. В., Прокопенко Н. П., Базиволяк С. М., Темченко Д. В. УТРИМАННЯ ТА ГОДІВЛЯ КУРЕЙ ПОРОДИ ШАБО В УМОВАХ КИЇВСЬКОГО ЗООЛОГІЧНОГО ПАРКУ	104
Мулярчук О. І. ТОВАРНА ЯКІСТЬ ТЕПЛИЧНИХ ОГІРКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ЗБЕРІГАННЯ.....	111
Овчаренко О. О., Опара В. О. МЕТАБОЛІЧНА АДАПТАЦІЯ КОРІВ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ У НОВОТІЛЬНИЙ ПЕРІОД ЗА РІЗНИХ СХЕМ ДОЇННЯ.....	115
Овчарук О. В., Овчарук В. І., Ткач О. В., Аветісян Г. А., Овчарук К. О. ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ НА ЗМІНУ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЗЕРНА	122

Падалко Т. О. СПІВВІДНОШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ШЛЯХОМ СЕЛЕКЦІЇ ТЕТРАПЛОЇДНИХ ФОРМ РОМАШКИ ЛІКАРСЬКОЇ З ВИСОКИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ	128
Паламарчук В. Д., Азуркін В. О., Кричковський В. Ю. ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ	132
Созикін А. В. СОРТОВА РЕАКЦІЯ ВАСИЛЬКІВ СПРАВЖНІХ НА СТРОК СІВБИ ТА ВИСАДКИ РОЗСАДИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	142
Товпига М. Л., Домарацький Є. О. ДИНАМІКА НАРОСТАННЯ НАДЗЕМНОЇ БІОМАСИ ОЗИМОГО РІПАКУ РІЗНИХ СТРОКІВ СІВБИ ПІД ВПЛИВОМ СТИМУЛЯТОРА РОСТУ «ХЕЛАФІТ»	147
Цицюра Я. Г. ЕФЕКТИВНІСТЬ СИДЕРАЦІЇ БІОФУМІГАЦІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	152
Яворов В. М., Плахтій Д. П., Гаврилюк В. Б., Небаба К. С. ОПТИМІЗАЦІЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КУЛЬТУР КОРМОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	162
Ярошук Д. А., Лихач А. В. ФОРМУВАННЯ М'ЯСНИХ ОЗНАК СВИНЕЙ ЗА РІЗНИХ КЛАСІВ ЇХ АКТИВНОСТІ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	168

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Duan Yingxue, Lukash S. M. CURRENT STATUS AND CHALLENGES OF CORPORATE INVESTMENT RISK.....	175
Бурлаков О. С. ВИКЛИКИ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ЕКОНОМІЧНИХ ГАЛУЗЕЙ В УМОВАХ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	181
Місюк М. В., Лобунько А. В. ЗЕМЕЛЬНІ РЕСУРСИ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ: СУТНІСТЬ, ФУНКЦІЇ, СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІН	185
Смолярчук М. В. ЗЕМЕЛЬНІ СЕРВІТУТИ У ДЕРЖАВНОМУ ЗЕМЕЛЬНОМУ КАДАСТРІ: СУТНІСТЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ	192
Цвігун І. А., Білянський Ю. О., Матіяш В. П. ЕКОНОМІЧНІ ВИКЛИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ.....	197

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Басова Ю. О., Левченко Ю. В., Проценко О. Ю., Качур С. В. АНАЛІЗ ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРІЧКОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ	203
Бойко В. Б., Денисенков О. В. АГРОМІСТ З АВТОНОМНИМ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯМ ДЛЯ МОСТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	211
Дуганець В. І., Пукас В. Л., Гарасимчук І. Д., Потапський П. В. ІНТЕГРАЦІЯ ПРИКЛАДНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ІНТЕРНЕТ-РЕЧЕЙ У ПІДГОТОВЦІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ	220
Потапський Ю. В., Безвіконний П. В., Тарасюк В. А. РАЦІОНАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВИВЕЗЕННЯ ПОРУБКОВИХ ЗАЛИШКІВ У ПАРКОВИХ НАСАДЖЕННЯХ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО.....	227
Рудь А. В., Краснолуцький П. П., Грушецький С. М., Корчак М. М. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ МІШАЛКИ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ	233

Теслюк Г. В.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ҐРУНТООБРОБКИ
У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР 241

Шелудченко Л. С., Комарніцький С. П., Павлів О. В., Мельник В. А.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ 249

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Данчук В. В., Чесак М. Г., Данчук О. В., Мідик С. В., Сенін С. А.

МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА СКЛАД МОЛОКА КОРІВ ІЗ РІЗНИМ ТОНУСОМ АВТОНОМНОЇ
НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ЗА ХРОНІЧНОГО ТЕПЛОВОГО СТРЕСУ 254

Карчевська Т. М.

ДЕЯКІ ЕПІЗООТОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПАТОГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ
ЗА ХЛАМІДІОЗУ КОТІВ У ПОДІЛЬСЬКОМУ РЕГІОНІ..... 261

Ліщук С. Г., Добровольський В. А., Ковальова О. М.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ:
КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОМІМЕТИКІВ ПРИ ПЛОСКОКЛІТИННІЙ КАРЦИНОМІ У СОБАКИ 266

Ліщук С. Г.

ЗМІНА ФАГОЦИТАРНОЇ АКТИВНОСТІ КЛІТИН КРОВІ СВИНЕЙ
ЗА ВПЛИВУ МАЛОЇ ПОГЛИНУТОЇ ДОЗИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ..... 273

Савчук Л. Б., Захарова Т. В., Крикун Д. О.

АНАТОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ГІСТОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ БУДОВИ ШЛУНКА
РЯДУ LAGOMORPHA 279

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

Huang Chaolin, Yaroshchuk R. A. PEARL RIVER DELTA REGION CULTIVATED LAND QUALITY EVALUATION.....	11
Alieksandrova T. Yu. EFFECTIVENESS OF GROWTH STIMULANTS IN THE CULTIVATION OF ROSE-FRUITED TOMATOES FOR WINTER GREENHOUSES IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE	17
Bezvikonnyy P. V., Myalkovsky R. O., Potapsky Yu. V., Kushniruk T. M. FEATURES OF PLANNING RURAL PARK AREAS	23
Gamajunova V. V., Baklanova T. V. FORMATION OF SPRING CAMELINA YIELD DEPENDING ON YEAR CONDITIONS, VARIETAL CHARACTERISTICS AND NUTRITION OPTIMIZATION IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE....	32
Horash O. S., Klymyshena R. I., Vilchynska L. A. EVALUATION OF BUCKWHEAT BREEDING ACCESSIONS FOR INTERMEDIATE CROPPING UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN WESTERN FOREST-STEPPE.....	38
Hudzenko O. H., Izhboldin O. O. RESPONSE OF PEA GRAIN YIELD TO THE USE OF INOCULANTS AND SEED DRESSINGS AFTER DIFFERENT PRECEDING CROPS IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE	44
Dzhezhula O. V. PROVISION OF HYDROTHERMAL RESOURCES OF THE VEGETATION PERIOD OF THE COMMON CHEEPA IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE RIGHT-BANK	50
Zubov D. A. SOIL MOISTURE RESERVES IN SOY-MAIZE CROP ROTATIONS IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE RIGHT-BANK.....	56
Ivasyk M. V., Khomina V. Ya. SOYBEAN GRAIN YIELD DEPENDING ON VARIETY, NUTRIENT BACKGROUND AND SEEDING RATE UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE ZONE	63
Kozina T. V. EXPERIMENTAL SUBSTITUTION OF THE EFFECTIVENESS OF USING THE MOODLE PLATFORM IN FORMING THE PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE AGRONOMISTS	68
Kushniruk T. M. CONFECTIONERY FOOD FLORISTRY INNOVATIVE DEVELOPMENT MODEL WITH DIGITAL TECHNOLOGY INTEGRATION	74
Lapchynskiy V. V., Kyselov O. M., Lakusta A. A. ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF ORGANIC METHODS IN GROWING CEREAL CROPS UNDER CLIMATE CHANGE.....	79
Laslo O. O., Trystan D. V. STUDY OF BIOMETRIC INDICATORS OF EARLY-MATURING CORN HYBRIDS DEPENDING ON FERTILIZATION AND AGROCLIMATIC RISKS	86
Lenkov L. G., Koroban M. P., Lykhach V. Ya., Lykhach A. V., Faustov R. V. FORMATION OF MEAT CHARACTERISTICS IN PIGS DEPENDING ON GENOTYPE AND PRE-SLAUGHTER LIVE WEIGHT	93
Melnyk V. V., Prokopenko N. P., Bazyvoliak S. M., Temchenko D. V. KEEPING AND FEEDING SHABO CHICKENS AT THE KYIV ZOOLOGICAL PARK.....	104
Muliarchuk O. I. COMMODITY QUALITY OF GREENHOUSE CUCUMBERS DEPENDING ON THE STORAGE METHOD	111
Ovcharenko O. O., Opara V. O. METABOLIC ADAPTATION OF HOLSTEIN COWS IN THE NEW-BIRTH PERIOD UNDER DIFFERENT MILKING SCHEMES.....	115
Ovcharuk O. V., Ovcharuk V. I., Tkach O. V., Avetisyan G. A., Ovcharuk K. O. INFLUENCE OF THE MAIN ELEMENTS OF THE TECHNOLOGIES OF GROWING COMMON BEAN ON THE CHANGE IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE GRAIN.....	122

Padalko T. O. THE RELATIONSHIP BETWEEN YIELD AND QUALITY INDICATORS THROUGH SELECTION OF TETRAPLOID FORMS OF CHAMOMILE WITH HIGH PRODUCTIVITY INDICATORS	128
Palamarchuk V. D., Azurkin V. O., Krychkovsky V. Yu. FORMATION OF YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF WINTER WHEAT DEPENDING ON FERTILIZATION OPTIONS.....	132
Sozykin A. V. VARIETAL RESPONSE OF SWEET BASIL (<i>OCIMUM BASILICUM L.</i>) TO SOWING TIME AND TRANSPLANTING DATE UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE .	142
Tovpyga M. L., Domaratskiy Ye. O. DYNAMICS OF ABOVE-GROUND BIOMASS GROWTH OF WINTER RAPE OF DIFFERENT SOWING TIMES UNDER THE INFLUENCE OF THE GROWTH STIMULATOR “HELAFIT”	147
Tsytsyura Ya. G. EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF OIL RADISH GREEN MANURE APPLICATION BASED ON SOIL QUALITY CRITERIA WITHIN THE FRAMEWORK OF ITS AGROPHYSICAL AND HYDROPHYSICAL PARAMETERS.....	152
Yavorov V. M., Plakhtiy D. P., Gavrylyuk V. B., Nebaba K. S. OPTIMIZATION OF MOISTURE SUPPLY FOR FORAGE CROP ROTATION DEPENDING ON THE PRIMARY TILLAGE SYSTEM	162
Yaroshchuk D. A., Lykhach A. V. FORMATION OF MEAT CHARACTERISTICS OF PIGS OF DIFFERENT ACTIVITY CLASSES UNDER INDUSTRIAL TECHNOLOGY CONDITIONS	168

ECONOMY

Duan Yingxue, Lukash S. M. CURRENT STATUS AND CHALLENGES OF CORPORATE INVESTMENT RISK.....	175
Burlakov O. S. CHALLENGES IN TRAINING SPECIALISTS IN ECONOMIC FIELDS IN THE CONTEXT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES.....	181
Misyuk M. V., Lobunko A. V. LAND RESOURCES OF RURAL AREAS OF KHMELNYTSKYI REGION: ESSENCE, FUNCTIONS, CONDITION AND TRENDS OF CHANGE	185
Smoliarchuk M. V. LAND SERVITUDES IN THE STATE LAND CADASTRE: ESSENCE AND INFORMATION REPRESENTATION	192
Tsvihun I. A., Bilyansky Yu. O., Matiyash V. P. ECONOMIC CHALLENGES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF WAR AND POST-WAR RECOVERY	197

TECHNICAL SCIENCES

Basova Yu. O., Levchenko Yu. V., Protsenko O. Yu., Kachur S. V. PATENT ANALYSIS OF INNOVATIVE SOLUTIONS FOR THE ADVANCEMENT OF BELT CONVEYOR TECHNOLOGIES.....	203
Boiko V. B., Denysenkov O. V. AGROMIST WITH AUTONOMOUS POWER SUPPLY FOR BRIDGE TECHNOLOGY IN PRECISION AGRICULTURE	211
Duhanets V. I., Pukas V. L., Harasymchuk I. D., Potapskyi P. V. INTEGRATION OF APPLIED COMPUTER MODELING AND INTERNET OF THINGS SYSTEMS DESIGN IN TRAINING ENGINEERING STUDENTS	220
Potapsky Yu. V., Bezykonnyy P. V., Tarasiuk V. A. RATIONAL TECHNOLOGICAL APPROACHES TO MANAGING TIMBER TREATMENT RESIDUES IN URBAN PARKS OF KHMELNYTSKYI	227
Rud A. V., Krasnolutskyi P. P., Hrushetskyi S. M., Korchak M. M. METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE HYDROMECHANICAL MIXER OF A BIOGAS PLANT	233

Tesliuk H. V.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF VARIOUS SOIL TILLAGE TECHNOLOGIES
FOR ENSURING AGRICULTURAL CROP YIELDS 241

Sheludchenko L. S., Komarnitskyi S. P., Pavliv O. V., Melnyk V. A.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS
OF MODELING TECHNOLOGICAL PROCESSES AND SYSTEMS 249

VETERINARY SCIENCES

Danchuk V. V., Chesak M. H., Danchuk O. V., Midyk S. V., Senin S. A.

MILK PRODUCTIVITY AND MILK COMPOSITION OF COWS WITH DIFFERENT TONE
OF THE AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM UNDER CHRONIC HEAT STRESS 254

Karchevska T. M.

SOME EPIZOOTIOLOGICAL FEATURES AND PATHOGENETIC ASPECTS
OF FELINE CHLAMYDIOSIS IN THE PODILSKYI REGION..... 261

Lishchuk S. G., Dobrovolsky V. A., Kovalova O. M.

MODELING THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION IN VETERINARY MEDICINE:
CLINICAL APPLICATION OF RADIOMIMETICS IN CANINE SQUAMOUS CELL CARCINOMA 266

Lishchuk S. G.

CHANGES IN PHAGOCYTIC ACTIVITY OF PIG BLOOD CELLS
UNDER THE INFLUENCE OF LOW ABSORBED DOSE IONIZING RADIATION 273

Savchuk L. B., Zakharova T. V., Krykun D. O.

ANATOMICAL FEATURES AND HISTOLOGICAL MARKER
OF THE STOMACH STRUCTURE OF THE ORDER LAGOMORPHA..... 279

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

UDC 631.4:332.3(51)

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.1>

Huang Chaolin

Postgraduate Student,

Faculty of agricultural technologies and environmental,

Sumy National Agrarian University

Sumy, Ukraine

E-mail: 857904446@qq.com

ORCID: 0009-0004-6293-6207

Yaroshchuk R. A.

Doctor of Agricultural Sciences,

Associate Professor,

Department of Ecology and Botany,

Sumy National Agrarian University

Sumy, Ukraine

E-mail: jaroshchukr@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2591-5592

PEARL RIVER DELTA REGION CULTIVATED LAND QUALITY EVALUATION

Abstract

Cultivated land is vital for China's food security. Its protection is a fundamental national policy, crucial for rural revitalization and the «storing grain in the land and technology» strategy. Amidst urbanization, maintaining the quantity and quality of cultivated land is challenging. This is particularly critical in the economically developed Pearl River Delta (PRD), where systematic soil fertility evaluations are scarce. This study assesses the soil quality of plain cultivated land in Foshan and Shenzhen, PRD, to support developing a regional evaluation framework.

The area has a subtropical monsoon climate and paddy soil. Four composite topsoil (0–20 cm) samples (SZA-SZD) were collected and analyzed for pH, organic matter, N, P, K, CEC, and mechanical composition.

Soil nutrient grading (based on national standards) and a comprehensive fertility index (P_c , per NY/T 1749-2009) were used. The P_c classifies fertility as Grade I ($P_c > 1.7$, high), II ($0.9 \leq P_c \leq 1.7$, medium), or III ($P_c < 0.9$, low).

Results indicated that soil texture (medium loam) and pH (slightly alkaline) were suitable. Organic matter, available P, total K, and available K were at high levels; total P and CEC were medium. However, total and alkali-hydrolyzable N were low, identifying N as the primary limiting factor. The P_c values for all samples (1.09, 1.08, 1.03, 0.94) fell within Grade II, confirming an overall medium fertility level.

In conclusion, while the PRD cultivated land has a generally medium fertility base, significant nitrogen deficiency is the key constraint. Targeted nitrogen fertilization is essential to improve crop yields and ensure sustainable land use. This study provides a basis for tailored soil management strategies in the region.

Key words: Pearl River Delta, Cultivated Land Quality, Soil Fertility Evaluation, Nutrient Grading, Comprehensive Fertility Index, Limiting Factor.

Introduction. Cultivated land is China's most precious land resource, relating to the food production issues for over a billion people. Cherishing and rationally utilizing land, and effectively protecting cultivated land are fundamental national policies of China, and also serve as crucial guarantees for implementing the rural revitalization strategy and deeply implementing the strategy of «storing grain in the land and storing grain in technology» [1]. In recent years, following the decisions and deployments of the Party Central Committee and the State Council, various regions and departments have

actively taken measures, achieving significant results in agricultural land protection. However, as economic development enters a new normal, and with the deepening advancement of new industrialization and urbanization, China's agricultural land, especially reserve cultivated land resources, continues to decrease, and land quality declines. The difficulty of achieving a balance between occupation and compensation of cultivated land, and compensating superior land for occupied superior land, is increasingly challenging. The trend of tightening land resource constraints has not been fundamentally reversed [2]. The «Thirteenth Five-Year Plan» period was the decisive stage for building a moderately prosperous society in all respects. To promote coordinated urban-rural development, rationally allocate land resources, achieve a balance between cultivated land occupation and compensation and a dynamic total balance, the Party Central Committee and the State Council explicitly proposed adhering to the strictest cultivated land protection system, the cultivated land red line, comprehensively advancing the development and consolidation of agricultural land, accelerating the construction of high-standard farmland, strengthening the protection of cultivated land quantity and quality construction, promoting the remediation, improvement, and reclamation of abandoned, degraded, polluted, and damaged land, and fostering the sustainable use of land resources [3].

Purpose. To strictly implement the cultivated land protection system, Guangdong Province actively carries out work related to land development and consolidation. Under the premise of protecting and improving the ecological environment and giving full play to the dual functions of production and ecology of cultivated land, various regions in Guangdong Province actively and steadily promote land development and consolidation work, increase the area of agricultural land, achieve a balance between cultivated land occupation and compensation and a dynamic total balance of cultivated land, prevent soil erosion, and promote the sustainable use of land resources. In recent years, many scholars have studied the soil erosion situation in the Pearl River Delta plain area [4; 5], but there are very few reports evaluating the quality of cultivated land soil, especially soil fertility status, in the Pearl River Delta plain area [6; 7; 8].

Objectives. This experiment takes the plain cultivated land in Foshan and Shenzhen cities within the Pearl River Delta region as the research object, and uses the comprehensive soil fertility index method to comprehensively evaluate its soil quality [9], with the aim of providing reference for establishing a suitable cultivated land quality evaluation index system for the South China plain region.

Presentation of the main research material

Overview of the Study Area. The study area is located in the Pearl River Delta region, specifically in Foshan and Shenzhen cities, situated in southern Guangdong Province, in the central part of the Pearl River Delta Plain. The local climate is a subtropical maritime monsoon climate, characterized by long summers and short winters, ample sunshine, abundant rainfall, year-round warmth and humidity, and spring-like weather throughout the seasons. The prevailing winds in winter are northerly and northeasterly, and in summer are southerly and southeasterly, with frequent tropical storms in summer. The annual average sunshine duration is 1855.6 hours; the annual average temperature ranges between 20°C and 23°C, and the annual average precipitation is around 1600–2300 mm, with abundant rainfall and relatively even seasonal distribution, mainly concentrated from April to September. The terrain of the study area is higher in the north and lower in the south. The soil is predominantly paddy soil. The area has deep soil layers, loose soil texture, sparse vegetation, and is one of the areas with severe soil erosion in the middle reaches of the Pearl River Delta. Due to long-term water erosion, the cultivated land in the study area is fragmented, with low soil organic matter and nutrient content, resulting in poor soil fertility.

Sample Collection. According to the mixed sample collection method specified in the «Technical Specification for Environmental Quality Monitoring of Farmland Soil» (NY/T 395-2012), a total of 4 soil mixed samples were collected, numbered SZA, SZB, SZC, and SZD. Each soil mixed sample consisted of 10 sub-sampling points arranged in a plum blossom pattern. Topsoil (0–20 cm) was collected. The soil samples were thoroughly mixed, and a sample of approximately 2 kg was taken using the quartering method and brought back to the laboratory for determination of physical and chemical properties.

Determination of Soil Physical and Chemical Properties. Soil pH was determined using the potentiometric method (soil:liquid ratio=1:2.5); soil organic matter was determined using the potassium dichromate oxidation-external heating method; total nitrogen was determined using the semi-micro Kjeldahl method; alkali-hydrolyzable nitrogen was determined using the alkali diffusion method; total phosphorus was determined using the $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ method; available phosphorus was determined using the $\text{NH}_4\text{-HCl}$ method; total potassium was determined using the NaOH fusion method combined with atomic absorption spectrometry; available potassium was determined by extraction with ammonium acetate followed by flame photometry; cation exchange capacity (CEC) was determined using the EDTA-ammonium acetate exchange method; soil mechanical composition was determined using the hydrometer method.

Soil Nutrient Grading Evaluation Method. The experiment used the soil nutrient grading evaluation method to quantitatively assess soil nutrients. The soil nutrient grading indicators are shown in Table 1.

Table 1. Soil Nutrient Grading Indicators

Level	Description	Organic Matter ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Total N ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Hydrolyzable N ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Total P ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Available P ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Total K ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Available K ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	CEC ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)
1	Very High	>40	>2	>150	>1	>40	>25	>200	>20.0
2	High	(30,40]	(1.5,2]	(120,150]	(0.8,1]	(20,40]	(20,25]	(150,200]	(15.4,20.0]
3	Relatively High	(20,30]	(1,1.5]	(90,120]	(0.6,0.8]	(10,20]	(15,20]	(100,150]	(10.5,15.4]
4	Medium	(10,20]	(0.75,1]	(60,90]	(0.4,0.6]	(5,10]	(10,15]	(50,100]	[6.2,10.5]
5	Low	[6,10]	[0.5,0.75]	[30,60]	[0.2,0.4]	[3,5]	[5,10]	[30,50]	<6.2
6	Very Low	<6	<0.5	<30	<0.2	<3	<5	<30	

Soil Fertility Evaluation Method. The experiment referred to «Diagnosis and Evaluation of Cultivated Land Soil Fertility in Southern China» (NY/T 1749-2009) and used the comprehensive soil fertility index method to quantitatively evaluate soil fertility. The soil fertility grade evaluation indicators are shown in Table 2.

Table 2. Soil Fertility Grade Evaluation Indicators

Grade	Soil Fertility Index(P_c)	Evaluation Description
I	$P_c > 1.7$	Soil fertility is at a high level, fertile or very fertile, not lacking fertilizer, crop yield is high, marginal effect of fertilization decreases.
II	$0.9 \leq P_c \leq 1.7$	Soil fertility is at a general level, acceptable, individual indicators may show deficiency, crop yield increases noticeably with increased fertilization.
III	$P_c < 0.9$	Soil fertility is at a low level, poor, crops are in a state of fertilizer deficiency, most fertility indicators are lacking, some indicators are severely lacking. Fertilization significantly increases yield.

1) Single Soil Fertility Index. Calculation formula for the single index:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

Where: P_i is the single fertility index of indicator i in the soil, reflecting the abundance of this fertility indicator; a higher value indicates a richer indicator and higher soil fertility; C_i is the measured data of indicator i in the soil; S_i is the evaluation standard for indicator i in the soil.

2) Comprehensive Soil Fertility Index. Calculation formula for the comprehensive index:

$$P_c = \sqrt{(C_i / S_i)_{\min}^2 + (C_i / S_i)_{\text{ave}}^2 / 2(N-1/N)} \quad (2)$$

Where P_c is the comprehensive soil fertility index (value retained to 2 significant figures); $(C_i / S_i)_{\min}^2$ is the square of the minimum value among all single fertility indices of the soil indicators; when any single fertility index $P_i > 3$, that index is calculated as $P_i = 3$; $(C_i / S_i)_{\text{ave}}^2$ is the square of the average value of all soil fertility indices; when any single fertility index $P_i > 3$, that index is calculated as $P_i = 3$ when calculating P_c ; N is the number of soil fertility indicators participating in the evaluation (requires 10 or more items).

3) Soil Fertility Grade Classification. The soil fertility level is evaluated through the comprehensive soil fertility index and divided into three grades: I, II, and III.

Results and Analysis

Soil Nutrient Grading Analysis and Evaluation. According to the grading standards of the «Second National Soil Census Standards», the experiment classified organic matter, total nitrogen, hydrolyzable nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, total potassium, available potassium, and CEC values into 6 levels: Level 1 (Very High), Level 2 (High), Level 3 (Relatively High), Level 4 (Medium), Level 5 (Low), and Level 6 (Very Low). As shown in Table 3, the mass ratios of organic matter, available phosphorus, total potassium, and available potassium in the study plots were generally at Relatively High and High levels, i.e., Levels 2 and 3; the contents of total phosphorus and CEC were generally at a Medium level, Level 4; total nitrogen and hydrolyzable nitrogen were generally Low, Level 5. The results of the soil nutrient grading analysis and evaluation are shown in Table 4.

Based on the measured indicator values, the soil mechanical composition ranges from 27.09% to 37.24%, classified as medium loam, suitable for crop growth; the pH is relatively high, overall slightly alkaline; the mass ratios of soil organic matter, available phosphorus, total potassium, and available potassium are between High and Relatively High; the mass ratio

Table 3. Soil Sample Test Results

Sample ID	pH	Organic Matter (g·kg ⁻¹)	Total N (g·kg ⁻¹)	Hydrolyzable N (mg·kg ⁻¹)	Total P (g·kg ⁻¹)	Available P (mg·kg ⁻¹)	Total K (g·kg ⁻¹)	Available K (mg·kg ⁻¹)	CEC/ (cmol·kg ⁻¹)	d=1~3mm Particle %	d<0.01mm Particle %	Classification
SZA	7.34	22.00	0.80	41.00	0.51	17.00	21.00	1.30×10 ²	9.01	3.86	31.78	Medium Loam
SZB	7.46	21.40	0.56	65.00	0.47	13.00	19.00	1.40×10 ²	9.11	3.14	32.34	Medium Loam
SZC	7.69	23.40	0.52	46.00	0.44	14.00	19.00	1.50×10 ²	9.01	3.01	27.09	Light Loam
SZD	7.62	17.70	0.51	32.00	0.53	18.00	17.00	75.00	8.71	3.09	37.24	Medium Loam

Table 4. Results of Soil Nutrient Grading Analysis and Evaluation

Sample ID	pH	Organic Matter	Total N	Hydrolyzable N	Total P	Available P	Total K	Available K	CEC
SZA	Slightly Alkaline	Relatively High	Medium	Low	Medium	Relatively High	High	Relatively High	Medium
SZB	Slightly Alkaline	Relatively High	Low	Medium	Medium	Relatively High	Relatively High	Relatively High	Medium
SZC	Slightly Alkaline	Relatively High	Low	Low	Medium	Relatively High	Relatively High	High	Medium
SZD	Slightly Alkaline	Medium	Low	Low	Medium	Relatively High	Relatively High	Medium	Medium

1. Chen Yuxuan, Yang Qinke, Liu Baoyuan, et al. Evaluation of soil erosion intensity in the Pearl River Basin based on CSLE model. *Science of Soil and Water Conservation*. 2021. № 19(6). P. 86–93. URL: <https://link.oversea.cnki.net/doi/10.16843/j.sswc.2021.06.011>
2. Dai Wenju, Wang Dongjie, Lu Ying, et al. Evaluation of Cultivated Land Quality and Productivity at County Level in South China: A Case Study of Wuchuan, Guangdong. *Journal of Agricultural Resources and Environment*. 2019. № 36(4). P. 419–430. URL: <https://link.cnki.net/doi/10.13254/j.jare.2019.0221>
3. Deng Xiaojun, Chen Xiaolong, Tang Jian, et al. Comprehensive index evaluation of forest soil fertility based on Nemerow method. *Acta Prataculturae Sinica*. 2016. № 25(7). P. 34–41. URL: <http://cyxb.magtech.com.cn/CN/10.11686/cyxb2015435>
4. Guo Tailong, Xie Jinbo, Kong Zhaohui, et al. Simulation study on the mechanism of soil organic carbon loss in a typical erosion area of South China. *Ecology and Environmental Sciences*. 2015. № 24(8). P. 1266–1273. URL: <https://link.oversea.cnki.net/doi/10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.08.002>
5. Han Bo, Jin Xiaobin, Gu Zhengming. Research progress and key issues of land consolidation in the context of rural revitalization. *Journal of Natural Resources*. 2021. № 36(12). P. 3007–3030. URL: <https://www.jnr.ac.cn/article/2021/1000-3037/1000-3037-36-12-3007.shtml>
6. Liu Taoju, Chen Meiqiu. The Current Execution Status of Cultivated Land Protection System in China and Its Improvement Path. *China Land Science*. 2020. № 34(9). P. 32–38. URL: <https://www.chinalandscience.com.cn/zgtdkx/article/abstract/20200385>
7. Ren Xiangning, Wang Lu, Hu Yueming, et al. Identification of Key Limiting Factors of Grain Productivity of Paddy Fields in the South Subtropical Region of China from a Health Perspective: A Case Study of Conghua District, Guangzhou City. *Journal of Agricultural Resources and Environment*. 2020. № 37(6). P. 793–804. URL: <https://link.cnki.net/doi/10.13254/j.jare.2020.0478>
8. Wang Wenxu, Cao Yingui, Su Ruiqing, et al. Research on Cultivated Land Protection Policy in China: Based on Background, Effect and Future Trend. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*. 2021. № 10(10). P. 40–51. URL: <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/ChpNaW5lclBlcmVlZGljYWwDSEkyMDIyMDkyNxlSemdueXp5eXFoMjAyMDewMDA3GghzaTlZNWYycw%3D%3D>
9. Xu Changming, Wang Zhenhong, Yin Xiaolu, et al. Simulation Study on Nitrogen Leaching in Soils of Different Land Use Types in Dachong Watershed. *Guizhou Agricultural Sciences*. 2012. № 40(4). P. 146–150. URL: <https://www.doc88.com/p-330760518876.html>
10. Zhao Xiaojuan, Ye Yun, Zhou Jinhao, et al. Comprehensive quality evaluation of cultivated land and sensitivity analysis of index weight in hilly region of Pearl River Delta. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2017. № 33(8). P. 226–235. URL: <http://www.tcsae.org/cn/article/doi/10.11975/j.issn.1002-6819.2017.08.031>
11. Ye Yun, Zhao Xiaojuan, Hu Yueming. Cultivated Land Quality Evaluation in the Pearl River Delta Based on GA-BP Neural Network. *Ecology and Environmental Sciences*. 2018. № 27(5). P. 964–973. URL: <https://link.cnki.net/doi/10.16258/j.cnki.1674-5906.2018.05.023>
12. Yang Yan, Liu Dan, Zhang Xia, et al. Effects of different tillage practices on soil nutrient distribution and crop yield in Weibei Dryland. *Agricultural Research in the Arid Areas*. 2018. № 36(1). P. 171–178. URL: http://ghdqnyyj.ijournal.cn/ghdqnyyj/ch/reader/view_abstract.aspx?doi=10.7606/j.issn.1000-7601.2018.01.26

13. Zhou Zhengping, Tian Baogeng, Chen Wanhua, et al. Effects of Different Tillage Methods and Straw Returning on Soil Nutrients, Wheat Yield and Quality. *Crops*. 2021. № 3. P. 78–83. URL: <https://link.cnki.net/doi/10.16035/j.issn.1001-7283.2021.03.012>

14. Zhou Xuan, Wu Lianghuan, Dong Chunhua, et al. Effects of combined application of nitrogen fertilizer and biochemical inhibitors on nitrogen leaching characteristics in yellow clayey soil. *Acta Ecologica Sinica*. 2019. № 39(5). P. 1804–1814. URL: <https://www.ecologica.cn/stxb/article/abstract/stxb201706091047>

15. Zheng Yi, Li Fengyi, Liu Tingyu, et al. Effects of combined application of bentonite-humic acid and nitrogen fertilizer on soil inorganic nitrogen leaching and bioavailability in Horqin Sandy Land. *Soil and Fertilizer Sciences in China*. 2019. № 6. P. 114–122. URL: <http://chinatrfl.alljournal.net.cn/zgtryfl/article/abstract/20190617>

Хуан Чаолін

аспірант,

факультет сільськогосподарських технологій та екології,

Сумський національний аграрний університет

Суми, Україна

E-mail: 857904446@qq.com

ORCID: 0009-0004-6293-6207

Ярошук Р. А.

доктор сільськогосподарських наук,

доцент кафедри екології та ботаніки,

Сумський національний аграрний університет

Суми, Україна

E-mail: jaroschukr@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2591-5592

ОЦІНКА ЯКОСТІ ОРНИХ ЗЕМЕЛЬ У РЕГІОНІ ДЕЛЬТИ РІЧКИ ЧЖУЦЗЯН

Анотація

Орні землі мають вирішальне значення для продовольчої безпеки Китаю. Їх захист є фундаментальною державною політикою, важливою для відродження сільських територій та стратегії «зберігання зерна в землі та технологіях». В умовах урбанізації збереження кількості та якості орних земель є складним завданням. Це особливо актуально для економічно розвинутого регіону дельти річки Чжуцзян (PRD), де системні оцінки родючості ґрунтів є нечисленними. Це дослідження оцінює якість ґрунтів рівнинних орних земель у Фошані та Шеньчжені, PRD, щоб сприяти розробленню регіональної рамки оцінки.

Ця територія має вологий субтропічний клімат і переважно лучно-болотні ґрунти. Було відібрано чотири змішані зразки верхнього шару ґрунту (0–20 см) (SZA-SZD) та проаналізовано їх на pH, уміст органічної речовини, N, P, K, CEC та механічний склад.

Використано класифікацію ґрунтових поживних речовин (на основі національних стандартів) та комплексний індекс родючості (P_c , згідно з NY/T 1749-2009). Індекс P_c класифікує родючість на I клас ($P_c > 1.7$, високий), II клас ($0.9 \leq P_c \leq 1.7$, середній) або III клас ($P_c < 0.9$, низький).

Результати показали, що текстура ґрунту (середній суглинок) та pH (слабколужний) є прийнятними. Уміст органічної речовини, доступного P, загального K та доступного K був на високому рівні; загальний P та CEC – на середньому. Однак уміст загального та лужногідролізованого N був низьким, що ідентифікує азот як основний лімітуючий чинник. Значення P_c для всіх зразків (1.09, 1.08, 1.03, 0.94) потрапили в межі II класу, підтверджуючи загальний середній рівень родючості.

На завершення, хоча орні землі PRD мають загалом середню родючість, значний дефіцит азоту є ключовим обмеженням. Цілеспрямоване внесення азотних добрив є необхідним для підвищення врожайності та забезпечення сталого землекористування. Це дослідження є основою для розроблення спеціалізованих стратегій управління ґрунтами в регіоні.

Ключові слова: дельта річки Чжуцзян, якість орних земель, оцінка родючості ґрунтів, класифікація поживних речовин, комплексний індекс родючості, лімітуючий чинник.

References

1. Han Bo, Jin Xiaobin, Gu Zhengming. (2021). Research progress and key issues of land consolidation in the context of rural revitalization. *Journal of Natural Resources*, 36(12), 3007–3030. <https://doi.org/10.31497/zrzyxb.20211202> [in English].
2. Liu Taoju, Chen Meiqiu. (2020). 中国耕地保护制度执行力现状及其提升路径[The Current Execution Status of Cultivated Land Protection System in China and Its Improvement Path]. *China Land Science*, 34(9), 32–38. <https://doi.org/10.11994/zgtdkx.20200803.123952> [in Chinese].
3. Wang Wenxu, Cao Yingui, Su Ruiqing, et al. (2021). 我国耕地保护政策研究：基于背景、效果与未来趋势[Research on Cultivated Land Protection Policy in China: Based on Background, Effect and Future Trend]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 10(10), 40–51. <https://doi.org/10.7621/cjarrp.1005-9121.20201006> [in Chinese].
4. Chen Yuxuan, Yang Qinke, Liu Baoyuan, et al. (2021). 基于CSLE模型的珠江流域土壤侵蚀强度评价[Evaluation of soil erosion intensity in the Pearl River Basin based on CSLE model]. *Science of Soil and Water Conservation*, 19(6), 86–93. <https://doi.org/10.16843/j.sswc.2021.06.011> [in Chinese].
5. Guo Tailong, Xie Jinbo, Kong Zhaohui, et al. (2015). 华南典型侵蚀区土壤有机碳流失机制模拟研究[Simulation study on the mechanism of soil organic carbon loss in a typical erosion area of South China]. *Ecology and Environmental Sciences*, 24(8), 1266–1273. <https://doi.org/10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.08.002> [in Chinese].

6. Zhao Xiaojuan, Ye Yun, Zhou Jinhao, et al. (2017). 珠三角丘陵区耕地质量综合评价及指标权重敏感性分析 [Comprehensive quality evaluation of cultivated land and sensitivity analysis of index weight in hilly region of Pearl River Delta]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33(8), 226–235. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2017.08.031> [in Chinese].
7. Dai Wenju, Wang Dongjie, Lu Ying, et al. (2019). 华南地区县域耕地质量和产能评价研究: 以广东吴川为例 [Evaluation of Cultivated Land Quality and Productivity at County Level in South China: A Case Study of Wuchuan, Guangdong]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 36(4), 419–430. <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0221> [in Chinese].
8. Ye Yun, Zhao Xiaojuan, Hu Yueming. (2018). 基于GA-BP神经网络的珠三角耕地质量评价 [Cultivated Land Quality Evaluation in the Pearl River Delta Based on GA-BP Neural Network]. *Ecology and Environmental Sciences*, 27(5), 964–973. <https://doi.org/10.16258/j.cnki.1674-5906.2018.05.023> [in Chinese].
9. Deng Xiaojun, Chen Xiaolong, Tang Jian, et al. (2016). 基于Nemerow法的森林土壤肥力综合指数评价 [Comprehensive index evaluation of forest soil fertility based on Nemerow method]. *Acta Prataculturae Sinica*, 25(7), 34–41. <https://doi.org/10.11656/cyxb2015435> [in Chinese].
10. Zhou Zhengping, Tian Baogeng, Chen Wanhua, et al. (2021). 不同耕作方式与秸秆还田对土壤养分及小麦产量和品质的影响 [Effects of Different Tillage Methods and Straw Returning on Soil Nutrients, Wheat Yield and Quality]. *Crops*, (3), 78–83. <https://doi.org/10.16035/j.issn.1001-7283.2021.03.012> [in Chinese].
11. Yang Yan, Liu Dan, Zhang Xia, et al. (2018). 渭北旱塬不同耕作措施对土壤养分分布及作物产量的影响 [Effects of different tillage practices on soil nutrient distribution and crop yield in Weibei Dryland]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 36(1), 171–178. <https://doi.org/10.7606/j.issn.1000-7601.2018.01.26> [in Chinese].
12. Zhou Xuan, Wu Lianghuan, Dong Chunhua, et al. (2019). 氮肥配施生化抑制剂组合对黄泥田土壤氮素淋溶特征的影响 [Effects of combined application of nitrogen fertilizer and biochemical inhibitors on nitrogen leaching characteristics in yellow clayey soil]. *Acta Ecologica Sinica*, 39(5), 1804–1814. <https://doi.org/10.5846/stxb201706091047> [in Chinese].
13. Zheng Yi, Li Fengyi, Liu Tingyu, et al. (2019). 膨润土-腐植酸与氮肥配施对科尔沁沙地土壤无机氮淋溶和生物有效性的影响 [Effects of combined application of bentonite-humic acid and nitrogen fertilizer on soil inorganic nitrogen leaching and bioavailability in Horqin Sandy Land]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, (6), 114–122. <https://doi.org/10.11838/sfsc.1673-6257.19391> [in Chinese].
14. Xu Changmin, Wang Zhenhong, Yin Xiaolu, et al. (2012). 大冲流域不同土地利用类型土壤的氮素淋溶模拟研究 [Simulation Study on Nitrogen Leaching in Soils of Different Land Use Types in Dachong Watershed]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 40(4), 146–150 [in Chinese].
15. Ren Xiangning, Wang Lu, Hu Yueming, et al. (2020). 健康视角下我国南亚热带水田粮食产能关键限制因子识别: 以广州市从化区为例 [Identification of Key Limiting Factors of Grain Productivity of Paddy Fields in the South Subtropical Region of China from a Health Perspective: A Case Study of Conghua District, Guangzhou City]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 37(6), 793–804. <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0478> [in Chinese].

Отримано: 22.09.2025

Рекомендовано: 27.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 635.64.044:631.811.98]:631.544.4"324"(292.486:477)
DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.2>

Александрова Т. Ю.

аспірантка кафедри плодощовивництва і зберігання продукції рослинництва,
Державний біотехнологічний університет

Харків, Україна

E-mail: tanyababich0310@gmail.com

ORCID: 0009-0009-2081-1496

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ РОЖЕВОПЛІДНОГО ПОМІДОРА ДЛЯ ЗИМОВИХ ТЕПЛИЦЬ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Анотація

Рожевоплідний помідор вирощували за сучасною технологією методом малооб'ємної гідропоніки. Мікроклімат у теплиці (зокрема, температура, вологість, провітрювання, подача вуглекислого газу) автоматизований і керується з комп'ютера (Priva Integro).

Вирощування рослин помідора було здійснено за рекомендованою технологією для зимових теплиць, а саме виростили розсаду в розсадному відділенні за 32 доби. Висадили розсаду в теплицю на постійне місце вирощування і проводили догляд за рослинами згідно з технологією вирощування в теплиці. Збір урожаю помідора проводили всі місяці плодоношення (з березня по листопад) три рази на тиждень. Спосіб вирощування розсадний. Густота рослин – 25 тис. рослин на гектар з подальшим збільшенням густоти до 31 тис. рослин на гектар. Площа ділянок – 10 м², повторність чотириразова. Експериментальні дослідження проводили у 2024 році на підприємстві ТОВ ТК «Дніпровський», що розташоване в Дніпровському районі Дніпропетровської області. Мета дослідження – оцінити вплив стимуляторів росту та без них на рослини рожевоплідного помідора.

У статті розглянуто використання стимуляторів росту рожевоплідного гібриду для вирощування у скляних теплицях Степової зони України. Дослідження проводили за такими схемами: без стимуляторів (контроль), із внесенням Радіфарму 5 л на гектар один раз на місяць, із внесенням Кендалу 5 л на гектар один раз на місяць та із внесенням Мегафолу 5 л на гектар один раз на місяць. Дослідженнями визначена урожайність та товарність гібриду, зафіксований час укорінення після висадки, загальна довжина основного стебла рослини, кількість листків на рослині та середня вага плодів за весь період вегетації. Перспективні стимулятори росту були від італійського виробника – компанії Валагро: Радіфарм, Кендал та Мегафол. Отримані результати дадуть інформацію для тепличників щодо вибору продуктивних стимуляторів росту для вирощування гібридів рожевоплідного помідора в зимових теплицях Степової зони України, сприяючи підвищенню врожайності та якості продукції. У результаті проведених досліджень встановлено, що стимулятор росту Радіфарм за сумою показників перевищував контроль без стимуляторів, під час його використання отримали врожайність 41,3 кг/м², тоді як без стимуляторів (контроль) отримали 39,0 кг/м². Отже, використання Радіфарму є кращим для вирощування у зимових теплицях для продовженої культурозміни.

Ключові слова: рожевоплідний гібрид помідора, зимові теплиці, врожайність, товарність, стимулятор росту, Радіфарм, Кендал, Мегафол.

Вступ. Зимове вирощування рожевоплідного помідора у скляних теплицях супроводжується низкою проблем: стреси від охолоджень, обмежена інсоляція, порушення кореневого дихання за високої вологості [15, с. 188]. Для мінімізації цих факторів використовують стимулятори росту, проте необхідний підбір оптимальних препаратів і схем їх застосування [2, с. 212]. Стимулятори росту – це речовини, які прискорюють і покращують процеси росту та розвитку рослин, підвищуючи їхню стійкість до стресів та покращуючи якість і кількість урожаю. Вони містять різні активні речовини, такі як фітогормони (ауксини, гібереліни, цитокініни), амінокислоти, вітаміни, мікроелементи та інші біоактивні сполуки [7, с. 77–82].

Під час вирощування рожевоплідного помідора використовують стимулятори росту для підвищення врожайності та якості плодів, а також для покращення стійкості рослин до стресів і формування потужної кореневої системи [19, с. 1456–1463]. Ці препарати прискорюють дозрівання, роблять плоди більшими, смачнішими, а також зміцнюють рослину загалом, допомагаючи їй краще засвоювати поживні речовини та протистояти хворобам [22, с. 467–473].

Використання стимуляторів росту для помідорів забезпечує:

- **збільшення врожайності:** рослини формують більше зав'язі та плодів, що призводить до значного зростання загального врожаю;
- **прискорення дозрівання:** стимулятори допомагають швидше отримати ранній урожай плодів;
- **підвищення якості плодів:** плоди стають більшими, мають кращий смак, а також підвищується вміст у них сухих речовин, цукрів і вітамінів;

– **зміцнення кореневої системи:** стимулятори сприяють швидкому нарощуванню коренів, що покращує живлення рослини;

– **підвищення стійкості до стресів:** стимулятори допомагають помідорам краще переносити несприятливі умови, такі як коливання температур, і сприяють підвищенню стійкості рослин до шкідників та хвороб [20].

Мета дослідження полягає в проведенні оцінки потенціалу стимуляторів росту для підвищення врожайності та якості плодів рожевоплідного помідора гібриду Фуджимару F₁ у зимових скляних теплицях Степової зони України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вирішенням питання підвищення ефективності використання стимуляторів росту займалися та займаються ціла низка науковців, зокрема: В. П. Гавриленко, О. М. Коломієць, І. М. Литвин, Т. В. Громова, М. П. Коваленко, В. В. Жуков та інші. За допомогою стимуляторів росту збільшують урожайність, покращують зовнішній вигляд рослин, захищають посадки від хвороб та шкідників [3, с. 55–62; 6, с. 45–50; 8, с. 102–108; 9, с. 12–18; 14, с. 78–83; 16, с. 101–109; 18, с. 113–120].

Радіфарм стимулює розвиток кореневої системи за рахунок екстракту бурих водоростей та амінокислот. Кендал підтримує антиоксидантний статус рослин і підвищує їхню стійкість до стресів. Мегафол діє як антистресант та підвищує якість плодів. Гібрид Фуджимару F₁ характеризується високим потенціалом урожайності, але в зимових умовах потребує додаткової підтримки стимуляторами росту [17, с. 297–308].

Більшу ефективність показав біостимулятор «Радіфарм», що пов'язано з його комплексною дією, що охоплює кілька аспектів росту та адаптації рослин до посухи. Цей біостимулятор містить сапоніни, бетаїн, полісахариди та цинк, які покращують кореневу систему рослини та її стійкість до стресових умов [4, с. 73–79].

Зростання і продуктивність томатів істотно залежать від посухи. Біостимулятор Мегафолом широко використовується для пом'якшення негативних фізіологічних реакцій на посуху. Рослини, що зазнали посухи, оброблені Мегафолом, були більш здоровими і стійкими до стресу, що супроводжувалося індукцією генів, які беруть участь у реакції на посуху. Мегафол знижує пошкодження томатів, що викликані посухою [21, с. 23–30].

У 2024 році проводилося дослідження у сучасних промислових теплицях типу «Venlo»: довжина прольоту – 9,6 м, висота колон від фундаменту до лотка – 4,5 м, крок колон – 4,0 м. Рожевоплідний помідор гібриду Фуджимару F₁ вирощували за сучасною технологією методом малооб'ємної гідропоніки. Комп'ютер (Priva Integro) регулював кількість та час подачі поживного розчину для зволоження субстрату, концентрацію поливного розчину та кислотність. Мікроклімат у теплиці (зокрема, температура, вологість, подача вуглекислого газу, провітрювання) автоматизований і керується з комп'ютера. Гібрид від нідерландського виробника – компанії Олан Агро Фуджимару F₁. Спосіб вирощування розсадний. Густота рослин – 25 тис. рослин на гектар з подальшим збільшенням густоти до 31 тис. рослин на гектар. Площа ділянок 10 м², повторність чотириразова. Вирощування рослини помідора було здійснено за рекомендованою технологією для зимових теплиць, а саме виростили розсаду в розсадному відділенні за 32 доби. Висадили розсаду в теплицю на постійне місце вирощування і проводили догляд за рослинами згідно з технологією вирощування в теплиці. Збір урожаю помідора проводили всі місяці плодоношення (березень, квітень, травень, червень, липень, серпень, вересень, жовтень, листопад) три рази на тиждень згідно з ДСТУ 3246-95 «Помідор свіжий» [5]. Облік і спостереження у досліді проводили згідно із загальноприйнятими методиками відповідно до «Методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві» [1, с. 369].

Опис гібриду рожевоплідного помідора, який був в дослідженні:

Фуджимару F₁ (Олан Агро) – ранній рожевоплідний біф помідор. Верхівка сильна, має 5–6 цвітоків на китиці. Коренева система дуже розвинена. Бокові пагони легко видаляються. Швидка реакція на зміну клімату. Плоди плоско-округлі з легкою ребристістю, колір яскраво-рожевий, маса плоду 160–210 г, однорідність плодів та китиць висока. Є стійкість до борошнистої роси, розтріскування та толерантність до вершинної гнилі. Чудова транспортабельність [10].

Опис препаратів, які використовувалися в дослідженні:

Радіфарм – біостимулятор росту рослин від компанії Valagro, призначений для стимулювання розвитку кореневої системи та зняття стресу, спричиненого пересадкою або іншими несприятливими умовами. До його складу входить комплекс рослинних витяжок, амінокислот, полісахаридів та мікроелементів, що допомагає рослинам швидше укорінюватися, адаптуватися до стресу та підвищує їхню стійкість до температурних коливань. Амінокислоти, протеїни, сапоніни, вітаміни та цинк стимулюють утворення нових клітин, як наслідок, ріст наявних корінців та появу нових. Ці ж складники допомагають багаторічним насадженням підтримувати активний розвиток кореневої системи. Бетаїн та полісахариди знімають стрес та індукують відновлення кореневої системи [11].

Кендал – стимулятор, біопрепарат для активізації власного імунітету рослин. Застосовується для відновлення рослин після пересадки, виводить зі ступору розвитку, покращує власні захисні реакції на несприятливі умови. Підсилює дію класичних фунгіцидів; активізує обмін речовин, попереджає появу хвороб у здорових рослин у разі регулярного використання, допомагає відновитися після стресу та попереджає втрати урожаю. Кендал значно посилює власний імунітет рослини. Підвищує лікувальну дію фунгіцидів. Допомагає рослині вийти зі стану стресу, спричиненого хворобою, очищає рослинні клітини від токсинів, виділених патогенами [12].

Мегафол – біостимулятор росту та антистресовий препарат, який містить рослинні амінокислоти, бетаїн та полісахариди для подолання стресових ситуацій, таких як заморозки, посуха, град чи хімічні опіки. Він стимулює фізіологічні процеси, підвищує врожайність і якість продукції, а також покращує засвоєння поживних речовин рослинами, діючи як транспортний агент і ПАР під час спільного застосування з добривами. Мегафол застосовується для подолання будь-яких стресів (неоптимальні вологість ґрунту чи температура повітря, хімічні опіки, механічні пошкодження тощо). Діє як транспортер добрив та засобів захисту [13].

Посів насіння гібриду помідора було здійснено 15 грудня, що є оптимальним терміном для посіву в зимових теплицях з урахуванням кліматичних умов, в яких працює тепличний комбінат.

Висаджування розсади в теплицю відбулося на 32-у добу після посіву. Рослини були рівномірні, чітко виражалась перша китиця. І починаючи з моменту висаджування вносили стимулятори росту один раз на місяць в кількості 5 л на гектар. Внесення робили за допомогою фертигації.

У ході досліджу було виявлено, що Радіфарм забезпечує швидке коренеутворення та кращу адаптацію після пересадки. Кендал підвищує стійкість до температурних та екологічних стресів. Мегафол покращує фотосинтетичну активність і якість плодів. Комбіноване застосування препаратів може дати синергетичний ефект, підвищуючи врожайність та якість продукції (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив стимуляторів росту рожевоплідного помідора гібриду Фуджимару F₁ на біометричні показники рослин

Показник	Без стимуляторів (контроль)	Радіфарм	Кендал	Мегафол
Час укорінення після висадки (діб)	11	7	9	8
Загальна довжина основного стебла рослини за весь період вегетації, см	986	995	989	991
Кількість листків на рослині за весь період вегетації, шт.	98	102	99	100
Середня вага плодів за весь період вегетації, грам	170	180	175	178

Проаналізувавши дані, встановлено, що стимулятори росту впливали на укорінення рослин помідора.

Час укорінення після висадки на постійне місце без стимуляторів (контроль) становив 11 діб, у разі використання Радіфарму був 7 діб, що на 4 доби швидше від контролю, у разі використання Кендалу був 9 діб, що на 2 доби швидше від контролю, у разі використання Мегафолу був 8 діб, що на 3 доби швидше від контролю.

Загальна довжина основного стебла рослини за весь період вегетації без стимуляторів (контроль) становила 986 см, у разі використання Радіфарму була 995 см, що на 9 см більше від контролю, у разі використання Кендалу була 989 см, що на 3 см більше від контролю, у разі використання Мегафолу була 991 см, що на 5 см більше від контролю.

Кількість листків на рослині за весь період вегетації без стимуляторів (контроль) становила 98 листків, у разі використання Радіфарму була 102 листки, що на 4 листки більше від контролю, у разі використання Кендалу була 99 листків, що на 3 листки більше від контролю, у разі використання Мегафолу була 100 листків, що на 2 листки більше від контролю.

Середня вага плодів за весь період вегетації без стимуляторів (контроль) становила 170 грамів, у разі використання Радіфарму була 180 грамів, що на 10 грамів більше від контролю, у разі використання Кендалу була 175 грамів, що на 5 грамів більше від контролю, у разі використання Мегафолу була 178 грамів, що на 8 грамів більше від контролю.

Далі розглянемо врожайність гібриду помідора Фуджимару F₁ (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність гібриду помідора Фуджимару F₁ за 2024 рік, кг/м²

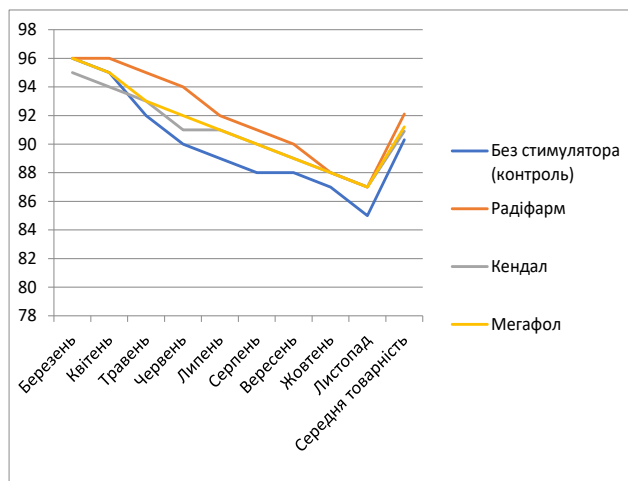
Гібрид	Урожайність, кг/м ²	Прибавка врожаю	
		кг/м ²	%
Без стимуляторів (контроль))	39,0	–	–
Радіфарм	41,3	2,3	5,9
Кендал	40,2	1,2	3,0
Мегафол	40,6	1,6	4,1
HP _{0,05}	0,26		

Як видно з таблиці 2, урожайність без стимуляторів – 39,0 кг/м², а у разі використання Радіфарму – 41,3 кг/м², що на 1,6 кг/м² більше за контроль.

HP_{0,05} становить 0,26 кг/м².

Далі розглянемо товарність плодів помідора Фуджимару F₁ (графік 1).

Середня товарність першої категорії за період плодоношення без стимуляторів (контроль) – 90,3%, у разі внесення Радіфарму – 92,1%, що на 1,8% більше від контролю. У разі внесення Кендалу була 90,9%, що на 0,6% більше від контролю. У разі внесення Мегафолу була 91,2%, що на 0,9% більше від контролю.



Графік 1. Товарність плодів помідора Фуджимару F₁, % за 2024 рік

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що гібрид Фуджимару F₁ із використанням стимулятора росту Радіфарм за сумою показників значно перевищував контроль без стимулятора і є найкращим для вирощування у зимових теплицях для продовженої культури розмноження.

Застосування стимуляторів росту впливало на час укорінення після висадки на постійне місце, середню вагу плоду, урожайність та товарність плодів помідора.

Час укорінення після висадки на постійне місце без стимуляторів (контроль) становив 11 діб, у разі використання Радіфарму був 7 діб, що на 4 доби швидше від контролю.

Середня вага плоду за весь період вегетації найвища була із внесенням стимулятора росту Радіфарм і становила 180 грамів.

Урожайність гібриду помідора коливалася від 39,0 до 41,3 кг/м². У разі внесення Радіфарму рослини показали найвищу врожайність, перевищуючи урожайність без стимуляторів (контроль) на 2,3 кг/м².

Товарність гібриду помідора була на рівні від 90,3% до 92,1%. Найвищу товарність показав гібрид із внесенням Радіфарму, вона становила 92,1%, що на 1,8% більше від контролю.

Список використаних джерел

- Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків : Основа, 2001. 369 с.
- Бублик М.О., Шевченко І.В. Біостимулятори у технологіях вирощування овочевих культур. Київ : Аграрна наука, 2018. 212 с.
- Гавриленко В.П., Коломієць О.М. Вплив антистресантів на продуктивність томата у закритому ґрунті. *Овочівництво і баштанництво*. 2020. № 67. С. 55–62.
- Глеваський В.І., Тимчий К.І., Лапчинський В.В. Аналіз впливу біостимуляторів на підвищення врожайності сільськогосподарських культур за умов посухи. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 143. Частина 1. С. 73–79. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.9>.
- ДСТУ 3246-95. ДК 021:2015: 03220000-9: Помідор свіжий. [Чинний від 2015 р.]. (Інформація та документація).
- Коваленко М.П., Жуков В.В. Вплив укорінювача Радіфарм на розвиток кореневої системи та продуктивність рослин. *Агрономічний журнал*. 2020. № 12(2). С. 45–50.
- Кравченко Т.М., Дубровін В.О. Застосування регуляторів росту на томаті у зимових теплицях. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 3. С. 77–82.
- Литвин І.М., Громова Т.В. Використання стимуляторів росту для підвищення ефективності укорінення рослин. *Фітопатологія та агрохімія*. 2021. № 34(6). С. 102–108.
- Мельник В.І. Вплив регуляторів росту на розвиток кореневої системи і врожайність рослин. *Сільське господарство і агротехнології*. 2020. № 7. С. 12–18.
- Опис гібриду Фуджимару F₁: вебсайт. URL: <https://www.facebook.com/Olanagro/posts> (дата звернення: 16.09.2025).
- Опис препарату Радіфарм. URL: <https://agrisol.ua/product/biostymulator-rostu-korenevoi-sistemy-ukoriniuvach-radifarm-radifarm-valagro-1-1> (дата звернення: 16.09.2025).
- Опис препарату Кендал. URL: <https://agrisol.ua/product/biostymulator-vlasnoho-immunitetu-kendal-kendal-valagro-1-1> (дата звернення: 16.09.2025).
- Опис препарату Мегафол. URL: <https://agrisol.ua/product/biostymulator-rostu-antystresant-mehafol-megafol-valagro-1-1> (дата звернення: 16.09.2025).
- Павленко О.С. Роль стимуляторів росту в агротехніці вирощування овочевих культур. *Науковий вісник аграрної науки*. 2019. № 28 (1), с. 78–83.
- Паламарчук І.Д. Томат у зимових теплицях: агротехнічні прийоми та інноваційні рішення. Вінниця : Нова Книга, 2019. 188 с.
- Петренко С.О., Мельник Р.В. Використання препаратів на основі амінокислот у тепличному овочівництві. *Наукові праці Інституту овочівництва і баштанництва НААН*. 2022. Т. 30. С. 101–109.

17. Benassi F., Trinchera A. Rooting agents and their role in enhancing plant growth and development. *Plant Growth Regulation*. 2019. 88(3). P. 297–308.
18. Johnson T.A., Davis W.R. The influence of rooting hormones on plant vigor and yield. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. № 159. P. 113–120.
19. Lee J.H., Kim J.Y. Rooting agents in sustainable agriculture: An overview of their application in crop production. *Agronomy Journal*. 2022. № 114(6). P. 1456–1463.
20. Pérez A.M., Gómez F. Effect of root growth stimulants on crop yield under controlled conditions. *Scientific Reports*. 2020. № 10. Article 12467. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69362-2>.
21. Petrozza L., Benedetti R. The effect of biostimulants on plant growth and development. *Agricultural Sciences*. 2014. T. 28, № 1. P. 23–30.
22. Smith A.R., Taylor P.M. The effect of growth regulators on root development in vegetable crops. *Horticultural Science & Technology*. 2020. № 35(5). P. 467–473.

Alieksandrova T. Yu.

*Postgraduate Student at the Department of Fruit and Vegetable Growing and Storage of Plant Products,
State Biotechnological University
Kharkiv, Ukraine*

E-mail: tanyababich0310@gmail.com

ORCID: 0009-0009-2081-1496

EFFECTIVENESS OF GROWTH STIMULANTS IN THE CULTIVATION OF ROSE-FRUITED TOMATOES FOR WINTER GREENHOUSES IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

Abstract

Pink-fleshed tomatoes were grown using modern technology and a low-volume hydroponics method. The microclimate in the greenhouse (temperature, humidity, ventilation, carbon dioxide supply) is automated and controlled by a computer (Priva Integro).

Tomato plants were grown using the recommended technology for winter greenhouses, namely, seedlings were grown in a seedling department for 32 days. The seedlings were planted in the greenhouse in their permanent growing place and cared for in accordance with greenhouse growing technology. Tomatoes were harvested three times a week throughout the fruiting period (from March to November). The seedlings were grown using the seedling method. Plant density was 25.000 plants per hectare, with a subsequent increase in density to 31.000 plants per hectare. The area of the plots was 10 m², with four repetitions. The experimental studies were conducted in 2024 at the Dniprovsky Trading Company LLC, located in the Dniprovsky district, Dnipropetrovsk region. The aim of the study was to evaluate the effect of growth stimulants and their absence on pink-fruited tomato plants.

The article discusses the use of growth stimulants for pink-fruited hybrids grown in glass greenhouses in the steppe zone of Ukraine. The research was conducted with the following stimulants: without stimulants (control), with the application of Radifarm 5 l per hectare once a month, with the application of Kendal 5 l per hectare once a month, and with the application of Megafol 5 l per hectare once a month. The studies determined the yield and marketability of the hybrid, recorded the rooting time after planting, the total length of the main stem of the plant, the number of leaves on the plant, and the average weight of the fruits for the entire vegetation period. Promising growth stimulants were from the Italian manufacturer Valagro: Radifarm, Kendal, and Megafol. The results obtained will provide information for greenhouse growers on the selection of productive growth stimulants for growing pink-fruited tomato hybrids in winter greenhouses in the steppe zone of Ukraine, contributing to an increase in yield and product quality. The research showed that the Radifarm growth stimulator outperformed the control group without stimulants, yielding 41.3 kg/m², while the control group without stimulants yielded 39.0 kg/m². Therefore, the use of Radifarm is preferable for growing in winter greenhouses for extended crop rotation.

Key words: pink-fruited tomato hybrid, winter greenhouses, yield, marketability, growth stimulator, Radifarm, Kendal, Megafol.

References

1. Bondarenko, H.L., & Yakovenko, K.I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Research methods in vegetable and melon growing]. Kharkiv: Osnova, p. 369 [in Ukrainian].
2. Bublyk, M.O., & Shevchenko, I.V. (2018). *Biostymulatory u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia ovochovykh kultur* [Biostimulants in vegetable crop cultivation technologies]. Kyiv: *Ahrarna nauka – Agricultural science*, p. 212 [in Ukrainian].
3. Havrylenko, V.P., & Kolomiets, O.M. (2020). *Vplyv antystresantiv na produktyvnist tomata u zakrytomu grunti* [The effect of anti-stress agents on tomato productivity in closed ground]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo – Vegetable growing and melon growing*, 67, pp. 55–62 [in Ukrainian].
4. Hlevaskyi, V.I., Tymchy, K.I., & Lapchynskyi, V.V. (2020). *Analiz vplyvu biostymulatoriv na pidvyshchennia vrozhaivosti silskohospodarskykh kultur za umov posukhy* [Analysis of the effect of biostimulants on increasing crop yields under drought conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavriya Scientific Bulletin*, 143(1), pp. 73–79 [in Ukrainian].
5. DSTU 3246-95. DK 021:2015: 03220000-9: Pomidor svizhyi [Fresh tomato]. [dpsu.gov.ua](https://dpsu.gov.ua/uk/1758269360880-obgruntuvannya-tehnichnih-ta-yakisnih-harakteristik-predmeta-zakupivli-ovochi-frukti-ta-gorihi). Retrieved from: <https://dpsu.gov.ua/uk/1758269360880-obgruntuvannya-tehnichnih-ta-yakisnih-harakteristik-predmeta-zakupivli-ovochi-frukti-ta-gorihi> [in Ukrainian].
6. Kovalenko, M.P., & Zhukov, V.V. (2020). *Vplyv ukorinuvacha Radifarm na rozvytok korenevoi systemy ta produktyvnist roslyn* [The effect of Radifarm rooting agent on root system development and plant productivity]. *Ahronomichnyi zhurnal – Agronomic Journal*, 12(2), pp. 45–50 [in Ukrainian].

7. Kravchenko, T.M., & Dubrovin, V.O. (2021). Zastosuvannia rehulatoriv rostu na tomati u zymovykh teplytsiakh [The use of growth regulators on tomatoes in winter greenhouses]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 3, pp. 77–82 [in Ukrainian].
8. Lytvyn, I.M., & Hromova, T.V. (2021). Vykorystannia stymulatoriv rostu dlia pidvyshchennia efektyvnosti ukorinennia roslyn [Use of growth stimulants to improve plant rooting efficiency]. *Fitopatolohiia ta ahrokhimiia – Plant pathology and agrochemistry*, 34(6), pp. 102–108 [in Ukrainian].
9. Melnyk, V.I. (2020). Vplyv rehulatoriv rostu na rozvytok korenevoi systemy i vrozhaunist roslyn [The effect of growth regulators on root system development and plant yield]. *Sil'ske hospodarstvo i ahrotekhnolohii – Agriculture and agrotechnology*, 7, pp. 12–18 [in Ukrainian].
10. Olanagro (2025). Opys hibrydu Fudzimar F₁ [Description of the Fujimaru F1 hybrid]. [www.facebook.com](https://www.facebook.com/Olanagro/posts). Retrieved from: <https://www.facebook.com/Olanagro/posts> [in Ukrainian].
11. Agrisol (2025). Opys preparatu Radifarm [Description of the drug Radifarm]. Retrieved from: <https://agrisol.ua/product/biostymulator-rostu-korenevoi-systemy-ukoriniuvach-radifarm-radifarm-valagro-1-l> [in Ukrainian].
12. Agrisol (2025). Opys preparatu Kendal [Description of the drug Kendal]. [agrisol.ua](https://agrisol.ua/product/biostymulator-vlasnoho-imunitetu-kendal-kendal-valagro-1-l). Retrieved from: <https://agrisol.ua/product/biostymulator-vlasnoho-imunitetu-kendal-kendal-valagro-1-l> [in Ukrainian].
13. Agrisol (2025). Opys preparatu Mehafol [Description of the drug Megafol]. [agrisol.ua](https://agrisol.ua/product/biostymulator-rostu-antystresant-mehafol-megafol-valagro-1-l). Retrieved from: <https://agrisol.ua/product/biostymulator-rostu-antystresant-mehafol-megafol-valagro-1-l> [in Ukrainian].
14. Pavlenko, O.S. (2019). Rol stymulatoriv rostu v ahrotekhnitsii vyroshchuvannia ovochovykh kultur [The role of growth stimulants in vegetable crop cultivation techniques]. *Naukovyi visnyk ahrarynoi nauky – Scientific Bulletin of Agricultural Science*, 28(1), pp. 78–83 [in Ukrainian].
15. Palamarchuk, I.D. (2019). Tomat u zymovykh teplytsiakh: ahrotekhnichni pryomy ta innovatsiini rishennia [Tomatoes in winter greenhouses: agricultural techniques and innovative solutions]. Vinnytsia: Nova Knyha, p. 188 [in Ukrainian].
16. Petrenko, S.O., & Melnyk, R.V. (2022). Vykorystannia preparativ na osnovi aminokyslot u teplichnomu ovochivnytstvi [The use of amino acid-based preparations in greenhouse vegetable growing]. *Naukovi pratsi Instytutu ovochivnytstva i bashtannytstva NAAN – Scientific works of the Institute of Vegetable and Melon Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*, Vol. 30, pp. 101–109 [in Ukrainian].
17. Benassi, F., & Trinchera, A. (2019). Rooting agents and their role in enhancing plant growth and development. *Plant Growth Regulation*, 88(3), pp. 297–308 [in English].
18. Johnson, T.A., & Davis, W.R. (2021). The influence of rooting hormones on plant vigor and yield. *Plant Physiology and Biochemistry*, 159, pp. 113–120 [in English].
19. Lee, J.H., & Kim, J.Y. (2022). Rooting agents in sustainable agriculture: An overview of their application in crop production. *Agronomy Journal*, 114(6), pp. 1456–1463 [in English].
20. Pérez, A.M., & Gómez, F. (2020). Effect of root growth stimulants on crop yield under controlled conditions. *Scientific Reports*, 10, Article 12467 [in English].
21. Petrozza L., Benedetti R. (2014). The effect of biostimulants on plant growth and development. *Agricultural Sciences*. Vol. 28(1), pp. 23–30 [in English].
22. Smith, A.R., & Taylor, P.M. (2020). The effect of growth regulators on root development in vegetable crops. *Horticultural Science & Technology*, 35(5), pp. 467–473 [in English].

Отримано: 22.09.2025

Рекомендовано: 27.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 712.253

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.3>

Безвіконний П. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: bezvikonniy777@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4922-1763

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: ruslanmialkovskui@i.ua
ORCID: 0000-0002-0791-4361

Потапський Ю. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: yurapotap@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6446-9471

Кушнірук Т. М.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: kuschniruk81@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3983-6070

ОСОБЛИВОСТІ ПЛАНУВАННЯ СІЛЬСЬКИХ ПАРКОВИХ ЗОН

Анотація

У статті представлено результати комплексних досліджень, спрямованих на виявлення основних проблем та недоліків існуючих сільських парків у селах Слобідка-Кульчівецька, Довжок і Зінківці Кам'янець-Подільського району Хмельницької області, а також розроблення проєктів їх реконструкції з метою підвищення естетичної привабливості, покращення фітоценотичної структури та функціональної організації території. Аналіз стану зелених насаджень показав значні відмінності між об'єктами. Так, у парку села Слобідка-Кульчівецька деревний ярус представлений переважно Каштаном кінським (*Aesculus hippocastanum*), Липою дрібнолистою (*Tilia cordata*) та Акацією білою (*Robinia pseudoacacia*), чагарниковий – Бузком звичайним (*Syringa vulgaris*), Бірючиною (*Ligustrum vulgare*) та Спиреєю (*Spiraea cinerea*). Парк у селі Довжок активно використовується для громадських заходів, однак частка твердого покриття становить лише 11,2%, що суттєво нижче за рекомендовані нормативи. Найгірший стан виявлено у парку села Зінківці, де частка зелених насаджень становить лише 3%, що у 20 разів менше від нормативної.

На основі отриманих даних розроблено функціональне зонування з урахуванням рекреаційних, пішохідних, масових, спортивних, дитячих і декоративних зон. Для кожної з них підібрано асортимент рослин, стійких до кліматичних та ґрунтових умов регіону, з урахуванням декоративності, тривалості цвітіння та сезонної зміни забарвлення. У зонах тихого відпочинку пропонуються багатопородні ландшафтні групи з хвойних порід (Ялівець китайський (*Juniperus chinensis*) «Stricta», Туя західна (*Thuja occidentalis*) «Holmstrup» та «Golden Globe») і листяних декоративних дерев та кущів (Клен гімалайський (*Acer ginnala*) «Flame», Дерен білий (*Cornus alba*) «Elegantissima», Чубушник вінцевий (*Philadelphus coronarius*) «Virginal», Калина звичайна (*Viburnum opulus*) «Roseum», Горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*) «Flanrock», Спирея Вангутта (*Spiraea vanhouttei*) «Snow White»). Для зон масових заходів рекомендовано групи з Клена гостролистого (*Acer platanoides*) «Globosum», Бузку

звичайного (*Syringa vulgaris*) «President Grevy», Дерену білого (*Cornus alba*) «Elegantissima» та Спирей японської (*Spiraea japonica*).

Озеленення спортивних майданчиків передбачає використання Клена гостролистого (*Acer platanoides*) «Globosum», Липи дрібнолистої (*Tilia cordata*) «June Bride» та Ясена звичайного (*Fraxinus excelsior*) «Autumn Blaze». Дитяча зона доповнюється рядовими посадками Бірючини звичайної (*Ligustrum vulgare*) «Atrovirens», Кизильника блискучого (*Cotoneaster lucidus*), Спирей японської (*Spiraea japonica*) «Golden Princess», а також Камальни (*Catalpa bignonioides*) «Nana», Каштана кінського (*Aesculus hippocastanum*) «Briotii» та Тополі чорної (*Populus nigra*) «Italica». Окремими акцентами виступають Липа серцелиста (*Tilia cordata*) «Rancho», Верба біла (*Salix alba*) «Vitellina» та Ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*) «Autumn Blaze».

Декоративне оформлення включає квіткові композиції з Петунії (*Petunia grandiflora*), Тагетису (*Tagetes erectus*), Агератуму (*Ageratum houstonianum*), Сальвії (*Salvia splendens*), Цинерарії (*Cineraria maritima*), Портулаку (*Portulaca grandiflora*) та Целозії (*Celosia argentea*) з урахуванням поєднання кольорової гами та періодів цвітіння. Окрім рослинного оформлення, проекти передбачають облаштування парків малими архітектурними формами: альтанками, лавками, дитячими майданчиками, вказівниками, декоративним освітленням. Реалізація проєктів сприятиме підвищенню комфортності, естетичної цінності та екологічної стійкості парків, збереженню біорізноманіття і поліпшенню умов відпочинку населення сільських громад.

Ключові слова: зони парку, дендрофлора, садово-паркове обладнання, елементи благоустрою, життєвий стан, композиція, баланс території.

Вступ. Сільські парки є важливими об'єктами зеленого будівництва, що виконують не лише рекреаційні, а й екологічні та соціокультурні функції. Вони зазвичай розташовані в межах або поблизу центрів сільських поселень, забезпечуючи доступність для місцевих мешканців і формуючи сприятливе середовище для відпочинку, спілкування та культурного розвитку громади. Основою ефективного функціонування таких парків є гармонійне поєднання природного середовища з архітектурно-планувальними рішеннями, що відповідають як принципам композиції, так і функціональним потребам [7; 9].

На відміну від міських парків сільські мають специфічні просторові, масштабні та функціональні особливості. Їх проєктування залежить від структури забудови населеного пункту, історико-культурного контексту, природно-кліматичних умов, а також від наявних ресурсів для благоустрою. Значну роль відіграють адаптація ландшафтних елементів до місцевого середовища, правильне функціональне зонування території та забезпечення стійкості насаджень [10; 11].

Сучасні наукові дослідження підтверджують, що сільські парки – це не просто зелені зони, а складні рекреаційно-проєктувальні системи. Як зазначають Родичкін та співавтори, такі об'єкти мають чітко структуровану об'ємно-просторову організацію з композиційними та функціональними елементами, що сприяють повноцінному використанню території для громадських потреб [6].

Значний внесок у вивчення методичних підходів до проєктування сільських рекреаційних територій зробила Л. В. Чижевська. Вона обґрунтувала методологію оцінки ландшафтного потенціалу й рекреаційної ємності, що дає змогу визначати зони з різним ступенем привабливості та допустимим навантаженням на природу. Її підходи є актуальними в умовах адміністративної децентралізації та розвитку об'єднаних територіальних громад [8].

Також у контексті розвитку сільських парків як частини соціальної інфраструктури заслуговують на увагу дослідження В. Й. та Н. В. Липчуків. Вони акцентують на важливості інфраструктурної та організаційної підтримки рекреаційної діяльності населення у сільській місцевості, зокрема в контексті сільського туризму [3].

Незважаючи на зростання інтересу до теми, кількість комплексних наукових праць, присвячених плануванню, зонуванню, адаптації сільських парків до ландшафту та стійкості рослинних угруповань, залишається обмеженою. Це створює об'єктивну потребу в системному аналізі архітектурно-ландшафтного проєктування сільських парків з урахуванням сучасних вимог до екологічної збалансованості, естетичної виразності та соціальної значущості [5].

Мета роботи. Комплексне дослідження архітектурно-планувальної організації сільських парків з акцентом на композиційну структуру, функціональне зонування, стійкість насаджень та інтеграцію у просторову структуру сільських громад. У межах цього дослідження також передбачено розробити комплексну методику оцінки архітектурно-планувальної структури сільських парків малих населених пунктів Кам'янець-Подільського району з урахуванням їх рекреаційної ємності, екологічної стійкості та потреб місцевого населення.

Метою проведених досліджень було виявити основні проблеми та недоліки існуючих об'єктів, а також розробити проєкти реконструкції парків у селах Слобідка-Кульчіївська, Довжок і Зінківці Кам'янець-Подільського району Хмельницької області для покращення їхньої фітоценотичної структури та підвищення естетичної привабливості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Паркові території, що були об'єктом дослідження у межах Кам'янець-Подільського району Хмельницької області (села Слобідка-Кульчіївська, Довжок, Зінківці), розташовані в центральних або прилеглих до центру частинах населених пунктів. Об'єкти вибрані з огляду на їх типову архітектурно-просторову організацію, характерні особливості озеленення та доступність для населення. Це дає змогу класифікувати їх як внутрішньосільські об'єкти озеленення загального користування відповідно до типології, запропонованої в працях В. Дідик та Т. Максим'юк [1].

Парк у селі Слобідка-Кульчіївська займає площу 1,35 га. Деревні насадження представлені переважно Каштаном кінським (*Aesculus hippocastanum*), Липою дрібнолистою (*Tilia cordata*) та Акацією білою (*Robinia pseudoacacia*). Чагарниковий ярус складається з Бузку звичайного (*Syringa vulgaris*), Бірючини (*Ligustrum vulgare*) та Спирей (*Spiraea cinerea*). За результатами польового обстеження складено баланс території (табл. 1).

Таблиця 1. Баланс території парку в с. Слобідка-Кульчієвецька

Елементи території	Площа, м ²	Частка, %
Деревно-чагарникові насадження	620	4,6
Квітники	48	0,35
Газони	7520	55,7
МАФи (альтанки, лавки, урни тощо)	160	1,2
Доріжки, майданчики	1865	13,8
Споруди (будинки культури, сцена)	2487	18,4
Разом	13 700	100

Дослідження вказує на недостатній рівень озеленення – лише 4,6% території, що значно нижче від нормативного показника на 60% [4].

Парк у селі Довжок має площу 2,6 га. Територія активно використовується для громадських заходів, має футбольне поле, дитячий майданчик та Алею пам'яті. Частка твердого покриття становить лише 11,2%, що не відповідає рекомендованим нормативам (25–28%). Детальний розподіл території подано в табл. 2.

Таблиця 2. Баланс території парку в с. Довжок

Елементи території	Площа, м ²	Частка, %
Насадження дерев і кущів	710	2,7
Квітники	35	0,13
Газони	16850	64,8
Доріжки, майданчики	1750	6,7
Спортивні об'єкти (футбол, волейбол)	5850	22,5
МАФи	90	0,35
Разом	26 285	100

Парк у селі Зінківці є прикладом компактного зеленого простору біля громадської установи. Його площа – 1,4 га. Незважаючи на наявність декоративних газонів та невеликої водойми, частка насаджень становить лише 3%, що у 20 разів менше за рекомендовану норму. Баланс території представлено в табл. 3.

Таблиця 3. Баланс території парку в с. Зінківці

Елементи території	Площа, м ²	Частка, %
Деревні насадження	860	3,0
Квітники	38	0,3
Газони	8700	62,5
Доріжки, майданчики	1170	8,4
Водойма (штучна)	2900	20,8
МАФи і споруди	132	0,95
Разом	13800	100

На основі аналізу планувальних структур установлено, що досліджувані парки мають напіввідкриту просторову структуру, що є характерною для невеликих сільських парків, оточених забудовою з частковим доступом до відкритих ландшафтів. Це підтверджується даними територіального балансу та морфологічної оцінки.

Санітарно-гігієнічна оцінка, проведена за методикою Чижевської [8], показала середній рівень якості середовища – у межах 2 балів. Це вказує на потребу в посиленні провітрювання, ущільненні зелених насаджень та покращенні якості ґрунтів і дренажу.

Естетичну оцінку парків здійснено за показниками розмаїття, декоративності, видових точок, композиційної цілісності. Результати наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Естетична оцінка сільських парків Кам'янець-Подільського району

Назва парку	Естетична оцінка, бали
Парк у с. Слобідка-Кульчієвецька	38
Парк у с. Довжок	35
Парк у с. Зінківці	40

Оцінки свідчать про обмежений рівень естетичного оформлення. У парках не вистачає видових композицій, декоративного озеленення, малих архітектурних форм. Найвищий показник у с. Зінківці зумовлений більшою кількістю декоративних чагарників і природного рельєфу, однак усі об'єкти потребують реконструкції відповідно до сучасних естетичних та ландшафтних норм [2].

У парках с. Довжок та Слобідка-Кульчієвецька переважають такі культури: Каштан кінський *Aesculus hippocastanum*, Береза повисла *Betula pendula*, Акація біла *Robinia pseudoacacia*, середній стан яких оцінено як задовільний (близько 85%). Видаленню підлягають окремі сухостійні екземпляри.

У парку с. Зінківці домінує Береза повисла (*Betula pendula*), що є менш стійкою до механічних ушкоджень і засухи, тому тут виявлено найбільшу кількість дерев, що підлягають заміні.

За шкалою деградації (за методикою В. Й. Липчук та Н. В. Липчук) [3]:

– парки сіл Слобідка-Кульчієвецька та Довжок – II стадія дигресії, що свідчить про помірну рекреаційну трансформацію;

– парк у с. Зіньківці – III стадія, що вказує на значне порушення природного покриву та потребу в терміновому екологічному втручанні.

Згідно з методикою визначення гранично допустимого рекреаційного навантаження (ГДРН) [8], результати оцінки ємності наведено нижче:

- Слобідка-Кульчієвецька – фактичне навантаження: 3,81 люд./дн./га, ГДРН – 8,0 люд./дн./га;
- Довжок – 7,5 люд./дн./га, що наближається до межі;
- Зіньківці – 10,96 люд./дн./га, що перевищує допустиме значення.

За результатами аналізу встановлено, що рекреаційне перевантаження у с. Зіньківці вимагає негайної оптимізації функціонального зонування, уведення тимчасових обмежень на використання території та впровадження заходів щодо відновлення ландшафту (мульчування, підсадка, агротехнічне обслуговування).

Оптимальне функціональне зонування дає змогу мінімізувати антропогенний тиск та забезпечити комфорт для різних груп користувачів. У табл. 5 подано рекомендовану структуру зонування.

Таблиця 5. Рекомендоване співвідношення площ функціональних зон (%)

Функціональна зона	Парк с. Слобідка-Кульчієвецька	Парк с. Довжок	Парк с. Зіньківці
Зона масових заходів	5	5	5
Зона тихого відпочинку	75	67	75
Спортивна зона	10	23	12
Дитячі майданчики	7	5	8
Інше (технічне/сервісне)	3	–	–

Так, у парку с. Довжок домінує спортивна інфраструктура, що зумовлено попитом серед молоді, тоді як парки в Слобідці-Кульчієвецькій та Зіньківцях мають більш спокійний рекреаційний характер. Для збалансованого розвитку доцільно інтегрувати дитячі, інклюзивні й культурні простори.

Запропоновано такі рослинні композиції: у парках передбачено створення різноманітних типів насаджень залежно від функціонального зонування території. У рекреаційних та пішохідних зонах пропонуються ландшафтні групи деревно-чагарникових порід зі стійких до умов середовища видів. У декоративних зонах – квіткове оформлення з урахуванням тривалості цвітіння і кольорової гами. У центрі уваги – естетика, екологічна стійкість і зниження витрат на догляд. Асортимент підібрано відповідно до місцевих кліматичних умов і ґрунтів (табл. 6).

Відповідно до екологічних умов території було вибрано оптимальний асортимент рекомендованої рослинності для парків, який включає різні типи посадок із дерев, кущів та квіткових рослин, загалом понад сорок видів. У зоні тихого відпочинку рекомендується створення багатопородних ландшафтних груп, що включають хвойні породи: Ялівець китайський (*Juniperus chinensis*) «Stricta», Туя західна (*Thuja occidentalis*) сорту «Holmstrup» та Golden Globe. Також застосовуються групи з листяних дерев і кущів, серед яких – Клен гінналу (*Acer ginnala*) «Flame», Дерен білий (*Cornus alba*) «Elegantissima» Чубушник вінцевий (*Philadelphus coronarius*) «Virginal», Калина звичайна (*Viburnum opulus*) «Roseum», Горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*) «Flanrock» та Спірея Вангутта (*Spiraea vanhouttei*) «Snow White». Окремо виділяються однопородні групи Бузку звичайного (*Syringa vulgaris*) «Asessippi», Бузку звичайного (*Syringa vulgaris*) «President Grevy», Акації жовтої (*Caragana arborescens*) «Lorbergii» та Барбариса Тунберга (*Berberis thunbergii*) «Aurea».

У зоні масових заходів рекомендовано формування ландшафтних груп із Клену гостролистого (*Acer platanoides*) «Globosum», Бузку звичайний (*Syringa vulgaris*) «President Grevy», Дерену білого (*Cornus alba*) «Elegantissima» та Спіреї японської (*Spiraea japonica*).

Спортивні майданчики обрамляються посадками Клена гостролистого (*Acer platanoides*) «Globosum», Липи дрібнолистої (*Tilia cordata*) «June Bride» та Ясена звичайного (*Fraxinus excelsior*) «Autumn Blaze».

Дитяча зона зі східного боку рекомендується озеленити рядовими посадками Бірючини звичайної (*Ligustrum vulgare*) «Atrovirens», Кизильника блискучого (*Cotoneaster lucidus*) та Спіреї японської (*Spiraea japonica*) «Golden Princess». Окрім того, рядові посадки можуть складатися з Катальпи звичайної (*Catalpa bignonioides*) «Nana», Каштана кінського (*Aesculus hippocastanum*) «Briotii» і Тополі чорної (*Populus nigra*) «Italica». Як солітери використовуються Липа серцелиста (*Tilia cordata*) «Rancho», Верба біла (*Salix alba*) «Vitellina» та Ясен звичайний (*Fraxinus excelsior*) «Autumn Blaze».

Квіткове оформлення передбачає клумби з Целозією перистою (*Celosia argentea*) «Goldfeder», Петунією великоквітковою (*Petunia grandiflora*) «Hulahoop Rose», Тагетесом відхиленим (*Tagetes erectus*) «Bonita», а також Агератумом Хоустона (*Ageratum houstonianum*) «Aloha Blue», Портулаком великоквітковим (*Portulaca grandiflora*) «Sundial Caliente Mix». Декоративні рабатки формуються з Агератуму (*Ageratum houstonianum*) «Aloha Blue», Сальвії блискучої (*Salvia splendens*) «Piccolo» та Цинерарії сріблястої (*Cineraria maritima*) «Silverdust».

Також рекомендується встановити дитячі майданчики, альтанки, лавки, вказівники, декоративне освітлення. Усі конструкції мають бути виготовлені з екологічно безпечних, вандалостійких матеріалів відповідно до норм ДСТУ (табл. 7).

Таблиця 6. Асортимент рекомендованої рослинності у парках

№ з/п	Функціональна зона	Площа функціональної зони, м²	Найменування рослин	Площа компонента озеленення, м²	Кількість рослин, шт.			Вид посадки
					дерева	чагарники	квіткові рослини	
Парк у с. Слобідка-Кульчівська								
1	Тихого відпочинку	9525	Дерен білий «Elegantissima»	13,0	–	13	–	Група
2			Клен гімнала «Flame»	22,0	12	–	–	Група
3			Ялівець китайський «Stricta»	7,0	–	11	–	Група
4			Туя західна «Golden Globe»	13,0	–	16	–	Група
5			Туя західна «Holmstrup»	3,0	–	4	–	Група
6			Чубушник вінцевий «Virginal»	10,0	–	16	–	Група
7			Петунія великоквітова «Hulahoop Rose»	5,8	–	–	197	Клумба
8			Tagetes відхилений «Bonita»	5,8	–	–	278	Клумба
9			Целозія периста «Goldfeder»	5,8	–	–	278	Клумба
10	Масових заходів	635	Клен гостролистий «Globosum»	66,0	14	–	–	Рядова посадка
11	Культурно-просвітницьких заходів	381	Агератум Хоустона «Aloha Blue»	2,0	–	–	225	Рабатка
12			Сальвія блискуча «Piccolo»	2,0	–	–	162	Рабатка
13			Цинерарія срібляста «Silverdust»	3,0	–	–	162	Рабатка
14	Спортивна	1270	Липа дрібнолиста «June Bride»	30,0	10	–	–	Рядова посадка
15	Дитяча	889	Бірючина звичайна «Atrovirens»	33,0		33		Рядова посадка
РАЗОМ				219,4	36	80	1302	
Парк у с. Довжок								
16	Тихого відпочинку	16750	Калина звичайна «Roseum»	12,0	–	12	–	Група
17			Катальпа звичайна «Nana»	94,0	23	–	–	Рядова посадка
18			Горобина звичайна «Flanrock»	38,0	14	–	–	Група
19			Бузок звичаний «Asessippi»	22,0	–	28	–	Група/Рядова посадка
20			Спірея Вангутта «Snow White»	18,0	–	17	–	Група
21			Тополя чорна «Italica»	58,0	12	–	–	Рядова посадка
22			Ясен звичайний «Autumn Blaze»	6,0	3	–	–	Солітер
23			Агератум Хоустона «Aloha Blue»	0,9	–	–	242	Клумба
24			Портулак великоквітковий «Sundial Caliente Mix»	1,8	–	–	275	Клумба
25			Tagetes відхилений «Bonita»	1,8	–	–	94	Клумба
26	Масових заходів	1250	Бузок звичаний «President Grevy»	21,0	–	20	–	Група
27	Спортивна	15750	Клен гостролистий «Globosum»	135,0	33	–	–	Рядова посадка
28	Дитяча	1250	Кизильник блискучий	22,0	–	21	–	Рядова посадка
РАЗОМ				430,5	62	86	611	

Парк у с. Зінківці								
29	Тихого відпочинку	10275	Акація жовта «Lorbergii»	28,0	–	27	–	Група
30			Барбарис Тунберга «Aurea»	15,0	–	19	–	Група
31			Каштан кінецький «Briotii»	106,0	25	–	–	Рядова посадка
32			Верба біла «Vitellina»	6,0	3	–	–	Солітер
33			Дербенник іволистий «Pink Blush»	43,0	–	–	201	Рядова посадка
34			Колеус Блюме «Red Monarch»	5,2	–	–	224	Клумба
35			Колеус Блюме «Volcano»	5,2	–	–	224	Клумба
36			Колеус Блюме «Scarlet Poncho»	5,2	–	–	224	Клумба
37			Липа серцелиста «Rancho»	3,0	2	–	–	Солітер
38	Масових заходів	685	Дерен білий «Elegantissima»	5,0	–	8	–	Група
39			Спірея японська «Anthony Waterer»	13,0	–	13	–	Група
40	Спортивна	1644	Ясен звичайний «Autumn Blaze»	38,0	10	–	–	Рядова посадка
41	Дитяча	1096	Спірея японська «Golden Princess»	28,0	–	32	–	Рядова посадка
РАЗОМ				300,6	40	53	873	

Таблиця 7. Каталог МАФів і переносних елементів благоустрою

№ з/п	Назва обладнання	Опис комплексу	Кількість, шт.
1	Лава металева зі спинкою	Каркас лавки виготовлений із металевого профілю розміром 25х25 мм з емальованим покриттям чорного кольору. Настил та спинка для сидіння виготовлені з бруса хвойних порід із подальшим нанесенням морилки (світлої або темної)	13
2	Урна «Хвиля»	Основний бак урни має систему перекидання для більш швидкого та легкого очищення від сміття. Товщина сталі сміттевого бака 1,1 мм, з елементами художнього кування	14
3	Садовий світильник Eglo Laterna 4 22466	Корпус: литий алюміній пофарбований у білий колір. Плафон: прозоре скло, класична пірамідальна форма Цоколь: E27. Максимальна потужність: 60 Вт лампи накаливання або LED аналогічної потужності. Висота: близько 2 м. Стиль: ретро, класика	14
4	Альтанка	Розмір альтанки (ДхШ) 2,3х2,3 м. Матеріал: каркас – труба 40х20 мм, 30х15 мм; заповнення – труба 15х15 мм	6
5	Стіл «Дачний 1,5 м»	Збірно-розбірна конструкція, тому стіл зручний для транспортування та простий у складанні	6
6	Арка садова К-82	Виготовлена з металу, пофарбована в темно-сірий колір, габаритні розміри (ШхГхВ): 180х40х210 см	4
7	Пісочниця з навісом	Пісочниця виготовлена з розбірних дерев'яних деталей. Каркас збирається з брусків і дуг, що з'єднуються між собою за допомогою шпильок, що стягують. Бруски каркаса являють собою дерев'яні ламелі, склеєні за допомогою водостійкого клею, вкриті водно-масляним просоченням і акрилатним лаком методом захисно-декоративного покриття, після висихання не виділяють формальдегіди в навколишнє середовище. Пісочниця комплектується навісом, який виконаний із тканини з водовідштовхувальним просоченням, стійким до вигорання на сонці	3
8	Гойдалки базові подвійні жорсткий підвіс	Розміри: 2900х1400 х1900 мм складаються з: двох бічних стійок (металева труба діаметром не менше 42 мм та товщиною стінки не менше 3,5 мм); однієї середньої стійки (металева труба діаметром не менше 42 мм); двох жорстких підвісів (металева труба діаметром не менше 26 і 32 мм, з металевими підлокітниками та спинкою, сидінням з фанери завтовшки не менше 21 мм); перекладки (металева труба діаметром не менше 42 мм, із товщиною стінки не менше 3,5 мм). Для міцного з'єднання стійок з балкою використовувати фланець завтовшки не менше 5 мм, з 4 отворами для кріплення	3
9	Качалка-балансир	Довжина: 2550 мм, ширина: 550 мм, висота: 1100 мм. Матеріал – дерево, вологостійка фанера, метал. Зона безпеки 4550х2550 мм	6
10	Гірка з металевими поручнями Н=1500	Розміри: 3450х720х2320 мм. Каркас виконаний із профільної труби перетином не менше 50х25х2 мм і втопленій у відфрезерований паз фанерного борту по всій довжині. 700 мм і обладнані поручнем обмежувачем на висоті не менше 600 мм	3
11	Гойдалка на пружині КВТ Літак	Довжина 920 мм, ширина 520 мм, висота 1020 мм. Матеріал: метал, фанера. Зона безпеки 3320х2920 мм	12
12	Карусель	Вікова група – від 2 до 7 років. Загальна висота – 900 мм. Площа зони безпеки – 23,7 м²	3
13	Дитячий ігровий комплекс «Фортеця»	Багатофункціональна конструкція розміром 5350х4380х3000 мм із зоною безпеки 8350х7380 мм, що включає башти, сходи, гірку з нержавіючої сталі (висота 1200 мм), скелелаз, рукохід із кільцями, вертикальну жердину, спіраль, грати для лазіння та турнік. Несучі елементи виготовлені з клеєного соснового бруса меблевої вологості, борта – з вологостійкої фанери товщиною не менше 30 мм із ретельно шліфованими кромками. Усі дерев'яні елементи відшліфовано та пофарбовано двокомпонентними фарбами, стійкими до атмосферних впливів та ультрафіолету, а сходи мають антиковзне покриття для безпеки дітей	3
14	Ворота футбольні	Спортивна конструкція, призначена для проведення тренувань і змагань із футболу, футзалу або мініфутболу. Виготовляється з металевих труб (зазвичай алюмінієвих або сталевих), має стандартні розміри – 7,32х2,44 м для класичного футболу або 3х2 м для мініфутболу з глибинами до 2 м. Каркас покривається порошковою фарбою, стійкою до корозії та атмосферних впливів. Ворота комплектуються сіткою з поліпропілену або капрону, яка кріпиться до каркаса спеціальними затискачами. Конструкція може бути стаціонарною (із закладними елементами) або мобільною (з обв'язувачами або колесами)	3
15	Спортивний комплекс	Універсальна вулична конструкція для занять фізичними вправами, що включає рукохід, шведську стінку, турнік та бруси. Оснащений регульованими по висоті поперечинами для індивідуального налаштування під користувача. Секція рукоходу дає змогу розвивати силу рук та витривалість, діаметр перекладин брусів становить 48 мм, що забезпечує зручне та безпечне захоплення. Габарити комплексу у зібраному вигляді – 5,2х2,4х2,7 м, вага – близько 320 кг. Призначений для використання у дворах, парках, на шкільних та спортивних майданчиках	3

Реалізація запропонованих заходів сприятиме підвищенню рівня озелененості територій парків, покращенню їхніх естетичних якостей і позитивно вплине на емоційний стан відвідувачів. Таким чином, запропонована модель парку виступає системою зонування з певним набором об'єктів і майданчиків різної місткості. Вона дає змогу адаптувати склад споруд та типи садово-паркових насаджень відповідно до конкретних умов, що сприяє підвищенню якості просторового середовища та комфорту перебування у парках.

Висновки. Проведені дослідження підтверджують, що рівень озеленення сільських парків не досягає встановлених нормативних показників, а асортимент рослинності характеризується недостатньою різноманітністю. Тому нами було розроблено функціональне зонування з урахуванням рекреаційних, декоративних, масових і дитячих зон. Для озеленення запропоновано асортимент деревно-чагарникових і квіткових композицій, стійких до місцевих кліматичних умов, із тривалим декоративним ефектом. У тихих зонах рекомендовано багатопородні групи з хвойних та листяних порід, у зонах масових заходів – декоративні групи з Клена гостролистого (*Acer platanoides*), Бузку звичайного (*Syringa vulgaris*), Дерену білого (*Cornus alba*), Спіреї японської (*Spiraea japonica*). Передбачено озеленення спортивних і дитячих майданчиків, створення квітників та рабатов із Петунії (*Petunia grandiflora*), Тагетесу (*Tagetes erectus*), Агератуму (*Ageratum houstonianum*), Сальвії (*Salvia splendens*) та Цинерарії (*Cineraria maritima*). Запропоновано встановлення альтанок, лавок, дитячих майданчиків, декоративного освітлення з використанням екологічно безпечних, вандалостійких матеріалів. Реалізація проєктів сприятиме формуванню гармонійного ландшафтного середовища, поліпшенню умов відпочинку населення та збереженню біорізноманіття.

Список використаних джерел

1. Дідик В., Максим'юк Т. Естетика та композиція ландшафту : навчальний посібник. Львів, 2012. 244 с.
2. Іванченко О.Є., Бессонова В.П. Видове різноманіття та естетична характеристика насаджень селищного парку (смт Ілларіонове). *Питання степового лісознавства та лісової рекультиваци земель*. 2020. Т. 49. С. 26–47.
3. Липчук В.Й., Липчук Н.В. Організаційно-педагогічні засади фізичної рекреації у сільському туризмі. *Вісник Львівського державного університету фізичної культури ім. Івана Боберського*. 2024. № 2(46). С. 88–94. URL: <https://repository.ldufk.edu.ua/items/8b35fc98-6040-4e18-b19d-fd1ccd96f7c4>
4. Олексійченко Н.О., Гричук М.О. Таксономічний склад та систематична структура насаджень дендропарків Житомирського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.11. С. 8–14.
5. Роговський С.В. Аналіз складу і стану дендрофлори парку с. Крюківщина Києво-Святошинського району Київської області. *Агробіологія*. 2018. № 2. С. 79–89.
6. Родичкін І.Д., Гончаренко О.М., Іванова Т.Г. Рекреаційно-проектувальні особливості формування сільських парків. *Географія та туризм*. 2020. Вип. 52. С. 104–109. URL: <https://gj.journal.kspu.edu/index.php/gj/article/view/146>
7. Сисак В.О., Бармашина Л.М. Проблеми розвитку паркової системи в Україні. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2013. Вип. 1. С. 200–212.
8. Чижевська Л.В. Методичні підходи до проєктування сільських рекреаційних територій в умовах об'єднаних територіальних громад. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2021. Вип. 61. С. 191–199. URL: <https://archinform.knuba.edu.ua/article/view/201653>
9. Шлапак В.П., Єгоров Ю.І. Аналіз просторового середовища ландшафтно-архітектурної скверу ім. І.Д. Черняховського у місті Умань та розроблення проєкту його реконструкції. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27(4). С. 15–20.
10. Шлапак В.П., Коджебаш А.В., Козаченко І.В., Парубок М.І., Масловата С.А. Оцінювання сучасного стану парку села Іванівка Уманського району та проєкт його реконструкції. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 6. С. 47–51.
11. Myalkovsky R., Plahtiy D., Bezvikonnyi P., Horodyska O., Nebaba K. Urban parks as an important component of environmental infrastructure: Biodiversity conservation and recreational opportunities. *Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*. 2023. Vol 14. Iss. 4. P. 57–72.

Bezvikonnyy P. V.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at 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*

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: ruslanmialkovskui@i.ua
ORCID: 0000-0002-0791-4361*

Potapsky Yu. V.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: yurapotap@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6446-9471*

Kushniruk T. M.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: kuschniruk81@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3983-6070*

FEATURES OF PLANNING RURAL PARK AREAS**Abstract**

The article presents the results of comprehensive research aimed at identifying the main problems and shortcomings of existing village parks in the villages of Slobidka-Kulchiyevetska, Dovzhok and Zinkivtsi, Kamianets-Podilskyi district, Khmelnytskyi region, as well as developing projects for their reconstruction in order to increase aesthetic appeal, improve the phytocenotic structure and functional organization of the territory. Analysis of the state of green spaces showed significant differences between objects. Thus, in the park of the village of Slobidka-Kulchiyevetska, the tree layer is represented mainly by horse chestnut, small-leaved linden and white acacia, the shrub layer is represented by common lilac, privet and spirea. The park in the village of Dovzhok is actively used for public events, however, the share of hard surface is only 11.2%, which is significantly lower than the recommended standards. The worst condition was found in the park of the village of Zinkivtsi, where the share of green spaces is only 3%, which is 20 times less than the norm.

Based on the data obtained, functional zoning was developed taking into account recreational, pedestrian, mass, sports, children's and decorative zones. For each of them, an assortment of plants resistant to the climatic and soil conditions of the region was selected, taking into account decorativeness, duration of flowering and seasonal color change. In quiet recreation areas, multi-species landscape groups of coniferous species (Chinese juniper «Stricta», Thuja western «Holmstrup» and «Golden Globe») and deciduous ornamental trees and shrubs (Ginnal maple «Flame», Dogwood white «Elegantissima», Crown chubushnik «Virginal», Viburnum common «Roseum», Mountain ash «Flanrock», Spirea Vangutta «Snow White» are recommended. For mass event zones, groups of Maple sharp-leaved «Globosum», Lilac common «President Grevy», Dogwood white and Spirea Japanese are recommended.

The landscaping of the sports grounds involves the used of the Maple sharp-leaved «Globosum», Linden small-leaved «June Bride», and Ash «Autumn Blaze». The children's area is complemented by regular plantings of the Privet «Atrovirens», Spirea Japanese «Golden Princess», Catalpa «Nana», Chestnut horse «Briotii», and Poplar black «Italica». The Linden heart-leaved «Rancho», Willow white «Vitellina», and Ash «Autumn Blaze» as separate accents.

Decorative design includes floral arrangements of petunias, tagetes, ageratum, salvia, cineraria, purslane and celosia, taking into account the combination of colors and flowering periods. In addition to plant design, the projects provide for the arrangement of parks with small architectural forms – gazebos, benches, playgrounds, signs, decorative lighting. All structures are proposed to be made of environmentally safe, durable and vandal-resistant materials in accordance with the standards of the State Technical Regulations of Ukraine. The implementation of the projects will contribute to increasing the comfort, aesthetic value and environmental sustainability of parks, preserving biodiversity and improving the conditions for recreation for the population of rural communities.

Key words: park zones, dendroflora, garden and park equipment, landscaping elements, living conditions, composition, balance of the territory.

References

1. Didyk, V., Maksymiuk, T. (2012). Estetyka ta kompozytsiia landshaftu [Aesthetics and landscape composition]. Lviv : Lvivska Politehnika. [in Ukrainian].
2. Ivanchenko, O.Ye., Bessonova, V.P. (2020). Vydove riznomanittia ta estetychna kharakterystyka nasadzen selyshchnoho parku (smt Illarionove) [Species diversity and aesthetic characteristics of the plantations of the village park (Illarionove village)]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zeme – Issues of steppe silviculture and forest land reclamation*, 49, 26–47 [in Ukrainian].
3. Lypchuk, V.Y., Lypchuk, N.V. (2024). Orhanizatsiino-pedahohichni zasady fizychnoi rekreatsii u silskomu turyzmi [Organizational and pedagogical principles of physical recreation in rural tourism]. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu fizychnoi kultury im. Ivana Boberskoho – Bulletin of the Ivan Bobersky Lviv State University of Physical Culture*, 2 (46), 88–94. Retrieved from: <https://repository.ldufk.edu.ua/items/8b35fc98-6040-4e18-b19d-fd1ccd96f7c4> [in Ukrainian].
4. Oleksiichenko, N.O., Hrychuk, M.O. (2014). Taksonomichniy sklad ta systematychna struktura nasadzen dendroparkiv Zhytomyrskoho Polissia [Taxonomic composition and systematic structure of arboretum plantings of Zhytomyr Polissya]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Literary and Technical University of Ukraine*, 24.11, 8–14 [in Ukrainian].
5. Rohovskyi, S.V. (2018). Analiz skladu i stanu dendroflory parku s. Kriukivshchyna Kyievo-Sviatoshynskoho raionu Kyivskoi oblasti [Analysis of the composition and condition of the dendroflora of the park of the village of Kryukivshchyna, Kyiv-Svyatoshyn district, Kyiv region]. *Ahrobiolohiia – Agrobiology*, 2, 79–89. [in Ukrainian].
6. Rodychkin, I.D., Honcharenko, O.M., Ivanova, T.H. (2020). Rekreatsiino-proektualni osoblyvosti formuvannia silskykh parkiv [Recreational and design features of the formation of rural parks]. *Heohrafiia ta turyzm: naukovyi zhurnal – Geography and tourism: scientific journal*, 52, 104–109. Retrieved from: <https://gj.journal.kspu.edu/index.php/gj/article/view/146> [in Ukrainian].
7. Sysak, V.O., Barmashyna, L.M. (2013). Problemy rozvytku parkovoi systemy v Ukraini [Problems of development of the park system in Ukraine]. *Arkhitekturnyi visnyk KNUBA – Architectural Bulletin of the KNUBA*, 1, 200–212. [in Ukrainian].
8. Chyzhevska, L.V. (2021). Metodichni pidkhody do proektuvannia silskykh rekreatsiinykh terytorii v umovakh obiednanykh terytorialnykh hromad [Methodological approaches to the design of rural recreational areas in the context of united territorial communities]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia – Modern problems of architecture and urban planning*, 61, 191–199. Retrieved from: <https://archinform.knuba.edu.ua/article/view/201653> [in Ukrainian].
9. Shlapak, V.P. Yehorov, Yu.I. (2017). Analiz prostorovoho seredovyshcha landshaftnoi arkhitektury skveru im. I. D. Cherniakhovskoho u misti Uman ta rozroblennia proektu yoho rekonstruktsii [Analysis of the spatial environment of the landscape architecture of the I. D. Chernyakhovsky square in the city of Uman and development of a project for its reconstruction]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of the national forestry university of Ukraine*, 27(4), 15–20 [in Ukrainian].
10. Shlapak V.P., Kodzhebash A.V., Kozachenko I.V., Parubok M.I., Maslovata S.A. (2018). Otsiniuvannia suchasnoho stanu parku sela Ivanivka Umanskoho raionu ta proekt yoho rekonstruktsii [Assessment of the current state of the park of the village of Ivanivka, Uman district and the project of its reconstruction]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific bulletin of the national forestry university of Ukraine*, 28(6), 47–51 [in Ukrainian].
11. Myalkovsky, R., Plahtiy, D., Bezikonnyi, P., Horodyska, O., Nebaba, K. (2023). Urban parks as an important component of environmental infrastructure: Biodiversity conservation and recreational opportunities. *Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*, 14(4), 57–72 [in Ukrainian].

Отримано: 15.09.2025

Рекомендовано: 06.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633.854.78:631.582:631.53.01:631.8(477.7)
DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.4>

Гамаюнова В. В.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувачка кафедри землеробства, геодезії та землеустрою,
Миколаївський національний аграрний університет,
Миколаїв, Україна

E-mail: gatajunova2301@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4151-0299

Бакланова Т. В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
вчений секретар,

Державна установа “Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України” Миколаїв, Україна

E-mail: hlushkot@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6699-2693

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ РИЖІЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ РОКУ, СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті наведено результати досліджень із впливу на рівень урожайності насіння рижію ярого (*Camelina sativa* L.) в умовах Південного степу України залежно від сортових особливостей, погодних умов та оптимізації живлення. Досліди проводили у 2023–2025 рр. на чорноземі південному у Навчально-науково-практичному центрі Миколаївського НАУ. У 0–30-сантиметровому шарі ґрунту міститься 2,9–3,1% гумусу, 20–25 мг/кг рухомого азоту, 40–45 мг/кг P_2O_5 і 370–520 мг/кг K_2O . До схеми досліду включено три фактори: сорт (фактор А) (Степовий-1, Міраж), передпосівна обробка насіння (фактор В) (обробка водою та біопрепаратом Азотофіт) і (фактор С) оптимізація живлення (без добрив; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$ + позакореневе підживлення Мікро-Мінераліс Олійні та Бороплюс; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{15}P_{15}K_{15}$ + позакореневе підживлення). Повторність досліду – чотириразова, облікова площа ділянки – 50 м², загальна – 80 м². За результатами досліджень встановлено істотний вплив усіх факторів та їх поєднання на продуктивність культури. У середньому за три роки вирощування найнижчою врожайністю насіння сформована у контролі: 1,09–1,25 т/га – сортом Степовий-1 і 1,16–1,36 т/га – сортом Міраж. Внесення повної дози мінерального добрива ($N_{30}P_{30}K_{30}$) забезпечило підвищення врожайності до 1,33–1,52 і 1,48–1,64 т/га відповідно. Максимальних значень урожайності досягли за оптимізації живлення ($N_{30}P_{30}K_{30}$ + позакореневе підживлення): 1,51–1,72 т/га – по сорту Степовий-1 та 1,60–1,81 т/га – по сорту Міраж. Зменшення норми мінеральних добрив удвічі ($N_{15}P_{15}K_{15}$) дало змогу отримати врожайність на рівні 1,27–1,46 т/га, проте поєднання їх із позакореневим підживленням підвищило цей показник до 1,40–1,63 т/га. Велике значення у підвищенні рівня врожаю має і передпосівна обробка насіння Азотофітом, яка в усіх варіантах досліду забезпечила приріст урожайності на 0,15–0,20 т/га, а в поєднанні з повним удобренням і позакореневим підживленням – до 0,21 т/га. Зазначених результатів досягнуто за рахунок активізації діяльності азотфіксуючих бактерій, поліпшення азотного живлення та посилення стійкості рослин до стресових умов. Встановлено також, що врожайність насіння рижію ярого істотно залежала від сорту, передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення. Найвищих значень продуктивності сорти Степовий-1 і Міраж формували за поєднання комбінованого застосування мінеральних добрив та проведення позакореневих підживлень препаратами Мікро-Мінераліс Олійні та Бороплюс, що забезпечило максимальну врожайність насіння на рівні 1,51–1,81 т/га.

Ключові слова: рижій ярий, урожайність, мінеральні добрива, передпосівна обробка насіння, позакореневе підживлення, Азотофіт, Південний степ України, зміни клімату.

Вступ. Рижій (*Camelina sativa* L.) розглядається як перспективна олійна культура для посушливих і напівпосушливих регіонів завдяки ранньому вегетаційному циклу, відносній невибагливості до ґрунтових умов та високому вмісту корисних поліненасичених жирних кислот у насінні. В Україні інтерес до рижію зростає внаслідок потреби диверсифікації олійних культур і пошуку сільськогосподарських культур, які забезпечують сталі рівні врожаю в умовах кліматичної мінливості Південного степу [2; 10; 11].

Ефективна реалізація потенціалу врожайності рижію в умовах Південного степу України значною мірою залежить від успішного старту рослин: схожості, енергії проростання і початкових фаз росту та розвитку за умов недостатнього зволоження і високих температур. Передпосівна обробка насіння є доступним елементом технології, що впливає на швидкість і рівномірність сходів, подальшу стійкість рослин до абіотичних стресів і, як

наслідок, на кінцеву врожайність. Сучасними дослідженнями встановлено, що різні підходи до обробки насіння можуть пом'якшувати негативний вплив посухи та високих температур, але ефективність заходу залежить від добору і норми препарату, сорту та умов року [12; 14].

Дослідженнями встановлено, що передпосівна обробка насіння підвищує енергію проростання та дружність сходів, що особливо важливо в посушливих умовах, де затримка сходів призводить до зниження кущіння й кількості утворених генеративних органів [1; 8]. Передпосівна обробка насіння здатна підвищувати кількість бічних пагонів і стручків, а також позитивно впливати на масу 1 000 насінин. Часто це відбувається опосередковано – через кращі стартові умови та зниження первинного патогенного тиску.

Дружні та вирівняні сходи забезпечують інтенсивніше кущіння, а застосування окремих біопрепаратів додатково стимулює розвиток кореневої системи, що в умовах Південного степу підвищує здатність рослин ефективніше використовувати ґрунтову вологу [4].

Система удобрення є важливим чинником формування продуктивності ріжю. Установлено, що культура позитивно реагує на внесення азотних добрив у поєднанні з фосфорними та калійними, однак надлишок азоту може спричинити вилягання посівів і зниження вмісту жиру в насінні [9]. Дослідження вітчизняних науковців свідчать, що оптимальними для умов Південного степу є помірні дози мінеральних добрив $N_{45-60}P_{30}K_{30}$, які забезпечують найкраще співвідношення між рівнями врожаю та якості насіння [3]. Окрім того, передпосівна обробка насіння біопрепаратами (ризобіальними інокулянтами, мікоризними грибами, біостимуляторами росту) покращує схожість, стійкість до стресів та ефективність використання вологи [13].

Дослідженнями обґрунтовано економічну доцільність застосування позакореневих підживлень у «критичні періоди» розвитку культури (фаза 3–5 листків та бутонізація – початок цвітіння). Використання комплексів із бором, магнієво-сірчаними солями та багатокомпонентними мікродобривами забезпечувало підвищення чистого прибутку та рівня рентабельності навіть за умов зростання виробничих витрат [1].

Зробленим оглядом літератури підтверджено, що передпосівна обробка насіння є перспективним і відносно маловитратним засобом підвищення врожайності та отримання сталої продуктивності ріжю ярого в посушливих умовах Південного степу України. Найбільш ефективними визначено комбіновані підходи, зокрема оптимізація живлення, яка забезпечує поліпшення процесів початкового росту і виживаності рослин та генеративного їх розвитку в умовах стресу. Водночас для формування практичних рекомендацій необхідно провести локальні польові дослідження з випробування препаратів для обробки насіння певних сортів за специфічних ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Мета роботи. Метою досліджень передбачали визначити врожайність насіння ріжю ярого в умовах Південного степу України залежно від погодних умов року, сортових особливостей, оптимізації живлення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження впродовж 2023–2025 рр. проводили на чорноземі південному в Навчально-науково-практичному центрі Миколаївського НАУ. У шарі ґрунту 0–30 см міститься 2,9–3,1% гумусу, 20–25 мг/кг рухомого азоту, 40–45 мг/кг P_2O_5 та 370–520 мг/кг K_2O .

Дослід трифакторний, включає такі фактори та варіанти: Фактор А (сорт) – Степовий-1; Міраж; Фактор В (передпосівна обробка насіння): обробка насіння водою; обробка насіння препаратом Азотофіт (1 л/т). Фактор С (оптимізація живлення): контроль (без добрив); $N_{30}P_{30}K_{30}$ (рекомендована для зони доза добрив); $N_{30}P_{30}K_{30}$ + позакореневі підживлення: Мікро-Мінераліс Олійні (1,5 л/га) у фазу 3–5 листків + Бороплюс (1 л/га) у фазу бутонізації; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{15}P_{15}K_{15}$ + + позакореневі підживлення: Мікро-Мінераліс Олійні (1,5 л/га) у фазу 3–5 листків + Бороплюс (1 л/га) у фазу бутонізації.

Загальна площа ділянки – 80 м², облікової – 50 м², повторність досліду чотириразова. Розміщення варіантів послідовне. Агротехніка вирощування зерна ріжю ярого в досліді була загальноприйнятою для умов регіону крім досліджуваних факторів. Попередником ріжю ярого в досліді була пшениця озима, після якої післяжнивню висівали вівсяно-горохову сумішку. Післяжнивні залишки занурювали в ґрунт для збагачення його органічною речовиною та біологічним азотом.

Дослідження, спостереження за станом рослин, відбір зразків та облік урожаю за вирощування ріжю ярого проводили відповідно до методики досліджень і зональних методичних рекомендацій [5; 6; 7].

Нашими дослідженнями встановлено, що врожайність насіння ріжю ярого істотно залежала від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та рівня мінерального живлення і проведення позакореневих підживлень, а також від погодних умов років вирощування. У середньому за 2023–2025 рр. найнижчою врожайність сформована у контролі без застосування добрив і біопрепаратів (табл. 1). Так, у сорту Степовий-1 врожайність насіння становила 1,09 т/га за обробки насіння водою і 1,25 т/га – за обробки його Азотофітом. У сорту Міраж цей показник був дещо вищим – відповідно 1,16 та 1,36 т/га.

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечувало зростання врожайності до 1,33–1,52 т/га у сорту Степовий-1 та 1,48–1,64 т/га – у сорту Міраж. Найвищі рівні врожайності отримано за поєднання повного мінерального удобрення з позакореневими підживленнями препаратами Мікро-Мінераліс Олійні (1,5 л/га у фазу 3–5 листків) та Бороплюс (1 л/га у фазу бутонізації). У цьому варіанті врожайність насіння у сорту Степовий-1 досягала 1,51 т/га (за обробки насіння водою) та 1,72 т/га (за обробки Азотофітом), тоді як у сорту Міраж вона була дещо вищою і становила 1,60 в 1,81 т/га відповідно.

Зменшення норми мінерального добрива удвічі ($N_{15}P_{15}K_{15}$) забезпечувало отримання дещо нижчих рівнів урожайності: 1,27–1,42 т/га у сорту Степовий-1 та 1,32–1,46 т/га – у сорту Міраж. Проте поєднання її з позакореновими підживленнями призводило до зростання врожайності насіння: до 1,40–1,59 т/га (сорт Степовий-1) та 1,44–1,63 т/га (сорт Міраж). Проведення лише позакоренових підживлень (без основного внесення добрив) мало проміжний ефект, забезпечуючи формування 1,26–1,40 т/га насіння сорту Степовий-1 та 1,29–1,46 т/га сорту Міраж.

Узагальнені дані свідчать, що сорт Міраж має дещо вищий потенціал урожайності порівняно із сортом Степовий-1, а поєднання передпосівної обробки насіння Азотофітом та оптимізованого підходу до живлення ($N_{30}P_{30}K_{30}$ + позакореневі підживлення) забезпечувало максимальну реалізацію продуктивності обох сортів ріжю ярого.

Таблиця 1. Урожайність насіння сортів ріжю ярого за впливу досліджуваних факторів та умов року вирощування, т/га

Оптимізація живлення (фактор С)	2023 р.		2024 р.		2025 р.		2023–2025 рр.	
	Передпосівна обробка насіння (фактор В)							
	1	2	1	2	1	2	1	2
Сорт Степовий – 1 (фактор А)								
1. Контроль	1,18	1,34	1,10	1,28	0,98	1,14	1,09	1,25
2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,47	1,65	1,34	1,51	1,17	1,39	1,33	1,52
3. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + позакореневі підживлення Мікро-Мінераліс Олійні + Бороплюс	1,65	1,83	1,51	1,72	1,38	1,60	1,51	1,72
4. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,34	1,47	1,28	1,43	1,18	1,36	1,27	1,42
5. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + позакореневі підживлення Мікро-Мінераліс Олійні + Бороплюс	1,48	1,64	1,39	1,60	1,34	1,54	1,40	1,59
6. Позакореневі підживлення Мікро-Мінераліс Олійні + Бороплюс	1,32	1,45	1,26	1,41	1,20	1,35	1,26	1,40
Сорт Міраж (фактор А)								
1. Контроль	1,26	1,41	1,17	1,35	1,05	1,31	1,16	1,36
2. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,55	1,72	1,48	1,64	1,40	1,56	1,48	1,64
3. N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + позакореневі підживлення Мікро-Мінераліс Олійні + Бороплюс	1,69	1,89	1,60	1,83	1,51	1,72	1,60	1,81
4. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1,38	1,48	1,33	1,47	1,24	1,43	1,32	1,46
5. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + позакореневі підживлення Мікро-Мінераліс Олійні + Бороплюс	1,50	1,66	1,42	1,65	1,40	1,57	1,44	1,63
6. Позакореневі підживлення Мікро-Мінераліс Олійні + Бороплюс	1,34	1,48	1,30	1,48	1,23	1,42	1,29	1,46
НІР ₀₅ фактор А	0,04		0,02		0,02			
фактор В	0,09		0,08		0,07			
фактор С	0,13		0,09		0,09			
фактори АВ	0,11		0,10		0,09			
фактори АС	0,10		0,10		0,10			
фактори ВС	0,12		0,11		0,10			
фактори АВС	0,15		0,13		0,11			

Примітка: 1. обробка насіння водою; 2. обробка насіння Азотофітом.

Дослідженнями підтверджено доцільність і переваги проведення передпосівної обробки насіння ріжю ярого біопрепаратом Азотофіт (рис. 1). У всіх варіантах живлення цей елемент технології забезпечував стабільно вищу врожайність порівняно з обробкою насіння водою. Зокрема, приріст у середньому становив 0,15–0,20 т/га, а в поєднанні з повним мінеральним удобренням і позакореновими підживленнями він зростав до 0,21 т/га (1,77 т/га проти 1,56 т/га). Такий ефект пояснюється здатністю препарату активізувати роботу азотфіксуючих бактерій, покращувати азотне живлення рослин і стимулювати розвиток кореневої системи. Окрім того, Азотофіт підвищував стійкість рослин до стресових умов і забезпечував більш повну віддачу від оптимізації живлення.

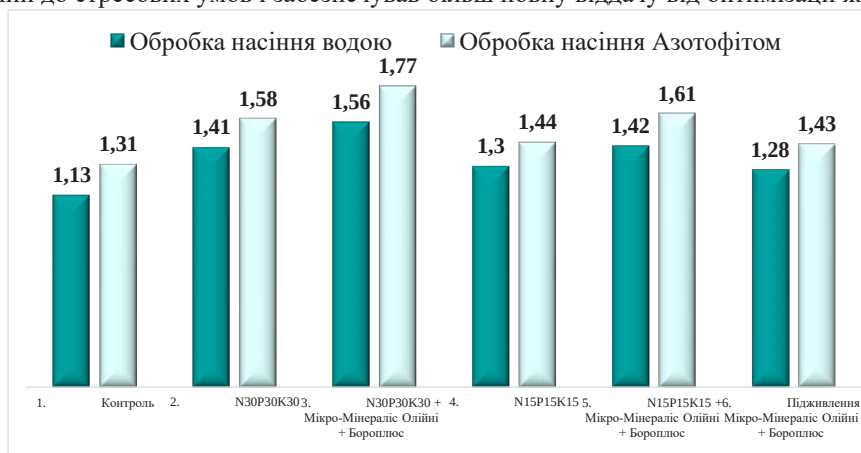


Рис. 1. Урожайність насіння ріжю ярого за впливу досліджуваних факторів у середньому по сортах (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Статистичною оцінкою результатів (HP_{05}) підтверджено вірогідність впливу окремих факторів та їх поєднання. Найбільш істотно на рівні врожайності впливали фактори оптимізації живлення (C) та його взаємодія із сортовими особливостями (AC) і передпосівною обробкою насіння (BC). Це обґрунтовує доцільність комплексного підходу до оптимізації живлення ріжю ярого в умовах Південного степу України.

Аналіз отриманих даних дає змогу стверджувати, що використання оптимізованих підходів до живлення та передпосівна обробка насіння Азотофітом забезпечують отримання сталих рівнів урожайності, що особливо важливо для вирощування ріжю ярого в умовах обмеженого вологозабезпечення Південного степу України.

Висновки. За результатами трирічних досліджень визначено, що врожайність ріжю ярого значною мірою залежить від сорту, передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення. Сорти Степовий-1 та Міраж формують досить високу і сталу продуктивність за поєднання елементів технології вирощування: внесення мінеральних добрив із подальшим проведенням позакоренових підживлень Мікро-Мінераліс Олійні і Бороплюс, що дає змогу отримувати врожайність насіння на рівні 1,51–1,81 т/га.

Список використаних джерел

1. Гамаюнова В.В., Москва І.С. Складники структури та врожайність насіння ріжю ярого на півдні Степу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 2(1). С. 29–34.
2. Добір альтернативних соняшнику ярих олійних культур для умов Південного степу України та оптимізація їх живлення / В.В. Гамаюнова та ін. *Наукові горизонти*. 2019. № 9(82). С. 27–35.
3. Кравченко О.М., Лавріненко В.М., Гончаренко О.В. Вплив мінеральних добрив на врожайність та якість насіння ріжю ярого в умовах Південного степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 1(2). С. 45–50.
4. Москва І.С. Удосконалення елементів агротехніки вирощування ріжю ярого в умовах Південного степу України : дис. ... канд. с.-г. наук. Миколаїв, 2021.
5. Дослідна справа в агрономії : навчальний посібник : у 2 кн. Кн. 1. / А.О. Рожков та ін. ; за ред. А.О. Рожкова. Харків, 2016. 316 с.
6. Дослідна справа в агрономії : навчальний посібник : у 2 кн. Кн. 2. / А.О. Рожков та ін. ; за ред. А.О. Рожкова. Харків, 2016. 342 с.
7. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового дослідження : навчальний посібник. Херсон : Грін Д.С., 2014. 448 с.
8. Cañizares E, Giovannini L, Gumus BO, Fotopoulos V, Balestrini R, González-Guzmán M, Arbona V. Seeds of Change: exploring the transformative effects of seed priming in sustainable agriculture. *Physiol Plant*. 2025 May-Jun;177(3):e70226. doi: 10.1111/ppl.70226. PMID: 40302137; PMCID: PMC12062858.
9. Eynck C., McVicar R., McDonald M. Camelina sativa: A review of its agronomy, yield, oil content, and utilization as a biofuel crop. *Industrial Crops and Products*. 2013. Vol. 50. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.010>
10. Hamayunova V., Khonenko L., Baklanova T. (2025). Diversification of oil crops in the Southern steppe of Ukraine: adaptation to climate changes and environmental conditions. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(3(81)), 69–74. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.323953>
11. Hryhoriv Y., Butenko A., Nechyporenko V., Lyshenko M., Ustik T., Zubko V., Makarenko N., Mushtai V. *Economic efficiency of Camelina sativa growing with nutrition optimization under conditions of Precarpathians of Ukraine*. Agraarteadus. 2021. Vol. 32, No. 2. P. 232–238. URL: DOI: 10.15159/jas.21.33.
12. Huang P. et al., Seed Priming with Sorghum Water Extract Improves the Performance of Camelina under Salt Stress, *Plants (Basel)*. 2021. 10(4):749. doi: 10.3390/plants10040749
13. Shonnard D.R., Dalquist A.R. Camelina sativa: A promising low-input oilseed. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 2007. Vol. 1, № 3. P. 228–232. DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.30>
14. Waraich E.A. et al., Seed Priming with Sulphydral Thiourea Enhances the Performance of *Camelina sativa* L. under Heat Stress Conditions. *Agronomy*, 2021. Volume 11. Issue 9. P. 1875. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091875>

Gamajunova V. V.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Agriculture, Geodesy and Land Management,
Mykolaiv National Agrarian University
Mykolaiv, Ukraine

E-mail: gamajunova2301@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4151-0299

Baklanova T. V.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Scientific Secretary,
Mykolaiv State Agricultural Research Station of the Institute of Climate-Oriented Agriculture
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Mykolaiv, Ukraine

E-mail: hlushkot@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6699-2693

FORMATION OF SPRING CAMELINA YIELD DEPENDING ON YEAR CONDITIONS, VARIETAL CHARACTERISTICS AND NUTRITION OPTIMIZATION IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE

Abstract

The article presents research results on the impact of varietal characteristics, weather conditions, and nutrition optimization on the yield level of spring camelina (*Camelina sativa* L.) seeds under the Southern Steppe of Ukraine conditions. The experiments were conducted in 2023–2025 on southern chernozem at the Mykolaiv NAU Educational, Scientific and Practical Center. The 0–30 cm soil layer contained 2.9–3.1% humus, 20–25 mg/kg available nitrogen, 40–45 mg/kg P_2O_5 , and 370–520 mg/kg K_2O . The experiment design included three factors: variety (factor A) (Stepovyi-1, Mirazh), seed pre-sowing treatment (factor B) (treatment with water and the biopreparation Azotofit), and nutrition optimization (factor C) (no fertilizers; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$ + foliar feeding with Mikro-Mineralis Oilseed and Boroplus; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{15}P_{15}K_{15}$ + foliar feeding). The experiment was four-replicated; the accounting plot area was 50 m², the total plot area was 80 m².

The results showed a significant impact of all factors and their interactions on crop productivity. On average over three years, the lowest seed yield was obtained in the control: 1.09–1.25 t/ha for Stepovyi-1 and 1.16–1.36 t/ha for Mirazh. Applying the full rate of mineral fertilizer ($N_{30}P_{30}K_{30}$) increased yields to 1.33–1.52 and 1.48–1.64 t/ha, respectively. The maximum yields were achieved under optimized nutrition ($N_{30}P_{30}K_{30}$ + foliar feeding): 1.51–1.72 t/ha for Stepovyi-1 and 1.60–1.81 t/ha for Mirazh. Reducing the fertilizer rate by half ($N_{15}P_{15}K_{15}$) provided yields of 1.27–1.46 t/ha; combining this with foliar feeding increased the yield to 1.40–1.63 t/ha.

Seed pre-sowing treatment with Azotofit also increased yield, ensuring an additional 0.15–0.20 t/ha in all variants, and up to 0.21 t/ha combined with complete fertilization and foliar feeding. These results were achieved due to the activation of nitrogen-fixing bacteria, improved nitrogen nutrition, and enhanced plant resistance to stress conditions. It was also found that the seed yield of spring camelina significantly depended on the variety, pre-sowing seed treatment, and nutrition optimization. The highest productivity was obtained in both Stepovyi-1 and Mirazh varieties when combining mineral fertilizers with foliar feeding using Mikro-Mineralis Oilseed and Boroplus, which ensured the maximum yield of 1.51–1.81 t/ha.

Key words: spring camelina, yield, mineral fertilizers, seed pre-sowing treatment, foliar feeding, Azotofit, Southern Steppe of Ukraine, climate change.

References

- Gamajunova, V.V., & Moskva, I.S. (2017). Skladovi struktury ta vrozhaist nasinnia ryzhiu yarocho na pivdni Stepu Ukrainy [Structural components and yield of spring camelina seeds in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Zhytomyrskoho Natsionalnoho Ahroekologichnoho Universytetu – Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, 2(1), 29–34 [in Ukrainian].
- Gamajunova, V.V., Khonenko, L.H., Baklanova, T.V., Kudrina, V.S., & Moskva, I.S. (2019). Dobir alternatyvnykh sonyashnyku yarykh oliynykh kultur dlia umov pivdennoho Stepu Ukrainy ta optymizatsiia yikh zhyvlennia [Selection of alternative spring oil crops to sunflower for the Southern Steppe of Ukraine and optimization of their nutrition]. *Naukovi Horyzonty – Scientific Horizons*, 9(82), 27–35 [in Ukrainian].
- Kravchenko, O.M., Lavrinenko, V.M., & Honcharenko, O.V. (2020). Vplyv mineralnykh dobryv na vrozhaist ta yakist nasinnia ryzhiu yarocho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Influence of mineral fertilizers on yield and quality of spring camelina seeds in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria – Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region*, 1(2), 45–50 [in Ukrainian].
- Moskva, I.S. (2021). Udoskonalennia elementiv ahrotekhniki vyroshchuvannia ryzhiu yarocho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Improvement of agronomic techniques for spring camelina cultivation in the Southern Steppe of Ukraine] (Candidate dissertation). Mykolaiv National Agrarian University [in Ukrainian].
- Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M., Puzik, L.M., Popov, S.I., Muzafarov, N.M., Bukhalko, V.Ya., & Kryshchop, Ye.A. (2016a). *Doslidna sprava v ahronomii: Navchalnyi posibnyk. Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy* [Experimental work in agronomy: Textbook. Book 1. Theoretical aspects. Kharkiv] [in Ukrainian].
- Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M., Puzik, L.M., Popov, S.I., Muzafarov, N.M., Bukhalko, V.Ya., & Kryshchop, Ye.A. (2016b). *Doslidna sprava v ahronomii: Navchalnyi posibnyk. Kn. 2. Statystychna obrobka rezul'tativ ahronomichnykh*

doslidzen [Experimental work in agronomy: Textbook. Book 2. Statistical processing of agronomic research results]. Kharkiv [in Ukrainian].

7. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu: Navchalnyi posibnyk* [Methodology of field experiment: Textbook]. Kherson: Hrin D.S. [in Ukrainian].

8. Cañizares, E., Giovannini, L., Gumus, B.O., Fotopoulos, V., Balestrini, R., González-Guzmán, M., & Arbona, V. (2025). Seeds of change: Exploring the transformative effects of seed priming in sustainable agriculture. *Physiologia Plantarum*, 177(3), e70226. <https://doi.org/10.1111/ppl.70226> [in English].

9. Eynck, C., McVicar, R., & McDonald, M. (2013). *Camelina sativa*: A review of its agronomy, yield, oil content, and utilization as a biofuel crop. *Industrial Crops and Products*, 50, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.010> [in English].

10. Hamayunova, V., Khonenko, L., & Baklanova, T. (2025). Dyversyfikatsiia oliinykh kultur u Pivdenному Stepu Ukrainy: adaptatsiia do zmin klimatu ta umov seredovyscha [Diversification of oil crops in the Southern Steppe of Ukraine: adaptation to climate changes and environmental conditions]. *Technology Audit and Production Reserves*, 1(3(81)), 69–74. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.323953> [in English].

11. Hryhoriv, Y., Butenko, A., Nechyporenko, V., Lyshenko, M., Ustik, T., Zubko, V., Makarenko, N., & Mushtai, V. (2021). Economic efficiency of *Camelina sativa* growing with nutrition optimization under conditions of the Precarpathians of Ukraine. *Agrarteadus*, 32(2), 232–238. <https://doi.org/10.15159/jas.21.33> [in English].

12. Huang, P., et al. (2021). Seed priming with sorghum water extract improves the performance of camelina under salt stress. *Plants*, 10(4), 749. <https://doi.org/10.3390/plants10040749> [in English].

13. Shonnard, D.R., & Dalquist, A.R. (2007). *Camelina sativa*: A promising low-input oilseed. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 1(3), 228–232. <https://doi.org/10.1002/bbb.30> [in English].

14. Waraich, E.A., et al. (2021). Seed priming with sulfhydryl thiourea enhances the performance of *Camelina sativa* L. under heat stress conditions. *Agronomy*, 11(9), 1875. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091875> [in English].

Отримано: 25.09.2025

Рекомендовано: 03.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633.12: 631.527: 631.584 (292.485)(1-15)
DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.5>

Гораш О. С.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: GorashAS@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9418-0310

Климишена Р. І.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: KlymyshenaRI@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4643-7895

Вільчинська Л. А.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: vilchynska.l.a@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6069-2203

ОЦІНКА СЕЛЕКЦІЙНИХ НОМЕРІВ ГРЕЧКИ ДЛЯ ПРОМІЖНИХ ПОСІВІВ В УМОВАХ ПІВДЕННОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Анотація

У статті показано результати оцінки селекційного матеріалу гречки звичайної (*Fagopyrum esculentum*) за строками сівби відповідно до умов проміжних посівів у зоні південної частини Лісостепу Західного України.

За біологічною характеристикою селекційні номери, включені у дослідження, характеризуються різною структурою за тривалістю складників вегетаційного періоду. Особливо важливим показником у цьому відношенні є тривалість періоду «сходи – цвітіння», де вона становила у номерів: 115/86 – 16, 16, 17 днів, 125/86 – 20, 20, 21 день, 118/81 – 21, 21, 22 дні, 328/82 – 25, 24, 26 днів, 333/82 – 28, 27, 29 днів залежно умов року. Вегетаційний період селекційних номерів у порядку викладеної вище послідовності був таким: 45–47; 55–57; 58–62, 62–66; 69–72 дні залежно від умов року. Такі результати дають підстави стверджувати, що чим менша тривалість періоду від сходів до цвітіння, тим меншою є тривалість вегетаційного розвитку рослин гречки.

У результаті досліджень встановлено продуктивність селекційних номерів 333/82; 328/82; 118/81; 125/86; 115/86 за формуванням урожайності зерна гречки за вирощування у проміжних посівах, яка характеризується закономірністю за даними показників відповідно до переліку, зазначеного вище: $1,233 > 1,127 > 0,834 > 0,606 > 0,455$.

Такий результат свідчить про те, що в умовах проміжних посівів селекційні номери 115/86, 125/86, 118/81 в процесі вирощування через обмежений біологічний потенціал продуктивності неповністю використовують енергетичний ресурс абіотичних умов середовища порівняно із селекційними номерами 328/82 та 333/82.

Проведений статистичний аналіз на основі даних отриманих показників вегетаційного періоду та продуктивності популяцій гречки, включених у дослідження, показав кореляційний зв'язок залежності врожайності від тривалості вегетації рослин, який становить $R = 0,77; 0,88; 0,89$ залежно від року дослідження.

Ключові слова: оцінка, селекційні номери, культура гречки, проміжні посіви, вегетаційний період, урожайність.

Вступ. Гречка належить до найбільш поширених круп'яних культур в Україні [6]. Крупа цієї культури не містить глютену, легко засвоюється людським організмом, збалансована за вмістом поживних речовин. Споживаючи цінність, уміст білка знаходяться у межах від 12% до 16%. У літніх посівах вирощене зерно завжди містить більше білка порівняно з весняними. За амінокислотним складом білок збалансований по лізину та аргініну. Вуглеводи розщеплюються повільно, підтримуючи стабільний рівень глюкози в людському організмі. Накопичення сирого жиру залежить від умов вирощування. У весняних посівах його може бути в межах 1,45–1,85%, у літніх посівах його накопичення в зерні може досягати до 2,0% і більше, а в пізніших поживних посівах уміст може

бути ще більшим – до 4,0%. Важливо звернути увагу на біологічно активні речовини, такі як рутин та кверцетин, які здатні покращувати пластичність судин людського організму [10].

Відомо, що за напрямом селекційної роботи основні зусилля по культурі гречки були і залишаються спрямованими на виведення сортів для вирощування культури за забезпечення сівби, як правило, у першій декаді травня, на окремому виділеному полі, яке входить у структуру сівозміни [5]. За останні десять років набули поширення в сільськогосподарській практиці проміжні посіви цієї культури. Найбільш реальна така можливість настає за вирощування ячменю озимого, збирання урожаю якого часто завершується вже у другій декаді червня. За таких умов для проміжних культур до завершення вегетаційного періоду року існує реальна можливість за сприятливих абіотичних факторів середовища забезпечити ріст та розвиток культурних рослин, зокрема гречки, у повному циклі розвитку. Специфіка росту та розвитку рослин гречки у проміжних посівах стала практично основною вимогою забезпечення таких посівів спеціальними сортами [4].

Питання про вплив сорту гречки на врожайність у проміжних посівах у сучасній науковій літературі висвітлено недостатньо. Проте наука та практика переконливо стверджують та доводять як перспективу проміжних посівів гречки, так і необхідність виведення спеціальних сортів для поукісних та пожнивних посівів [7]. Наголошується, що абіотичні умови росту та розвитку рослин гречки у весняних та проміжних посівах різні. Відповідно, це є принциповим фактором, за якого обґрунтовується завдання створення спеціалізованих сортів, пристосованих до тієї частини вегетаційного періоду, у якому вони будуть реалізовувати свій біологічний потенціал. Звертається також увага, що для проміжних посівів гречки важливим є забезпечення вологою [5].

Окремі автори надають значення вирощуванню гречки за необхідності вирішувати завдання забезпечення біологічної інтенсифікації аграрного виробництва [1]. Відповідно до цієї публікації, проміжні посіви гречки відповідають напрямку біологічної інтенсифікації аграрного виробництва.

В Україні селекція сортів гречки для проміжних посівів утвердилася як науковий напрям у 80-ті роки минулого століття. Упродовж 10 років було створено та виділено в процесі селекційної роботи цілу групу перспективних номерів. Наприкінці минулого тисячоліття і на початку нового пріоритети селекційної роботи по культурі гречки стали фактично неактуальними за різних причин. Проте згодом селекція гречки для проміжних посівів стала відновлюватися в установі Науково-дослідного інституту круп'яних культур ім. О. Алексеевої.

Теоретичному обґрунтуванню необхідності створення спеціалізованих сортів гречки відповідно до умов середовища вперше надали значення в Японії [9]. Сорти гречки селекціонери Японії класифікують за трьома агроекотипами: весняні, проміжні та пізні літні. Така диференціація сортів надає можливість, передусім, використати повною мірою енергетичний ресурс середовища та забезпечити збільшення валового збору зерна культури. Кліматичні умови другої половини літа значно відрізняються від умов першої. Для пізніх посівів необхідні сорти гречки, які в таких умовах мають характеризуватися адаптивністю. Адаптивність гречки, за ствердженням японського вченого Х. Нагаї (1983), зумовлюється генетичною здатністю забезпечувати стабільні та високі врожаї за різних умов зовнішнього середовища. Відомо, що процес вирощування відображає за аналізом фенотипу рослин взаємодію генотипу та середовища. Японський дослідник зазначає, що за вирощування її у різних умовах проявляються наслідувальні ознаки через фенотипові відмінності, які корелюють із відмінностями зовнішнього середовища [8]. Для різних умов вирощування потрібні певні генотипи, тобто стоїть завдання селекції сортів, пристосованих до відповідних абіотичних факторів вирощування. Питанню селекції гречки на адаптивність до умов середовища в процесі вирощування приділено в наукових дослідженнях значну увагу [1].

Проміжні посіви гречки належать до додаткових резервів збільшення виробництва зерна круп'яних культур. Такі посіви не впливають на стабільність посівних площ інших культур, що дає можливість більш раціонально використовувати ресурси зовнішнього середовища та виробничий потенціал агросектору. Проміжні посіви круп'яних культур належать до пріоритетних напрямів та біологічних методів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Практикою сільськогосподарського виробництва проміжні посіви апробовані, проте відсутність спеціальних сортів, які були б добре пристосовані до конкретних умов середовища, є стримуючим чинником використання цього резерву в аграрному секторі України в повному обсязі. Одним із важливих генетичних аспектів виведення нових сортів гречки, у тому числі для проміжних посівів, є еволюційно сформований генетичний поліморфізм у розвитку рослин.

Аналіз агробіологічних та кліматичних чинників показує, що для вирощування гречки найбільш сприятливими є південно-західні райони України, як для весняних, поукісних, так і для пожнивних посівів. Для забезпечення вирощування гречки в проміжних посівах необхідно створювати сорти, пристосовані для таких умов.

Мета роботи полягає в оцінці перспективних номерів для проміжного вирощування в поукісних та пожнивних посівах; господарсько-біологічній оцінці селекційного матеріалу в проміжних посівах у зоні Південно-Західного Лісостепу України.

Методика досліджень. Формальні параметри польового досліджу: строки сівби – друга декада червня, спосіб сівби – широкорядний, ширина міжрядь – 45 см, норма висіву насіння – 1,2 млн схожих нас. шт./га. Облікова площа дослідної ділянки – 10 м², кількість повторень – чотириразова, розміщення експериментальних ділянок – ярусне, систематизоване. Під час розвитку рослин установлювали фенофази: сході, цвітіння, побуріння, дозрівання відповідно до методики польового досліджу в рослинництві [3].

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений середньосуглинковий, структурований, з умістом гумусу 3,2%. За кислотністю рН параметри показників близькі до нейтральних, показники гідролітичної кислотності та суми поглинутих основ становлять на 100 г ґрунту відповідно 0,56–0,62 та 32–36 в мг-екв. Наявність макро- та мікроелементів на 1 кг ґрунту: азоту лужногідролізованого – 100 мг, рухомого фосфору – 176 мг, обмінного калію – 160 мг.

Урожайність зерна гречки встановлювали на основі обмолоту після скошування у валки. Для обґрунтування результатів досліджень використовували порівняльно-описовий метод, статистичний аналіз для визначення достовірності різниць здійснювали на основі використання критерію HP_{05} відповідно до методичних вимог, висвітлених авторами В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костоґриз, В. П. Опришко (2014) [3], методики статистичних розрахунків Е. Р. Ермантраут, О. І. Присяжнюк, І.Л. Шевченко (2007) [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим завданням в оцінюванні селекційних номерів гречки в проміжних посівах є аналіз структури, або складових частин тривалості вегетаційного періоду у рослин. Саме в селекції сортів для проміжних посівів вегетаційний період має особливу значимість. При цьому основними критеріями його оцінки є оптимальна тривалість, яка дає змогу максимально використати природні енергетичні ресурси післязбирального періоду і водночас певною мірою забезпечувати можливість проведення наступних сільськогосподарських польових робіт до настання несприятливих погодних умов. Для цього у випробування включено селекційний матеріал, який належить до різних груп тривалості активної вегетації. У результаті оцінки росту та розвитку рослин гречки за фенологічними спостереженнями тривалість вегетаційного періоду номерів гречки в процесі оцінювання в роки досліджень знаходилася в межах від 45 до 72 днів. Це дало можливість виявити біологічну різницю вже за першими фазами розвитку рослин. Дати настання відповідних фенофаз розвитку рослин показано в табл. 1.

Особливо важливим показником у цьому відношенні є тривалість періоду «сходи – цвітіння», де вона становила у номерів: 115/86 – 16, 16, 17 днів, 125/86 – 20, 20, 21 день, 118/81 – 21, 21, 22 дні, 328/82 – 25, 24, 26 днів, 333/82 – 28, 27, 29 днів залежно від умов року. Вегетаційний період селекційних номерів у порядку викладеної вище послідовності був таким: 45–47; 55–57; 58–62, 62–66; 69–72 дні залежно від умов року. Такі результати дають підстави стверджувати про те, що чим менша тривалість періоду від сходів до цвітіння, тим меншою є тривалість вегетаційного розвитку рослин гречки.

Результати фенологічних спостережень показали, що селекційні номери, диференційовані за тривалістю росту та розвитку, по-різному неповністю використовують сприятливий період вегетації. Порівняно з отриманими результатами по номеру 333/82, який за тривалістю вегетаційного періоду належить у цьому дослідженні до групи ранньостиглих, селекційний номер 115/86 – на 24–26 днів, номер 125/86 – на 14–15 днів, номер 118/81 – на 9–13 днів і номер 328/82 – на 5–6 днів залежно від умов року.

Також за результатами дослідження селекційного матеріалу в проміжних посівах виявлено, що тривалість періоду «цвітіння – побуління» у номерів 115/86, та 125/86 характеризується модифікаційною мінливістю. Так, наприклад, у номера 115/86 у 2020 р. тривалість цього періоду становила 20 днів, 2021 р. – 19 днів, у 2022 р. – 21 день. У номера 125/86 у 2020 р. тривалість цього періоду становила 22 дні, у 2021 р. – 26 днів, у 2022 р. – 24 дні. У номера 118/81 тривалість періоду «цвітіння – побуління» становила 26, 26, 27 днів залежно від умов року.

Таблиця 1. Дати настання основних фенофаз розвитку рослин гречки селекційного матеріалу, включеного в дослідження

Фенофази	115/86			125/86			118/81			328/82			333/82		
	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Сівба	15.06	16.06	15.06	15.06	16.06	15.06	15.06	16.06	15.06	15.06	16.06	15.06	15.06	16.06	15.06
Сходи	21.06	23.06	20.06	21.06	23.06	20.06	21.06	23.06	20.06	21.06	23.06	20.06	21.06	23.06	20.06
Цвітіння	07.07	09.07	07.07	11.07	13.07	11.07	12.07	14.07	12.07	16.07	17.07	16.07	19.07	20.07	19.07
Побуління	27.07	28.07	28.07	02.08	08.08	04.08	07.08	09.08	08.08	10.08	13.08	12.08	15.08	19.08	20.07
Дозрівання	05.08	07.08	06.08	15.08	18.08	16.08	20.08	20.08	21.08	24.08	24.08	25.08	29.08	2.09	31.08
Вегетаційний період	45	45	47	55	56	57	60	58	62	64	62	66	69	71	72

До включення показаного селекційного матеріалу в процес дослідження в поукісних посівах ці номери в минулому оцінювалися за весняних посівів. Мета цього дослідження полягала в необхідності встановити, наскільки контрольована генотипом тривалість вегетації виділених селекційних номерів під час їх відбору для випробування в проміжних посівах. У результаті тривалість вегетації селекційних номерів 115/86, 125/86, 118/81, 328/82, 333/82 за вирощування в умовах весняних посівів (перша декада травня) становила відповідно 45, 55, 59, 72 та 82 дні. У поукісних посівах селекційний номер 328/82 скоротив свій період вегетації на 8 днів, а номер 333/82 – на 12 днів. Такий результат засвідчує важливу особливість, яка полягає у тому, що кращі селекційні номери для умов вегетації за строками сівби в другій декаді травня за процесом реакції на тривалість світлового періоду доби скорочують свій період росту та розвитку і знижують zarazом біологічний потенціал відповідно до

ресурсу умов середовища, який забезпечить його реалізацію. Це характерна для гречки біологічна особливість, яку називають пластичністю. Саме цим можна пояснити результати кращої врожайності номерів гречки 328/82 та 333/82 у літніх посівах, які організовувалися за сівби в другій декаді червня (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність селекційних номерів гречки в проміжних посівах, т/га

Роки	Селекційні номери				
	115/86	125/86	118/81	328/82	333/82
2020	0,454	0,591	0,822	1,133	1,238
2021	0,423	0,572	0,766	1,011	1,131
2022	0,488	0,655	0,915	1,237	1,329
середнє	0,455	0,606	0,834	1,127	1,233
2020 рік – $HIP_{05} - 0,103$; 2021 рік – $HIP_{05} - 0,120$; 2022 рік – $HIP_{05} - 0,091$					

У результаті проведених досліджень встановлено, що врожайність зерна гречки селекційного матеріалу, включеного в експеримент, знаходиться у середньому за три роки в межах від 0,455 до 1,233 т/га. Характерною особливістю оцінки селекційного матеріалу в проміжних посівах виявилось те, що спеціально створені селекційні номери для проміжних посівів 115/86, 125/86, 118/81 формували меншу врожайність порівняно з номерами, створеними для випробування в умовах розвитку звичайних весняних посівів, які, як правило, проводяться в першій декаді травня. Зокрема, селекційний номер 115/86 формував значно менший рівень урожайності порівняно з номером 333/82: у 2020 р. – на 0,784 т/га, у 2021 р. – на 0,708 т/га, у 2022 р. – на 0,841 т/га. У селекційного номера 125/86 у зазначені роки досліджень різниця становить 0,647 т/га; 0,559 т/га; 0,674 т/га відповідно. У селекційного номера 118/81 відповідно у зазначені роки досліджень різниця становить 0,416 т/га; 0,365 т/га; 0,414 т/га. Найменшу істотну різницю в урожайності отримано у порівнянні між номерами 328/82 та 333/82. У 2020 р. вона становить 0,105 т/га ($HIP_{05} - 0,103$), у 2021 р. – 0,120 т/га ($HIP_{05} - 0,120$) і в 2022 р. – 0,092 т/га ($HIP_{05} - 0,091$). Такий результат свідчить про те, що в умовах проміжних посівів селекційні номери 115/86, 125/86, 118/81 у процесі вирощування характеризуються обмеженим біологічним потенціалом продуктивності і через це не повною мірою використовують енергетичний ресурс абіотичних умов середовища порівняно із селекційними номерами 328/82 та 333/82.

У результаті встановлено продуктивність селекційних номерів 333/82; 328/82; 118/81; 125/86; 115/86 за формуванням урожайності зерна за вирощування в літніх посівах, яка характеризується закономірністю за показниками відповідно до переліку, зазначеного вище: $1,233 > 1,127 > 0,834 > 0,606 > 0,455$ т/га.

У результаті організованого дослідження під час співставлення отриманих даних урожайності до тривалості вегетаційного періоду селекційного матеріалу можна дійти висновку, що тривалість вегетаційного періоду є ознакою, сильно пов'язаною з продуктивністю гречки. Проведений статистичний аналіз на основі даних, отриманих щодо тривалості вегетаційного періоду та продуктивності популяцій гречки, включених у дослідження, показав кореляційний зв'язок $R = 0,77; 0,88; 0,89$ залежно від року дослідження. Такий результат дає підстави стверджувати, що він може бути використаний під час розроблення експрес-методу комплексного аналізу селекційного матеріалу, який можна буде використовувати безпосередньо в польових умовах.

Висновки. За результатом оцінки селекційного матеріалу в проміжних посівах Південно-Західного Лісостепу України тривалість періоду «сходи – цвітіння» у номерів залежно від умов року становила: 115/86 – 16, 16, 17 днів, 125/86 – 20, 20, 21 день, 118/81 – 21, 21, 22 дні, 328/82 – 25, 24, 26 днів, 333/82 – 28, 27, 29 днів.

Веgetаційний період селекційних номерів 115/86; 125/86; 118/81; 328/82; 333/82 становив 45–47; 55–57; 58–62; 62–66; 69–72 дні залежно від умов року.

За вирощування в проміжних посівах встановлена врожайність селекційних номерів 333/82; 328/82; 118/81; 125/86; 115/86 відповідно становить: $1,233 > 1,127 > 0,834 > 0,606 > 0,455$ т/га.

Установлено кореляційний зв'язок залежності врожайності селекційних номерів гречки від тривалості вегетаційного періоду рослин, який становить $R = 0,77-0,89$.

Список використаних джерел

1. Гораш О.С. Характеристика умов вирощування гречки в проміжних посівах. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку* : матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю сортовипробування в Україні, м. Київ, 7 червня 2018 р. С. 28–29.
2. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0. Київ : Українська академія аграрних наук, 2007. 55 с.
3. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / за ред. В.О. Єщенка. Вінниця : Едельвейс і К, 2014. 332 с.
4. Кабанець В.М., Бондаренко М.П., Страхолич І.М. Селекція гречки: підсумки і перспективи. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2013. Вип. 3(25). С. 221–224.
5. Кабанець В.М., Страхолич І.М., Кліщенко А.В. Селекція гречки сортів різного морфотипу та їх поширення в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 141–146. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-18>
6. Повидало М.В., Тарануха М.П., Ковальчук С.О. Добір високопродуктивного вихідного матеріалу в селекції гречки їстівної. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 3(852). С. 53–59. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202403-08>
7. Сидякіна О.В., Іванів М.О. Виробництво гречки: стан, виклики та перспективи. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 126–132. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.21>

8. Hara T., Shima T., Nagai H., Ohsawa R. Genetic analysis of photoperiod sensitivity associated with difference in ecotype in common buckwheat. *Breeding Science*. 2020. Vol. 70, Issue. 1. P. 101–111. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19118>
9. Morishita T., Hara T., Hara T. Important agronomic characteristics of yielding ability in common buckwheat; ecotype and ecological differentiation, preharvest sprouting resistance, shattering resistance, and lodging resistance. *Breeding Science*. 2020. Vol. 70, No. 1. P. 39–47. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19020>
10. Ruan, J., Zhou, Yu., Yan, J., Zhou, M., Woo, S.-H., Weng, W., Cheng, J., & Zhang, K. Tartary buckwheat: An under-utilized edible and medicinal herb for food and nutritional security. *Food Reviews International*. 2022. No. 38(4). P. 440–454. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1734610>

Horash O. S.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Crop Production, Selection and Seed Production,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: GorashAS@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9418-0310*

Klymyshena R. I.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production, Selection and Seed Production,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: KlymyshenaRI@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4643-7895*

Vilchynska L. A.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Crop Production, Selection and Seed Production,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: vilchynska.l.a@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6069-2203*

EVALUATION OF BUCKWHEAT BREEDING ACCESSIONS FOR INTERMEDIATE CROPPING UNDER THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN WESTERN FOREST-STEPPE

Abstract

*The article presents the results of evaluating common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) breeding material according to sowing dates under the conditions of catch crops in the southern part of the Forest-Steppe zone of Western Ukraine.*

Based on their biological characteristics, the breeding accessions included in the study differ in the duration of the components of the growing season. A particularly important indicator in this regard is the duration of the emergence–flowering period, which was as follows (depending on the year’s conditions): accession 115/86 – 16, 16, 17 days; 125/86 – 20, 20, 21 days; 118/81 – 21, 21, 22 days; 328/82 – 25, 24, 26 days; 333/82 – 28, 27, 29 days. The total growing season of the accessions in the order listed above was: 45–47; 55–57; 58–62; 62–66; 69–72 days, depending on the year. These results provide grounds to assert that the shorter the emergence–flowering period, the shorter the overall vegetative development of buckwheat plants.

As a result of the research, the productivity of the breeding accessions 333/82, 328/82, 118/81, 125/86 and 115/86 in terms of grain yield formation under catch cropping conditions was established. The yields followed the pattern: 1.233 > 1.127 > 0.834 > 0.606 > 0.455, respectively.

This outcome indicates that under catch cropping conditions, accessions 115/86, 125/86, and 118/81, due to their limited biological productivity potential, do not fully utilize the energetic resources of the abiotic environment compared with accessions 328/82 and 333/82.

A statistical analysis based on the obtained data on the growing season and productivity of the buckwheat populations studied revealed a correlation between yield and the duration of vegetation, with correlation coefficients of $R = 0.77, 0.88, \text{ and } 0.89$ depending on the year of research.

Key words: *evaluation, breeding accessions, buckwheat, catch crops, growing season, yield.*

References

1. Horash, O.S. (2018). Kharakterystyka umov vyroshchuvannya hrechky v promizhnykh posivakh [Characterization of buckwheat cultivation conditions in catch crops]. *Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: Materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoï 95-richchiu sortovyprobuvannya v Ukraini (7 chervnia 2018 r., m. Kyiv) – World*

Plant Resources: State and Development Prospects: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of variety testing in Ukraine (June 7, 2018, Kyiv), 28–29 [in Ukrainian].

2. Ermantraut, E.R., Prysiazniuk, O.I., & Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0 [Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0 package]. Kyiv: Ukrainska akademiia ahrarykh nauk, 55 [in Ukrainian].

3. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Kostohryz, P.V., & Opryshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzen v ahronomii: Pidruchnyk. [Basics of scientific research in agronomy: Textbook]. Vinnytsia: PP «TD «Edelweiss and K»», 332 [in Ukrainian].

4. Kabanets, V.M., Bondarenko, N.P., & Straholys, I.N. (2013). Seleksiia hrechky: pidsumky i perspektyvy [The breeding of buckwheat: results and perspectives]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biolohiia» – Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series «Agronomy and Biology»*, 3(25), 221–224 [in Ukrainian].

5. Kabanets, V.M., Straholis, I.M., & Klitsenko, A.V. (2018). Seleksiia hrechky sortiv riznoho morfotipu ta yikh poshyrennia v Ukraini [Selection of buckwheat varieties of different morphotype and their spread in Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 11, 141–146 [in Ukrainian].

6. Povydalo, M., Taranukho, M., & Kovalchuk, S. (2024). Dobir vysokoproduktyvnoho vykhidnoho materialu v seleksii hrechky yistivnoi [Selection of highly productive source material in the breeding of edible buckwheat]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 3(852), 53–59 [in Ukrainian].

7. Sydiakina, O.V., & Ivaniv, M.O. (2025). Vyrobnystvo hrechky: stan, vyklyky ta perspektyvy [Production of buckwheat: state, challenges, and prospects]. *Ahraryni innovatsii – Agrarian Innovations*, 29, 126–132 [in Ukrainian].

8. Hara, T., Shima, T., Nagai, H., & Ohsawa, R. (2020). Genetic analysis of photoperiod sensitivity associated with difference in ecotype in common buckwheat. *Breeding Science*, Vol. 70, Issue. 1. P. 101–111 [in English].

9. Morishita, T., Hara, T., & Hara, T. (2020). Important agronomic characteristics of yielding ability in common buckwheat; ecotype and ecological differentiation, preharvest sprouting resistance, shattering resistance, and lodging resistance. *Breeding Science*, 70, No. 1. P. 39–47 [in English].

10. Ruan, J., Zhou, Yu., Yan, J., Zhou, M., Woo, S.-H., Weng, W., Cheng, J., & Zhang, K. (2022). Tartary buckwheat: An under-utilized edible and medicinal herb for food and nutritional security. *Food Reviews International*, 38(4), 440–454 [in English].

Отримано: 15.09.2025

Рекомендовано: 20.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633.358:631.53.04:631.582(292.486)(477)
DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.6>

Гудзенко О. Г.

аспірант кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Дніпро, Україна
E-mail: hudzenko.oh@dsau.dp.ua
ORCID: 0009-0002-2742-6995

Іжболдін О. О.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет Дніпро, Україна
E-mail: izhboldin.o.o@dsau.dp.ua
ORCID: 0000-0002-8076-7206

РЕАКЦІЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ГОРОХУ НА ВИКОРИСТАННЯ ІНОКУЛЯНТІВ І ПРОТРУЙНИКІВ ЗА РІЗНИХ ПОПЕРЕДНИКІВ У СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

Анотація

На фоні посилення кліматичної мінливості та фітосанітарних ризиків у степовій зоні України постає завдання оптимізувати передпосівну обробку насіння гороху шляхом поєднання інокулянтів і фунгіцидних протруйників залежно від попередника. Метою досліджень було оцінити реакцію врожайності гороху посівного сорту Мадонна на поєднання інокулянтів і фунгіцидних протруйників за різних попередників у степовій зоні України та визначити технологічні рішення, що забезпечують стабільність продуктивності в контрастні за зволоженням роки. Польові дослідження проводилися у 2023–2025 рр. на чорноземі звичайному малогумусовому середньосуглинковому. Двофакторний польовий дослід включав: фактор А – попередник (пшениця озима; сояшник), фактор В – передпосівна обробка насіння (без обробки; фунгіцидні протруйники Вайбранс РФС, Редіго, Сферіко, Авідо; інокулянтні системи Ризолан + Ризосейв і Атува + Премакс; їх комбінації інокулянт + фунгіцидний протруйник). Отримані дані свідчать, що визначальною передумовою зростання і відтворюваності врожайності є наявність інокуляції, додавання фунгіцидного протруйника до інокулянта виконує стабілізуючу функцію, зменшуючи ймовірність втрат від насінневої та ґрунтової інфекції. Після попередника пшениці озимої найвищі показники врожайності формували комбінації застосування інокулянту + протруйника: зокрема поєднання Ризолан + Ризосейв + Вайбранс РФС у 2023 р. забезпечили рівень врожайності 4,47 т/га порівняно з 3,77 т/га на контролі, у 2024 р. – 2,44 т/га порівняно з 2,16 т/га, у 2025 р. – 1,78 т/га порівняно з 1,67 т/га, відповідно. Середні показники врожайності за період 2023–2025 рр. після попередника пшениці озимої становили 2,90 т/га для цієї комбінації порівняно з контролем – 2,53 т/га; інокуляція препаратами Ризолан + Ризосейв забезпечила – 2,82 т/га, в той час як фунгіцидна обробка препаратом Вайбранс РФС становила 2,68 т/га. Після сояшнику відносна перевага біологічних схем посилювалася: Ризолан + Ризосейв + Вайбранс РФС у 2023 р. забезпечив врожайність 4,20 т/га порівняно з контролем – 3,47 т/га, у 2024 р. – 2,26 т/га порівняно з 1,94 т/га, у 2025 р. – 1,58 т/га порівняно з 1,42 т/га, відповідно. Середні показники врожайності за 2023–2025 рр. підтвердили домінування попередника як системного фактора: пшениця озима забезпечувала стабільно вищий рівень, ніж сояшник для всіх варіантів обробки насіння гороху. Практичне значення полягає у можливості гнучкого вибору: за стандартних ризиків і достатніх ресурсів доцільно застосовувати інтегровану схему інокулянт + протруйник як базову; за бюджетних або організаційних обмежень інокуляція забезпечує майже рівнозначний рівень і є пріоритетною мінімальною вимогою, особливо після сояшнику. Новизна роботи полягає у багаторічному порівнянні комбінацій інокулянтів і фунгіцидних протруйників одночасно за двох контрастних попередників у посушливих умовах Степу, включно з екстремально посушливим роком, що дозволило кількісно довести важливу роль інокуляції та встановити межі доцільності комбінування з фунгіцидним протруюванням насіння гороху.

Ключові слова: горох, інокуляція, інкрустація, попередник, пшениця озима, сояшник, симбіотична азотфіксація, врожайність.

Вступ. У степовій зоні України, де водозабезпечення й агрофізичний стан чорноземів часто лімітують реалізацію потенціалу зернобобових культур, передпосівна обробка насіння розглядається як відносно недорогий інструмент підвищення стійкості та урожайності гороху. Узагальнення результатів досліджень використання біостимуляторів показують, що обробки здатні активізувати обмін речовин, підвищувати схожість, стійкість до абіотичних та біотичних стресів і в підсумку зростання врожайності, причому величина ефекту істотно залежить від препарату, способу внесення, властивостей ґрунту та клімату [1–3].

Водночас для зернобобових ключовим чинником залишається ефективність симбіозу з *Rhizobium* – інокуляція забезпечує приріст нодуляції, фіксації азоту й біомаси, але чутлива до кислотності ґрунту та хімічних стресів [13]. Польові досліді закордонних джерел наголошують, що фунгіцидні протруйники суттєво знижують життєздатність ризобій на насінні, тож рекомендовано розділяти обробки в часі, наносити інокулянт останнім на висушене насіння або застосовувати гранульовані та ґрунтові форми інокулянтів та завжди перевіряти сумісність конкретних препаратів [7; 11]. Експериментальні дослідження також відображають різну ефективність застосування препаратів, а саме за потреби протруювання фунгіцидами ґрунтові (гранульовані) інокулянти часто переважають насінневі за нодуляцією та врожайністю гороху [12], а сумісність різних комерційних комбінацій суттєво відрізняється, що відображено у виробничих умовах [9].

Вітчизняні дослідження демонструють високу чутливість гороху до поєднань мікробних препаратів і регуляторів росту. У степовій зоні України поєднання фосфатмобілізуєчих бактерій із *Paenibacillus polymyxa*, а також біоагента Agat-25K і PGR Reacom-C підсилювали нодуляцію, енергію нітрифікації, урожайність та вміст білку порівняно з контролем і окремими компонентами [4]. У Південному Степу передпосівні обробки й інокуляція підвищували продуктивність і якість зерна різних сортів гороху [10]. Узагальнюючи огляд українських науковців також підкреслює потенціал полікомпонентних інокулянтів і біополімерних добавок для стабілізації симбіозу та врожайності бобових у посухостресових умовах [5]. Щодо ролі попередника, багаторічні стаціонарні досліді для Лісостепу та Степу показують, що горох після колосових (ячмінь, пшениця) формує стабільно вищі показники, тоді як після технічних культур, зокрема соняшнику, врожайність частіше знижується через гірший фітосанітарний і поживний фон. Водночас в ланці сівозміни соняшник може бути задовільним або навіть близьким за ефективністю попередником, але з вищими ризиками [6].

Ще одна особливість, взаємодія комплексу патогенів для соняшнику й бобових (у т.ч. склеротиніоз) ускладнює розміщення гороху після соняшника в посушливі роки, що підтверджується оглядами білої гнилі та виробничими рекомендаціями [8]. Попри помітний прогрес, бракує систематизованих даних саме для поєднань інокулянтів та фунгіцидних протруйників з урахуванням попередника в умовах Степу України й різко контрастних років за зволоженням.

Отже, комплексна оцінка таких факторів при вирощуванні сорту гороху Мадонна після пшениці озимої та соняшника є актуальним і науково обґрунтованим завданням.

Мета роботи – з'ясувати реакцію врожайності гороху сорту Мадонна на поєднання інокулянтів і фунгіцидних протруйників за різних попередників у степовій зоні України та розробити практичні рекомендації для виробництва з урахуванням контрастних погодних умов, зокрема посушливого 2025 року.

Виклад основного матеріалу дослідження. Польові дослідження з горохом посівним (сорт Мадонна) виконували у 2023–2025 рр. на науково-дослідному полі Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету на чорноземі звичайному малогумусовому середньосуглинковому з потужністю гумусового горизонту 60–75 см; агротехніка відповідала зональним рекомендаціям; основний обробіток ґрунту – оранка на глибину 23–25 см, передпосівна підготовка – весняна культивування з боронуванням; сівба рання за температури ґрунту 3–5 °C при нормі 1,3 млн схожих насінин/га, міжряддя 15 см, глибина загортання 5–6 см; система живлення: $P_{30}K_{30}$; система захисту відповідала регламентам для гороху, після соняшнику додатково забезпечували рівномірне подрібнення та розподіл поживних решток. Результати досліджень базувалися на експериментальних даних одержаних в двофакторному польовому досліді, де фактор А – попередник: пшениця озима та соняшник; фактор В – передпосівна обробка насіння: без обробки (контроль), Вайбранс РФС нормою 1,0 л/т, Редіго – 1,0 л/т, Сферіко – 1,0 л/т, Авідо – 1,0 л/т, Ризолан – 3,0 л/т + Ризосейв – 1,0 л/т, Агува – 2,0 л/т + Премакс – 0,5 л/т, а також комбінації інокулянтів із протруйниками (Ризолан + Ризосейв + Вайбранс/Редіго/Сферіко/Авідо; Агува + Премакс + Вайбранс/Редіго/Сферіко/Авідо). Розміщення ділянок систематичне з незалежною рендомізацією в межах повторень, повторність чотириразова, облікова площа 28,0 м², збирали врожай суцільним обмолотом облікової ділянки, врожайність перераховували у т/га на базову вологість 14%; статистичну обробку виконували дисперсійним аналізом з оцінкою дії факторів А, В та їх взаємодії А×В у розрізі років і за середнім 2023–2025 рр., достовірність різниць визначали за НР₀₅.

Одним із ключових чинників формування високої та стабільної врожайності гороху є темпи початкового росту і розвитку рослин, що визначається дружністю сходів, раннім заселенням кореневої системи ефективними штамми бульбочкових бактерій і зниженням інфекційного тиску на етапі проростання. Забезпечення рівномірних сходів і швидкого формування симбіозу створює передумови для гармонійного росту, кращого використання ґрунтової вологи, технологічності догляду та стабільної реалізації потенціалу сорту. В умовах степової зони додаткового значення набуває попередник, оскільки пшениця озима і соняшник по-різному формують водний та фітосанітарний фон, а також чутливість сходів до біотичних і абіотичних факторів. Протягом 2023–2025 рр. нами проведено двофакторні польові дослідження із сортом гороху Мадонна, спрямовані на оцінку реакції врожайності зерна та поєднання інокулянтів і фунгіцидних протруйників за різних попередників.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що після попередника пшениці озимої найвищий рівень врожайності забезпечили комбінації – інокулянт та фунгіцид. Найкращим варіантом було поєднання суміші препаратів Ризолан + Ризосейв + Вайбранс РФС. У більш сприятливому 2023 р. він забезпечив врожайність на

рівні 4,47 т/га порівняно з контролем 3,77 т/га; у 2025 р. в посушливих умовах – 1,78 т/га порівняно з контролем 1,67 т/га (табл. 1). Інокуляція насіння препаратом Ризолайн + Ризосейв була дуже близькою до оптимальних показників, наприклад, 4,33 т/га у 2023 р., а різниця між Ризолайн + Ризосейв та Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС у більшості років досліджень була невеликою й часто статистично незначущою. Фунгіциди при однокомпонентному застосуванні забезпечували помірний і менш стабільний приріст врожайності зерна.

Таблиця 1. Урожайність зерна гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника пшениця озима, т/га

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	3,77	2,16	1,67
Вайбранс РФС (1 л/т)	4,03	2,29	1,73
Редіго (1 л/т)	4,00	2,28	1,70
Сферіко (1 л/т)	3,99	2,27	1,71
Авідо (1 л/т)	3,96	2,24	1,70
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	4,33	2,37	1,75
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	4,15	2,31	1,73
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС 1 л/т	4,47	2,44	1,78
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,46	2,44	1,75
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко 1 л/т	4,45	2,43	1,78
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв 1 л/т + Авідо (1 л/т)	4,43	2,42	1,77
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	4,36	2,41	1,79
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,34	2,42	1,75
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т + Сферіко 1 л/т	4,33	2,39	1,77
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	4,30	2,38	1,76
НІР ₀₅ , т/га	0,12	0,11	0,10

Після попередника сояшника абсолютні показники врожайності гороху були нижчими, однак структура ефективності варіантів передпосівної обробки насіння залишалася сталою. Найвищу врожайність забезпечувала комбінована схема із застосуванням інокулянта у поєднанні з фунгіцидом, варіант із однокомпонентною інокуляцією формував лише дещо нижчі значення, тоді як використання лише фунгіцидів без інокуляції забезпечувало середній рівень врожайності. Навіть у 2025 р. при жорсткому дефіциті вологи комбінація Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС забезпечувала рівень врожайності 1,58 т/га порівняно з контролем 1,42 т/га, а у 2023 р. – 4,20 т/га порівняно з контролем 3,47 т/га. Інокуляція препаратами Ризолайн + Ризосейв також тримала стабільну перевагу, наприклад, 2,17 т/га у 2024 р. порівняно з контролем 1,94 т/га (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність зерна гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після попередника сояшника, т/га

Варіант	Роки		
	2023	2024	2025
Без обробки (контроль)	3,47	1,94	1,42
Вайбранс РФС (1 л/т)	3,74	2,08	1,50
Редіго (1 л/т)	3,69	2,06	1,52
Сферіко (1 л/т)	3,65	2,07	1,49
Авідо (1 л/т)	3,67	2,04	1,47
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	4,04	2,17	1,53
Атува 2 л/т + Премакс 0,5 л/т	3,85	2,10	1,50
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	4,20	2,26	1,58
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,19	2,26	1,56
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко (1 л/т)	4,18	2,25	1,58
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	4,16	2,24	1,57
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	4,08	2,22	1,58
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	4,06	2,19	1,60
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	4,05	2,20	1,56
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	4,02	2,19	1,55
НІР ₀₅ , т/га	0,13	0,11	0,09

В цілому за 2023–2025 рр. характеристика дослідних варіантів підтвердила домінування попередника і схеми обробки насіння гороху перед сівбою. У середньому за роки досліджень урожайність зерна гороху після пшениці озимої в усіх варіантах досліді була вищою, ніж після сояшнику. Наприклад, врожайність на контролі після попередника пшениці озимої була на рівні 2,53 т/га, а на фоні сояшника вона становила 2,28 т/га. Комбінація Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС після пшениці озимої забезпечила врожайність на рівні 2,90 т/га проти 2,68 т/га після попередника сояшника (табл. 3). У підсумку, за результатами досліджень виявлено три узгоджені закономірності щодо формування рівня врожайності зерна гороху: по-перше, попередник є домінуючим системним фактором; по-друге, поєднання інокуляції з фунгіцидним протруюванням – оптимальна технологічна стратегія; по-третє, однокомпонентна інокуляція забезпечує продуктивність, близьку до найкращих комбінацій, тоді як фунгіциди однокомпонентно виконують переважно роль зниження інфекційного тиску на ризосферне середовище.

Таблиця 3. Урожайність зерна гороху сорту Мадонна залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та їх комбінацій після різних попередників (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Варіант (фактор В)	Попередник (фактор А)	
	соняшник	пшениця озима
Без обробки (контроль)	2,28	2,53
Вайбранс РФС (1 л/т)	2,44	2,68
Редіго (1 л/т)	2,42	2,66
Сферіко (1 л/т)	2,40	2,65
Авідо (1 л/т)	2,39	2,63
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т)	2,58	2,82
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т)	2,48	2,73
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,68	2,90
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,68	2,88
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Сферіко 1 л/т	2,67	2,89
Ризолайн (3 л/т) + Ризосейв (1 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,66	2,87
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Вайбранс РФС (1 л/т)	2,63	2,85
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Редіго (1 л/т)	2,61	2,84
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Сферіко (1 л/т)	2,60	2,83
Атува (2 л/т) + Премакс (0,5 л/т) + Авідо (1 л/т)	2,59	2,81
НР ₀₅ т/га для фактора А		0,09–0,12
для фактора В		0,09–0,13
для взаємодії АВ		0,12–0,14

Слід відзначити, що більшість випробуваних схем проявили вищу ефективність на фоні пшениці озимої, що узгоджується з літературними даними про кращу реалізацію біостимулюючих та симбіотичних ефектів за меншого водного та фітосанітарного стресів. Водночас у варіантах розміщення гороху після соняшника та за умов посилення аридизації клімату (зокрема в надзвичайно посушливому 2025 р.) застосування комплексної передпосівної обробки насіння, інокуляції у поєднанні з фунгіцидним протруюванням, а в окремих випадках і лише інокуляції, забезпечувало істотне збереження рівня продуктивності посівів, що свідчить про високий адаптогенний потенціал цих заходів за змінних абіотичних умов та підвищеного інфекційного навантаження на агроценоз.

Висновки. Комплексна обробка насіння гороху інокулянтами та фунгіцидними протруйниками забезпечує найвищу та стабільну врожайність сорту Мадонна як після попередника соняшника, так і після пшениці озимої. У середньому за 2023–2025 рр. оптимальна комбінація Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС формувала приріст врожайності зерна гороху відносно контролю на 0,37 т/га після пшениці озимої та 0,40 т/га після соняшнику. Інокуляція комбінацією препаратів Ризолайн + Ризосейв в досліді відмічалася високими показниками і зазвичай майже не поступалася кращим комбінаціям і в більшості випадків не перевищувала поріг найменшої істотної різниці, особливо в посушливому 2025 році, що підкреслює провідну роль симбіотичної азотфіксації як основи технології вирощування гороху в степовій зоні України.

Водночас фунгіцидні протруйники без інокуляції забезпечували помірний, менш стабільний ефект і поступалися біологічним схемам, виконуючи переважно функцію зниження початкового інфекційного тиску. Визначальним для абсолютного рівня врожайності виявився попередник. Так, пшениця озима стабільно переважала попередник соняшник із середнім приростом врожайності на рівні 0,22–0,29 т/га незалежно від варіанта обробки насіння.

За умов типової фітосанітарної небезпеки та достатнього рівня матеріально-технічного забезпечення доцільним є застосування комплексної передпосівної обробки насіння гороху, що поєднує інокулянт і фунгіцид. Така схема мінімізує міжрічну варіабельність урожайності та забезпечує максимально повну реалізацію потенціалу сорту. Натомість за обмеженого бюджету або на посівах із нижчим фітосанітарним тиском економічно доцільним і водночас ефективним є використання інокулянта Ризолайн + біопротектора Ризосейв.

Оптимальним попередником гороху доцільно вважати пшеницю озиму, після якої його розміщення слід рекомендувати в першу чергу. У разі сівби гороху після соняшнику необхідно застосовувати комбіновані схеми передпосівної обробки насіння (Ризолайн + Ризосейв або Ризолайн + Ризосейв + Вайбранс РФС), забезпечити максимально ранній строк сівби для ефективного використання ґрунтової вологи, ретельне подрібнення та рівномірний розподіл післяжнивних решток, а також обов'язково врахувати можливу післядію гербіцидів-ALS-інгібіторів.

Отримані результати мають прикладне значення і можуть бути безпосередньо використані для вдосконалення технологій вирощування гороху в степовій зоні України, обґрунтування технологічних рішень та розроблення відповідних виробничих регламентів.

Список використаних джерел

1. Гамаюнова В. В., Єрмолаєв В. М. Урожайність зерна гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. С. 228–233. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.23.33>
2. Гирка А. Д., Бочевар О. В., Малоок В. С., Сидоренко Ю. Я., Ільєнко О. В., Алексєєв Я. В. Вплив попередників, мінеральних добрив та норм висіву насіння на врожайність зерна гороху в Північному Степу України. *Зернові культури*. 2024. 8(1). С. 77–83. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0314>
3. Єременко О. А., Капінос М. В. Вплив передпосівної обробки насіння на продуктивність сортів гороху посівного в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 41–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.6>

4. Лемішко С. М., Черних С. А., Пашова В. Т. Кореневі гнилі агрофітоценозів гороху в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2021. № 121. С. 58–66. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.8>
5. Ткаліч Ю. І., Козечко В. І., Шевченко С. М., Бондаренко А. С. Інкрустація насіння як фактор регулювання схожості та урожайності кукурудзи і соняшника в умовах степової зони. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 143. Ч. 2. С. 105–113. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.13>
6. Bolton M. D., Thomma B. P. H. J., Nelson B. D. Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*. 2006. 7(1). 1–16. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x>
7. Cardarelli M., Woo S. L., Roupael Y., Colla G. Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. *Plants*. 2022. 11(3). 259. <https://doi.org/10.3390/plants11030259>
8. Huang J., Gan Y., Lupwayi N., Hao X., Selles F. Efficacy of starter N fertilizer and rhizobia inoculant in dry pea in a semi-arid environment. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2017. 63(3). 264–273. <https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1315834>
9. Kutcher H. R., Brandt S. A., Smith E. G., Ulrich D., Malhi S. S., Johnston A. M., Nye B. Rhizobium inoculant and seed-applied fungicide effects on field pea production. *Canadian Journal of Plant Science*. 2002. 82(4). 645–651. <https://doi.org/10.4141/P01-180>
10. Lemishko S., Kharytonov M., Pashova V., Tkach Y. The impact of the pea seed treatments with bio-fertilizers and bio-agents on the level of plant nitrogen symbiotic fixation. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. 66(2). 302–309.
11. Roupael Y., Colla G. Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2020. 11. 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00671>
12. Santos M. S., Rodrigues T. F., Nogueira M. A., Hungria M. The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: a review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. *Agronomy*. 2021. 11(5). 870. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050870>
13. Yakhin O. I., Lubyantsev A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. 7. 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>

Hudzenko O. H.

*Postgraduate Student at the Department of Crop Production,
Dnipro State Agrarian and Economic University*

Dnipro, Ukraine

E-mail: hudzenko.oh@dsau.dp.ua

ORCID: 0009-0002-2742-6995

Izhboldin O. O.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Crop Production,
Dnipro State Agrarian and Economic University*

Dnipro, Ukraine

E-mail: izhboldin.o.o@dsau.dp.ua

ORCID: 0000-0002-8076-7206

RESPONSE OF PEA GRAIN YIELD TO THE USE OF INOCULANTS AND SEED DRESSINGS AFTER DIFFERENT PRECEDING CROPS IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

Abstract

Against the backdrop of increasing climatic variability and phytosanitary risks in the Steppe zone of Ukraine, there is a need to optimize pea seed pre-sowing treatment by combining inoculants and seed-applied fungicides in accordance with the previous crop. The aim of the study was to assess the yield response of field pea (cv. Madonna) to combinations of inoculants and fungicidal seed dressings under different previous crops in the Steppe zone of Ukraine and to identify technological solutions that ensure yield stability in years with contrasting moisture supply. Field experiments were conducted in 2023–2025 on a common, low-humus, medium-loam Chernozem. A two-factor field design was used: factor A – previous crop (winter wheat; sunflower); factor B – seed treatment (untreated control; fungicidal dressings Vibrance RFC, Redigo, Spherico, Avido; inoculant systems Rizolain + Rizosave and Atuva + Premax; and their “inoculant + fungicide” combinations). The data indicate that inoculation is the key prerequisite for increasing and reproducing yield; adding a fungicidal seed dressing to the inoculant performs a stabilizing function by reducing the likelihood of losses from seed- and soil-borne infections. After winter wheat, the highest yields were formed by inoculant + fungicide combinations: in particular, Rizolain + Rizosave + Vibrance RFC produced 4.47 t·ha⁻¹ vs 3.77 t·ha⁻¹ in the control in 2023, 2.44 vs 2.16 t·ha⁻¹ in 2024, and 1.78 vs 1.67 t·ha⁻¹ in 2025 (+0.11 t·ha⁻¹). Three-year mean yields after winter wheat were 2.90 t·ha⁻¹ for this combination vs 2.53 t·ha⁻¹ in the control; inoculation with Rizolain + Rizosave alone yielded 2.82 t·ha⁻¹, whereas the fungicidal dressing Vibrance RFC alone gave 2.68 t·ha⁻¹. After sunflower, the relative advantage of biological schemes increased: Rizolain + Rizosave + Vibrance RFC achieved 4.20 t·ha⁻¹ vs 3.47 t·ha⁻¹ (2023), 2.26 vs 1.94 t·ha⁻¹ (2024), and 1.58 vs 1.42 t·ha⁻¹ (2025). The three-year averages for 2023–2025 confirmed the dominance of the previous crop as a systemic factor: winter wheat consistently provided higher yield levels than sunflower across all pea seed-treatment variants. The practical significance lies in enabling flexible choices: under typical risks and sufficient resources, the integrated inoculant + fungicide scheme is advisable as the baseline; under budgetary or organizational constraints,

inoculation alone provides an almost equivalent level and is the priority minimum requirement, especially after sunflower. The novelty of the study is a three-year comparison of inoculant-fungicide combinations simultaneously under two contrasting previous crops in real Steppe conditions, including an extremely dry year, which made it possible to quantify the crucial role of inoculation and to delineate the conditions under which combining it with fungicidal seed treatment is justified for pea.

Key words: pea, inoculation, seed coating, previous crop, winter wheat, sunflower, symbiotic nitrogen fixation, yield.

References

1. Hamaionova, V. V., & Yermolaiev, V. M. (2024.) *Urozhainist zerna horokhu zalezno vid peredposivnoi obrobky nasinnia ta optymizatsii zhyvlennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Grain yield of pea depending on pre-sowing seed treatment and nutrient optimization in the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]*. No. 23. P. 228–233 <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2024.23.33> [in Ukrainian].
2. Hyrka, A. D., Bochevar, O. V., Malook, V. S., Sydorenko, Yu. Ya., Iliencko, O. V., & Alieksieiev, Ya. V. (2024.) *Vplyv poperednykh, mineralnykh dobrykh ta norm vysivu nasinnia na vrozhaunist zerna horokhu v Pivnichnomu Stepu Ukrainy* [Effect of predecessors, mineral fertilizers and seed rates on grain yield of pea in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury [Cereal Crops]*. 8(1). P. 77–83. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0314> [in Ukrainian].
3. Yeremenko, O. A., & Kapinos, M. V. (2020.) *Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia na produktyvnist sortiv horokhu posivnoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Effect of pre-sowing seed treatment on the productivity of field pea cultivars under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Tavriyskyi Scientific Bulletin]*. No. 113. P. 41–48. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.6> [in Ukrainian].
4. Lemishko, S. M., Chernykh, S. A., & Pashova, V. T. (2021.) *Korenevi hnyli ahrofitozenoziv horokhu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy* [Root rots of pea agrophytocenoses in the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky [Tavriyskyi Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences]*. No. 121. P. 58–66. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.8> [in Ukrainian].
5. Tklich, Yu. I., Kozechko, V. I., Shevchenko, S. M., & Bondarenko, A. S. (2025.) *Inkrustatsiia nasinnia yak faktor rehuliuвання skhozhosti ta urozhainosti kukurudzy i soniashnyka v umovakh stepovoi zony* [Seed incrustation as a factor regulating germination and yield of maize and sunflower under Steppe zone conditions]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Tavriyskyi Scientific Bulletin]*. No. 143. Part 2. P. 105–113. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.13> [in Ukrainian].
6. Bolton, M. D., Thomma, B. P. H. J., & Nelson, B. D. (2006). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x> [in English].
7. Cardarelli, M., Woo, S. L., Roupahel, Y., Colla, G. (2022). Seed treatments with microorganisms can have a biostimulant effect by influencing germination and seedling growth of crops. *Plants*, 11(3), 259. <https://doi.org/10.3390/plants11030259> [in English].
8. Huang, J., Gan, Y., Lupwayi, N., Hao, X., & Selles, F. (2017). Efficacy of starter N fertilizer and rhizobia inoculant in dry pea in a semi-arid environment. *Soil Science and Plant Nutrition*, 63(3), 264–273. <https://doi.org/10.1080/00380768.2017.1315834> [in English].
9. Kutcher, H. R., Brandt, S. A., Smith, E. G., Ulrich, D., Malhi, S. S., Johnston, A. M., & Nye, B. (2002). Rhizobium inoculant and seed-applied fungicide effects on field pea production. *Canadian Journal of Plant Science*, 82(4), 645–651. <https://doi.org/10.4141/P01-180> [in English].
10. Lemishko, S., Kharytonov, M., Pashova, V., & Tklich, Y. (2023). The impact of the pea seed treatments with bio-fertilizers and bio-agents on the level of plant nitrogen symbiotic fixation. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 66(2), 302–309 [in English].
11. Roupahel, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00671> [in English].
12. Santos, M. S., Rodrigues, T. F., Nogueira, M. A., & Hungria, M. (2011). The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: a review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. *Agronomy*, 11(5), 870. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050870> [in English].
13. Yakhin, O. I., Lubyantov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049> [in English].

Отримано: 06.10.2025

Рекомендовано: 20.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 635.657:631.5

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.7>

Джежула О. В.

аспірант,

Інститут кормів та сільського господарства Поділля

Національної академії аграрних наук України

Вінниця, Україна

E-mail: dzhezhulaalex1987@gmail.com

ORCID: 0009-0005-9139-9620

ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ГІДРОТЕРМІЧНИМИ РЕСУРСАМИ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Анотація

Проаналізовано забезпеченість гідротермічними ресурсами та їхній вплив на тривалість міжфазних періодів і вегетаційного періоду нуту звичайного в умовах Лісостепу Правобережного. У 2023–2025 рр. вегетаційний період нуту звичайного тривав від 98 до 113 діб за суми активних температур $>10^{\circ}\text{C}$ від $2007,4^{\circ}\text{C}$ до $2045,5^{\circ}\text{C}$ та кількості опадів від 160,3 мм до 348,0 мм. Гідротермічний коефіцієнт у роки досліджень становив та характеризував вегетаційний період культури: 2023 та 2024 рр. – 0,8–0,9 як слабо посушливі; 2025 р. – 1,7 як надмірно зволожений. Слід відзначити, що впродовж вегетаційного періоду нуту звичайного спостерігалися контрастні зміни температури повітря та нерівномірність випадання опадів, що подовжували тривалість міжфазних періодів росту та розвитку, а також вегетаційного періоду. Такий вплив у період дозрівання нуту звичайного призводив до вимушеної дисекації посівів через технологічні перешкоди під час збирання врожаю. Установлено, що тривалість вегетаційного періоду та міжфазних періодів росту та розвитку нуту звичайного суттєво залежала від тепло- та вологозабезпечення. Збільшення кількості опадів призводило до подовження тривалості вегетаційного періоду ($r = 0,98$), окрім цього, така ж залежність відзначена і з періодом цвітіння ($r = 0,99$), періодом формування насіння ($r = 0,91$). Також виявлено, що збільшення кількості тепла призводило до подовження вище вказаних міжфазних періодів. Коефіцієнт кореляції між тривалістю цвітіння та сумою активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$ становив 0,98, між тривалістю «кінець цвітіння – повний налив насіння» та сумою активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$ – 0,87. Слід відзначити, що зниження кількості тепла та перезволоження призводило до зменшення тривалості міжфазних періодів нуту звичайного.

Ключові слова: нут звичайний, тривалість міжфазних періодів росту та розвитку, тривалість вегетаційного періоду, сума активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$, середньодобова температура повітря, кількість опадів, гідротермічний коефіцієнт.

Вступ. У процесі свого росту та розвитку, а також упродовж усього вегетаційного періоду у рослинах сільськогосподарських культур, зокрема й у нуту звичайного, відбуваються складні фізіологічні перетворення, у результаті яких формується врожайність зерна. При цьому на розвиток рослини на певній стадії суттєво впливають як екзогенні, так і ендогенні чинники. Процес розвитку відбувається за генетично закладеною схемою, тому знання морфо-біологічних особливостей рослини в той чи інший період та про можливий вплив на неї у певний час вище згаданих чинників можуть стати запорукою високої врожайності [12].

Завдяки росту та розвитку рослин відображається сукупність процесів взаємодії організмів із різноманітними чинниками навколишнього середовища. Саме тому впродовж вивчення формування врожайності культурних рослин проблема росту та розвитку, а також умов життя – чи не найголовніша в агрономічній науці. І застосування технологічних прийомів як інструментів впливу на вищезазначені процеси є надзвичайно важливим в агробіоценозах [14].

За своїми біологічними вимогами нут звичайний належить до холодостійких культур. Його насіння починає проростати за температури повітря $+2-4^{\circ}\text{C}$, сходи з'являються за температури $+6-8^{\circ}\text{C}$, проте оптимальна температура проростання насіння та дружних сходів – $+10-12^{\circ}\text{C}$. Культура витримує заморозки до 8°C , у фазу проростків під сніговим покривом витримує короткочасне зниження температури повітря до -25°C . Проте під час цвітіння, формування бобів і дозрівання нуту звичайний досить вимогливий до тепла. Оптимальна температура повітря для росту та розвитку культури – $+24-28^{\circ}\text{C}$, у період «цвітіння – налив насіння» – $+23-25^{\circ}\text{C}$. У подальшому легко витримує як ґрунтову, так і повітряну засуху. Це посухо- і жаростійка культура завдяки добре розвиненій кореневій системі та економній витраті води на одиницю сухої речовини. За температури повітря $+40^{\circ}\text{C}$ листки нуту звичайного впродовж 7–9 днів не втрачають тургор. Транспіраційний коефіцієнт – 350 [2; 8; 13].

Під час проростання насіння нуту звичайного поглинає 120–140% води відносно своєї маси. Оптимальна вологість ґрунту становить 60–70%, а кількість вологи в орному шарі ґрунту для отримання дружних сходів має становити 15–20 мм. Культура погано переносить надмірне зволоження і в дощові роки уражується грибними хворобами, зокрема аскохітозом [5; 7; 9].

Нут – рослина довгого дня, вегетаційний період триває 80–120 днів [11; 15].

Установлено, що за температурного тренду від сівби до повної стиглості нуту звичайного від 0,82 до 1,15°C міжфазні періоди зменшуються в середньому від 2,73 до 4,89 доби [16].

У перший період онтогенезу рослин нуту звичайного молодий паросток, який розвивається, живиться завдяки пластичним речовинам насінини. Згодом рослина починає засвоювати вуглекислоту повітря та поживні речовини з ґрунту. Задля забезпечення високих урожаїв нуту рекомендовано створити сприятливі умови для росту і розвитку рослин даної культури, а надто – у першій половині вегетації. За сприятливого зволоження і помірних температур повітря темпи росту і розвитку рослин нуту звичайного стають повільними, а інтенсивність біопродукційного процесу збільшується [4].

Установлено, що на початку бутонізації нут росте повільно, тому в цей період він невимогливий до температури повітря. У подальшому потреба в температурі різко зростає, і якщо у цей період встановлюється прохолодна погода, то цвітіння нуту настає пізніше. Тривалість періоду від сходів до цвітіння тим більше, чим вище забезпеченість вологою. За цих умов збільшується нарощування вегетативної маси, що призводить до затягування цвітіння. Збільшення міжфазного періоду «сходи – цвітіння» збільшує врожай зерна культури за рахунок збільшення площі листової поверхні [1].

Результати досліджень показали, що максимальної продуктивності нут звичайний досягає за температури в період від сходів до цвітіння 16,2–18,9°C, а від цвітіння до повної зрілості – 21,5–23,2°C за рівномірного зволоження ґрунту та гідротермічного коефіцієнту в межах 0,74–0,79. Для нормального розвитку рослин нуту потрібна сума активних температур 1800–2000°C [6].

Тривалість вегетаційного періоду нуту створює можливість детального вивчення динаміки росту і розвитку рослин залежно від біологічних особливостей культури, визначає пристосованість сорту до умов ґрунтово-кліматичної зони [3].

Мета роботи. Проаналізувати забезпеченість гідротермічними ресурсами та їхній вплив на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду нуту звичайного в умовах Лісостепу Правобережного.

Матеріали та методика досліджень. Фенологічні спостереження та аналіз гідротермічних показників (сума активних температур більше 10°C, середньодобова температура повітря, кількість опадів, гідротермічний коефіцієнт) за вегетаційний період нуту звичайного проводили впродовж 2023–2025 рр. в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН.

Ґрунти, на яких було закладено дослід, представлено сірими середньосуглинковими ґрунтами на лесі. Уміст гумусу в орному шарі становить 1,96%, рН (сол.) – 5,1, азоту – 16,8 мг/кг ґрунту, фосфору – 159,0 мг/кг ґрунту та калію – 107,0 мг/кг ґрунту.

У досліді висівали сорт Триумф селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насінництва та сортовивчення НААН. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для вирощування в Україні, у 2005 р.

Фенологічні спостереження за рослинами нуту звичайного здійснювали на закріплених ділянках у двох несуміжних повтореннях. Під час проведення фенологічних спостережень на ділянках виділяли по 50 типових рослин, на яких відзначали настання фаз розвитку нуту: повні сходи, гілкування, повне цвітіння, утворення бобів, кінець цвітіння, наливання насіння, повна стиглість зерна. За початок фази приймали час настання її у 10% рослин, а за повну фазу – настання її у 75%. Тривалість вегетаційного періоду рахували від фази повних сходів до фази повної стиглості [10].

Проводили аналіз групи агрометеорологічних показників: теплозабезпеченість (сума ефективних температур більше 10°C, середньодобова температура повітря за вегетаційний період і окремі періоди росту та розвитку рослин); вологозабезпеченість (кількість опадів за вегетаційний період та окремі періоди росту та розвитку рослин) та розраховували гідротермічний коефіцієнт.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати досліджень свідчать, що тривалість як окремих міжфазних періодів, так і всього вегетаційного періоду рослин нуту звичайного залежала від погодних умов, зокрема зволоження та температурного режиму. Тривалість періоду «сівба – повні сходи» знаходилася у прямій залежності від зволоження, у 2023 та 2025 рр. сходи з'явилися відповідно через 16 та 13 діб, тоді як у 2024 р. цей період подовжився до 22 діб. На його тривалість вплинуло те, що у 2024 р. за період «сівба – повні сходи» випало 80,6 мм опадів (ГТК становив 3,9), тоді як у 2023 р. – 16,5 мм (ГТК 0,8), у 2025 р. – 8,5 мм (ГТК 0,7). Слід відзначити, що у цей період нуту звичайного в усі роки досліджень спостерігалася прохолодна погода: середньодобова температура повітря становила у 2023 р. 13,4°C, у 2024 р. – 11,6°C, у 2025 р. – 11,5°C. Окрім того, у 2024 р. було відзначено зниження температури повітря до –1,4°C. Отже, надмірна кількість опадів та низька температура повітря негативно впливають на проростання насіння нуту звичайного, подовжуючи період «сівба – повні сходи» до 22 діб (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив гідротермічних ресурсів на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду в цілому нуту звичайного (2023–2025 рр.)

Показники	Рік	січень – повні сходи	Міжфазні періоди росту та розвитку					повні сходи – повна стиглість
			повні сходи – гілкування	гілкування – повне цвітіння	повне цвітіння – кінець цвітіння	кінець цвітіння – повний налив насіння	повний налив насіння – повна стиглість	
Тривалість періоду, дів	2023	16	28	12	27	17	14	98
	2024	22	33	18	22	20	10	103
	2025	13	23	32	20	23	15	113
Частка міжфазних періодів у вегетаційному періоді, %	2023	–	28,6	12,2	27,6	17,3	14,3	–
	2024	–	32,0	17,5	21,4	19,4	9,7	–
	2025	–	20,4	28,3	17,7	20,4	13,2	–
Сума активних температур >10°C	2023	177,9	502,4	259,3	566,6	363,4	315,7	2007,4
	2024	204,4	491,3	364,2	504,2	473,6	212,2	2045,5
	2025	130,6	212,7	603,6	430,3	485,5	290,4	2022,5
Кількість опадів, мм	2023	16,5	18,5	47,6	66,7	27,5	0,0	160,3
	2024	80,6	23,4	73,4	36,9	27,6	29,9	191,2
	2025	8,5	86,9	119,1	20,8	104,8	16,4	348,0
Середньодобова температура, °C	2023	13,4	17,9	21,6	20,1	21,4	22,6	–
	2024	11,6	15,7	20,2	23,3	23,7	21,2	–
	2025	11,5	11,7	18,3	21,0	21,1	19,4	–
ГТК	2023	0,8	0,4	1,3	1,3	0,6	0,0	0,8
	2024	3,9	0,5	2,0	0,7	0,6	1,4	0,9
	2025	0,7	4,1	2,0	0,5	2,2	0,6	1,7

У 2023 р. період «повні сходи – гілкування» становив 28 дів, характеризувався невеликою кількістю опадів 18,5 мм, високими середньодобовими температурами – 17,9°C та сумою активних температур > 10°C 502,4°C, тоді як у 2024 р. зменшення середньодобової температури до 15,7°C, її контрастного коливання у межах 1,9–20,8°C за кількості опадів 23,4 мм призвело до подовження цього періоду до 33 дів. У 2025 р. прохолодна погода (середньодобова температура 11,7°C) та надзвичайно велика кількість опадів призвели до зменшення цього періоду до 23 дів. Гідротермічний коефіцієнт показав, що в 2023 та 2024 рр. цей період проходив за сильної посухи, а в 2025 р., навпаки, – за надмірного зволоження. Частка періоду «повні сходи – гілкування» у сумарній тривалості вегетаційного періоду в 2023 та 2024 рр. була найбільшою та становила відповідно 28,6% та 32,0%, тоді як у 2025 р. вона зменшилася до 20,4%.

Період «гілкування – повне цвітіння» у 2023 р. тривав 12 дів та відзначався високою середньодобовою температурою повітря – 21,6° С, кількістю опадів (47,6 мм) та сумою активних температур (259,3°C). У 2024 р. за більшої кількості опадів (73,4 мм), дещо нижчої середньодобової температури повітря – 20,2°C та суми активних температур (364,2°C) цей період подовжився до 18 дів. У 2025 р. за надмірної кількості опадів – 119,1 мм, середньодобової температури повітря 18,3°C та сми активних температур (603,6°C) період «гілкування – повне цвітіння» подовжився до 32 дів. Аналіз показників ГТК показав, що період формування вегетативної маси був достатньо та надмірно зволожений. Його відсоток у вегетаційному періоді становив 12,2% у 2023 р., 17,5% у 2024 р. та 28,3% у 2025 р.

У 2023 р. міжфазний період «повне цвітіння – кінець цвітіння» тривав 27 дів та характеризувався помірними середньодобовими температурами повітря (20,1°C), великою кількістю опадів (66,7 мм), сумою активних температур більше 10°C (566,6°C). У 2024 р. тривалість цього періоду зменшилася до 22 дів унаслідок високих середньодобових температур повітря (23,3°C) (максимальна температура повітря доходила до 40,0°C) та невеликої кількості опадів – 36,9 мм. У 2025 р. період «повне цвітіння – кінець цвітіння» був найменшим та тривав 20 дів за невеликої кількості опадів – 20,8 мм, середньодобової температури повітря – 21,0°C та суми активних температур > 10°C 430,3°C. Період цвітіння нуту звичайного за оцінкою ГТК у 2024 та 2025 рр. проходив за середньої та сильної посухи, а в 2023 р. – за достатнього зволоження. Загалом частка періоду формування генеративних органів у вегетаційному періоді нуту звичайного становила від 17,7% до 27,5%. На збільшення цього показника суттєво впливали кількість опадів та сума активних температур > 10°C; у становлено сильні позитивні зв'язки, відповідно $r=0,99$ та $r=0,98$.

У 2023 р. тривалість формування репродуктивних органів, тобто періоду кінець «цвітіння – повний налив насіння», становила 17 дів. Упродовж цього періоду спостерігалася помірна середньодобова температура – 21,4°C, кількість опадів становила 27,5 мм, вони мали зливовий характер. Сума активних температур у цей період становила 363,4°C. Гідротермічні умови 2024 р. призвели до збільшення міжфазного періоду «кінець цвітіння – повний налив насіння» на три доби порівняно з попереднім роком, що позитивно позначилося на продуктивності рослин нуту звичайного. Сума активних температур у цей період становила 473,6°C, середньодобова температура

повітря – 23,7°C, кількість опадів – 27,6 мм. У 2025 р. цей період тривав 23 доби за кількості опадів 104,7 мм, середньодобової температури повітря 21,1°C та суми активних температур 485,5°C. Період формування насіння у 2023 та 2024 рр. проходив за середньої посухи, а в 2025 р. – за сильного зволоження. Відсоток цього періоду у вегетаційному періоді нуту звичайного становив у 2023 р. 17,3%, у 2024 р. – 19,4%, у 2025 р. – 20,4%. Також встановлено сильний позитивний зв'язок між тривалістю цього періоду та кількістю опадів ($r=0,91$) і сумою активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$ ($r=0,87$).

Період дозрівання нуту звичайного теж суттєво залежав від гідротермічних умов року. У 2023 р. період «повний налив насіння – повна стиглість» тривав 14 діб за суми активних температур 315,7°C та відсутності опадів. Такі посушливі умови дещо негативно вплинули на формування насіння, зокрема на масу 1 000 насінин та його якість. У 2024 р. цей період тривав 10 діб за сприятливої середньодобової температури 21,2°C, суми активних температур 212,2°C та кількості опадів 29,9 мм. Умови дозрівання нуту звичайного у 2023 та 2025 рр. характеризувались як дуже та середньо посушливі, а в 2024 р. – як достатньо зволожені. У 2025 р. період тривав 15 діб за кількості опадів 16,4 мм, середньодобової температури повітря 19,4°C та суми активних температур 290,4°C. Частка періоду дозрівання нуту звичайного у вегетаційному періоді коливалася від 9,7% до 14,3% за роками досліджень.

Веgetаційний період нуту звичайного у 2023 р. становив 98 діб. Він характеризувався сумою активних температур $>10^{\circ}\text{C}$ (2007,4°C), кількістю опадів (160,3 мм), середньодобовою температурою (20,9°C), ГТК (0,8) та оцінюється як слабо посушливий. Нерівномірний розподіл опадів упродовж вегетаційного періоду дещо негативно вплинув на формування рівня врожайності зерна нуту звичайного.

Гідротермічні умови вегетаційного періоду нуту звичайного в 2024 р. були більш сприятливими порівняно з попереднім роком. Тривалість вегетаційного періоду була довшою на п'ять діб порівняно з попереднім роком та становила 103 доби. Веgetаційний період нуту звичайного у вище вказаному році був дещо краще забезпечений вологою (кількість опадів становила 191,2 мм) та теплом (середньодобова температура становила 21,2°C, сума активних температур – 2045,53°C), що відповідає біологічному оптимуму культури, характеризувався як слабо посушливий.

У 2025 р. за вегетаційний період нуту звичайного сума активних температур $>10^{\circ}\text{C}$ була майже на рівні попередніх років та становила 2022,5°C, проте кількість опадів була більшою на 54% та 45% за попередні роки та становила 348,0 мм опадів, що призвело до подовження тривалості вегетаційного періоду до 113 діб. Веgetаційний період нуту звичайного у вище вказаному році характеризувався як надмірно зволожений.

За результатами кореляційного аналізу встановлено сильні позитивні зв'язки між тривалістю вегетаційного періоду нуту звичайного та кількістю опадів ($r = 0,98$) і гідротермічним коефіцієнтом ($r = 0,97$), а між тривалістю вегетаційного періоду та сумою активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$ встановлено слабкий позитивний зв'язок ($r = 0,21$).

Також встановлено залежності тривалості вегетаційного періоду нуту звичайного від кількості опадів, гідротермічного коефіцієнта та суми активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$, які описуються такими рівняннями лінійної регресії:

$$y = 0,0747x + 87,256, \quad (1)$$

де y – тривалість вегетаційного періоду нуту звичайного, x – кількість опадів. Коефіцієнт детермінації становив 0,9682, що є статистично значущим і описує достовірність 97% вибірових даних.

$$y = 0,0629x - 5,4457R^2 = 0,9472, \quad (2)$$

де y – тривалість вегетаційного періоду нуту звичайного, x – гідротермічний коефіцієнт. Коефіцієнт детермінації становив 0,9472, що є статистично значущим і описує достовірність 94% вибірових даних.

$$y = 0,5343x + 1969,2, \quad (3)$$

де y – тривалість вегетаційного періоду нуту звичайного, x – сума активних температур $> 10^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнт детермінації становив 0,0452, що описує достовірність 4,5% вибірових даних.

Висновки. Результати фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин нуту звичайного та аналіз гідротермічних ресурсів в умовах Лісостепу Правобережного показали, що вегетаційний період у роки досліджень (2023–2025 рр.) характеризувався достатньою кількістю тепла та нерівномірним випаданням опадів. Надмірна кількість опадів або їх відсутність у міжфазні періоди росту та розвитку рослин культури суттєво впливали на тривалість міжфазних періодів та вегетаційного періоду в цілому. Погодні умови в 2023 та 2024 рр. були нетиповими для Лісостепу Правобережного та відповідали погодним умовам степу, проте в 2025 р. вони характеризувались як надмірно зволожені, що негативно вплинуло на збирання нуту звичайного. Окрім цього, на основі кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що тривалість вегетаційного періоду нуту звичайного більшою мірою залежала від зволоження, ніж від кількості тепла.

Список використаних джерел

1. Вовк М.С., Шевченко В.В. Фази росту й розвитку нуту та тривалість міжфазних періодів залежно від умов зволоження та температури в роки вирощування. *Новітні технології в агрономії, землеустрої та садово-парковому господарстві* : матеріали доповідей державної науково-практичної конференції студентів, м. Біла Церква, 18 квітня 2019 р. Біла Церква, 2019. С. 7–8.
2. Вус Н.О., Безугла О.М., Кобизева Л.Н. Мінливість умісту білка у колекційних зразків нуту в умовах східного лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 82. С. 34–38.

3. Добровольський А.В., Коваленко О.А., Андрійченко Л.В., Колоніяді Н.О. Вплив способів сівби на тривалість вегетаційного періоду та продуктивність сортів нуту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Т. 24. № 4. С. 54–61. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-4\(108\)-7](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-4(108)-7)
4. Каленська С.М., Нетупська І.Т., Новицька Н.В. Морфогенез рослин нуту під впливом гідротермічних умов, передпосівної інюкуляції насіння та удобрення. <https://www.sworld.com.ua/konfer26/853.pdf> (дата звернення: 18.09.2025).
5. Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця : ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 С.
6. Колесніков М.О., Кадіров Т.Р. Рекомендації по вирощуванню нуту в умовах Півдня України. Мелітополь : ТДАТУ, 2022. 44 С.
7. Коляніді Н.О. Продуктивність і якість нуту за умов дефіциту вологи. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Т. 56. № 6. С. 515–528. <https://doi.org/10.15407/frg2024.06.515>
8. Мазур В.А., Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Особливості технології вирощування малопоширених зернобобових культур : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2021. 172 С.
9. Ріст та розвиток нуту в умовах північно-східного Лісостепу України / А.В. Мельник та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2020. Вип. 2(40). С. 38–46. <https://repo.snau.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/8678>
10. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур : офіційний бюлетень / Державна служба з охорони прав на сорти рослин. Київ : Алефа, 2003. № 2. Ч. 3. 241 С.
11. Пушак В.І. Продуктивність сортів нуту за нормами висіву в умовах Західного лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 28. С. 104–111.
12. Anwar M.R., Luckett D.R., Ip R.L., Chauhan Y.S., Graham N., raman R., Rohan M. Identifying key environmental drivers of chickpea yield and water-use efficiency: a statistical modeling approach. *The Journal of Agricultural Science*. 2025. P. 1–40 <https://doi.org/10.1017/S0021859625100270>
13. Bulgakov V., Adamchuk V., Kaletnik G., Arak M., Olt J. Mathematical model of vibration digging up of root crops from soil. *Agronomy Research*. 2014. № 12(1). P. 41–58.
14. Eshed Y., Lippman Z.B. Revolutions in agriculture chart a course for targeted breeding of old and new crops. *Science*. 2019. Vol. 366, № 6466. P. eaax0025. <https://doi.org/10.1126/science.aax0025>
15. Mazur, V.A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K.V., Pantsyreva, H.V., Alekseev, O.O. (2019). Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 665–670.
16. Zartash F., Mukhtar A., Mubshar H., Ghulam A., Sami Ul-A., Shakeel A., Niaz Ah., Muhammad A., Ghulam S., Ehsan ul H., Pakeeza I., Sajjad H. The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options. *Scientific Reports*. 2020. Oct 22;10(1). 18013. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74740-3>

Dzhezhula O. V.

Postgraduate Student,

*Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Vinnytsia, Ukraine*

E-mail: dzhezhulaalex1987@gmail.com

ORCID: 0009-0005-9139-9620

PROVISION OF HYDROTHERMAL RESOURCES OF THE VEGETATION PERIOD OF THE COMMON CHEEPA IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE RIGHT-BANK

Abstract

To analyze the provision of hydrothermal resources and their influence on the duration of interphase periods and the growing season of chickpea as a whole in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. In the conditions of 2023–2025, the growing season of chickpea lasted from 98 to 113 days for the sum of active temperatures $>10^{\circ}\text{C}$ from 2007.4 $^{\circ}\text{C}$ to 2045.5 $^{\circ}\text{C}$ and the amount of precipitation from 160.3 mm to 348.0 mm. The hydrothermal coefficient in the years of research was and characterized the growing season of the crop: 2023 and 2024 – 0.8–0.9, as slightly arid; 2025 – 1.7, as excessively humidified. It should be noted that during the growing period of chickpea, contrasting changes in air temperature and uneven precipitation were observed, which lengthened the duration of the interphase periods of growth and development, as well as the growing season. Such influence during the ripening period of chickpea led to the forced dissection of crops due to technological obstacles during harvesting. It was established that the duration of the growing season and interphase periods of growth and development of chickpea depended significantly on heat and moisture supply. An increase in the amount of precipitation led to an extension of the duration of the growing season ($r = 0.98$), in addition, the same dependence was noted with the flowering period ($r = 0.99$), the period of seed formation ($r = 0.91$). It was also found that an increase in the amount of heat led to a lengthening of the above – mentioned interphase periods. The correlation coefficient between the duration of flowering and the sum of active temperatures $> 10^{\circ}\text{C}$ was 0.98, between the duration of the end of flowering – full filling of seeds and the sum of active temperatures $> 10^{\circ}\text{C}$ – 0.87. It should be noted that a decrease in the amount of heat and overmoistening led to a decrease in the duration of the interphase periods of chickpeas.

Key words: chickpea, duration of interphase periods of growth and development, duration of the growing season, sum of active temperatures $> 10^{\circ}\text{C}$, average daily air temperature, amount of precipitation, hydrothermal coefficient.

References

1. Vovk, M.S., & Shevchenko, V.V. (2019). Fazy rostu y rozvytku nutu ta tryvalist mizhfaznykh periodiv zalezno vid umov zvolozhennia ta temperatury v roky vyroshchuvannia [Phases of growth and development of chickpeas and the duration of interphase periods depending on the conditions of moisture and temperature during the years of cultivation]. *Novitni tekhnolohii v ahronomii, zemleustroi ta sadovo-parkovomu hospodarstvi: materialy dopovidei derzhavnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv – The latest technologies in agronomy, land management and horticulture: materials of reports of the state scientific and practical conference of students*. (pp. 7–8). Bila Tserkva [in Ukrainian].
2. Vus, N.O., Bezuhla, O.M., & Kobyzieva, L.N. (2015). Minlyvist vmistu bilka u kolektsiinykh zrazkiv nutu v umovakh Skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Variability of protein content in chickpea collection samples in the conditions of the Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feeds and Feed Production*, 82, 34–38. [in Ukrainian].
3. Dobrovolskyi, A.V., Kovalenko, O.A., Andriichenko, L.V., & Koloniadi, N.O. (2020). Vplyv sposobiv sivby na tryvalist vechetatsiinoho periodu ta produktyvnist sortiv nutu. [The influence of sowing methods on the duration of the growing season and productivity of chickpea varieties]. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomoria – Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 24 (4), 54–61 [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-4\(108\)-7](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-4(108)-7) [in Ukrainian].
4. Kalenska, S.M., Netupska, I.T., & Novytska, N. V. Morfohenez roslyn nutu pid vplyvom hidrotermichnykh umov, peredposivnoi inokuliatzii nasinnia ta udobrennia. [Morphogenesis of chickpea plants under the influence of hydrothermal conditions, pre-sowing seed inoculation and fertilization]. <https://www.sworld.com.ua/konfer26/853.pdf> (data zvernennia 18.09.2025 r). [in Ukrainian].
5. Kalenska, S.M., Yermakova, L.M., Palamarchuk, V.D., & Polishchuk, I.S. (2015). Systemy suchasnykh intensyvykh tekhnolohii u roslynnytstvi [Systems of modern intensive technologies in crop production]. Vinnytsia: FOP Rohalska I.O. [in Ukrainian].
6. Kolesnikov, M.O., & Kadyrov, T.R. (2022). Rekomendatsii po vyroshchuvanniu nutu v umovakh pivdnia Ukrainy [Recommendations for growing chickpeas in southern Ukraine]. Melitopol: TDATU [in Ukrainian].
7. Koloianidi, N.O. (2024). Produktyvnist i yakist nutu za umov defitsytu volohy. [Productivity and quality of chickpea under moisture deficit conditions]. *Fiziolohiia roslyn i henetyka – Physiology of plants and genetics*, 56(6), 515–528. <https://doi.org/10.15407/frg2024.06.515> [in Ukrainian].
8. Mazur, V.A., Tkachuk, O.P., Didur, I.M., & Pansyryeva, H.V. (2021). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia maloposhyrenykh zernobobovykh kultur. [Peculiarities of the technology of cultivation of rare leguminous crops]. Vinnytsia: TVORY [in Ukrainian].
9. Melnyk, A.V., Romanko, Yu.O., Brunov, Yu. O., Sorokolit, Ye.M., & Kubrak, T.M. (2020). Rist ta rozvytok nutu v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Growth and development of chickpeas in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu – Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 2 (40), 38–46. <https://repo.snau.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/8678> [in Ukrainian].
10. *Metodyka provedennia ekspertyzы ta derzhavnoho vyprobuvannia sortiv roslyn zernovykh, krup'ianykh ta zernobobovykh kultur* [Methodology of examination and state testing of plant varieties of grain, grain and leguminous crops] [ofitsiyni biuleten. Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn]. Kyiv: Alefa. (2003), 2(3), 241 [in Ukrainian].
11. Pushchak, V.I. (2018). Produktyvnist sortiv nutu za normamy vysivu v umovakh zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Productivity of chickpea varieties according to sowing norms in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, 28, 104–111 [in Ukrainian].
12. Anwar, M.R., Luckett, D.R., Ip, R.L., Chauhan, Y.S., Graham, N., Raman, R., & Rohan, M. (2025). Identifying key environmental drivers of chickpea yield and water-use efficiency: a statistical modeling approach. *The Journal of Agricultural Science*, 1–40. <https://doi.org/10.1017/S0021859625100270> [in English].
13. Bulgakov, V., Adamchuk, V., Kaletnik, G., Arak, M., & Olt, J. (2014). Mathematical model of vibration digging up of root crops from soil. *Agronomy Research*, 12 (1), 41–58 [in English].
14. Eshed, Y., & Lippman, Z.B. (2019). Revolutions in agriculture chart a course for targeted breeding of old and new crops. *Science*, 366, 6466. eaax0025. <https://doi.org/10.1126/science.aax0025> [in English].
15. Mazur, V.A., Myalkovsky, R.O., Mazur, K.V., Pansyryeva, H.V., & Alekseev, O.O. (2019). Influence of the Photosynthetic Productivity and Seed Productivity of White Lupine Plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 665–670 [in English].
16. Zartash, F., Mukhtar, A., Mubshar, H., Ghulam, A., Sami, Ul-A., Shakeel, A., Niaz, Ah., Muhammad, A., Ghulam, S., Ehsan, ul H., Pakeeza, I., & Sajjad, H. (2020). The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options. *Scientific Reports*, 10(1), 18013. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74740-3> [in English].

Отримано: 19.09.2025

Рекомендовано: 21.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 635.657:633.15:631.5:631.582

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.8>

Зубов Д. А.

аспірант,

Інститут кормів та сільського господарства Поділля

Національної академії аграрних наук України

Вінниця, Україна

E-mail: skame007@gmail.com

ORCID: 0009-0007-3086-3906

ЗАПАСИ ВОЛОГИ В ҐРУНТІ В СОЄВО-КУКУРУДЗЯНИХ СІВОЗМІНАХ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Анотація

Мета статті – дослідити вплив системи захисту від шкочодчинних організмів на вологість та запаси продуктивної води в ґрунті в короткоротаційних сівозмінних із різним співвідношенням сої та кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах. В умовах 2023–2024 рр. на сірих лісових ґрунтах у фазу повних сходів сої та кукурудзи вологість ґрунту в орному шарі (0–20 та 20–40 см) становила 18–20%, запаси продуктивної води – 31–34 мм. Упродовж вегетації як вологість ґрунту, так і запаси продуктивної води змінювалися внаслідок потреби сої та кукурудзи на формування продуктивності. У фазу початку цвітіння сої вологість ґрунту становила 14–17%, у фазу 12 листків кукурудзи – 13–17%, запаси продуктивної води – відповідно 18–25 та 18,5–28 мм; на завершення вегетаційного періоду сої та кукурудзи ці показники були найменшими: у фазу повного наливу насіння сої вони становили: вологість ґрунту – 8–11%, запаси продуктивної води – 5,8–11 мм; у фазу молочно-воскової стиглості кукурудзи відповідно 9–10% та 5,5–9 мм. Аналогічну залежність щодо запасів продуктивної води відзначено й у шарах ґрунту 0–50 та 0–100 см. Відзначено вплив системи захисту від хвороб на вологість та запаси продуктивної води в ґрунті у посівах сої та кукурудзи. Застосування системи захисту від хвороб децю зменшувало ці показники в шарі ґрунту 0–40 см у посівах сої у фазу цвітіння 0,2–1,0%, у фазу повного наливу насіння – 0,2–0,6%. Аналогічну залежність відзначено щодо впливу системи захисту від хвороб на вологість ґрунту й у посівах кукурудзи. Також відзначено вплив співвідношення сої та кукурудзи в короткоротаційних сівозмінних на вологість та запаси продуктивної води в ґрунті. Найбільшу вологість ґрунту та запаси продуктивної води в орному шарі у фазу початку цвітіння сої відповідно 15,0–17,3% та 20,96–25,89 мм відзначено у беззмінному посіві, у сівозміні зі співвідношенням культур вони були меншими на 0,7–0,8% та 1,89–2,06 мм, у сівозміні зі співвідношенням 1:2 – на 0,8–1,4% та 2,07–3,29 мм, у сівозміні зі співвідношенням 1:3 – на 0,9–1,7% та 1,79–4,39 мм. Таку ж тенденцію відзначено й у посівах кукурудзи.

Ключові слова: соя, кукурудза, фази росту та розвитку рослин, вологість ґрунту, запаси продуктивної води, шар ґрунту, система захисту від шкочодчинних організмів, короткоротаційна сівозмінна.

Вступ. Основними завданнями сучасного сільського господарства України є виробництво максимальної кількості високоліквідної товарної продукції та створення повноцінної бази для тваринництва за раціонального використання грошових, матеріально-технічних і трудових ресурсів. Реформування агропромислового сектору призвело до формування суб'єктів господарювання з моногалузовим вузьким виробничим напрямом, а отже, і до корегування структури посівних площ, наслідком якого є перехід до сівозмін короткої ротації з високим насиченням одновидовими або близькими за біологічними особливостями культурами. В умовах Лісостепу України важливим питанням є з'ясування ступеня насичення сівозмін соєю і кукурудзою, за рахунок яких формується виробництво дешевих високобілкових і високоенергетичних кормів для галузі тваринництва. Розширення посівних площ під кукурудзою на зерно – це реальний шлях збільшення обсягів виробництва зернової продукції. Кукурудза – найпродуктивніша зернофуражна культура, тому впровадження технологій її вирощування гарантує ріст урожайності та валових зборів зерна. Використання кукурудзи в годівлі сільськогосподарських тварин забезпечує раціоналізм білком лише на 65–70% від потреби, унаслідок чого перевитрати корму на виробництво одиниці тваринницької продукції перевищують в 1,5–2,0 рази науково обґрунтовані норми годівлі. Тому для збалансування раціону за білком до нього слід уводити сою, насіння якої містить до 45,0% перетравного протеїну з умістом усіх незамінних амінокислот. Тому напрям досліджень цих сівозмін, у яких поєднується вирощування високобілкових та високоенергетичних культур слід вважати актуальним [1–3; 21].

Відомо, що вода є необхідною умовою існування всього живого. За дефіциту води в рослинах більше 5–10% (у деяких і понад 20%) порушується нормальний процес фотосинтезу і формування урожаю [20]. Тому вологість ґрунту є одним із чинників, що визначають умови вирощування сільськогосподарських культур, а в умовах нестійкого та недостатнього зволоження він є провідним [16; 17; 19]. Якість підготовки ґрунту, рівномірність загортання насіння, поява сходів, ріст й розвиток рослин залежать не лише від ступеня ущільнення ґрунту, а й від кількості води в ньому. Окрім того, вода є важливим структурним елементом рослин, вона може утримувати велику кількість тепла, що, безумовно, є основою її терморегулюючого впливу. Нагромадження й ефективне

використання вологи атмосферних опадів є одним із важливих чинників формування і підвищення врожайності сільськогосподарських культур, яка є серед важливих неконтрольованих абіотичних факторів, що обмежує продуктивність. Дефіцит вологи в ґрунті впродовж вегетаційного періоду польових культур, окрім негативного впливу на динаміку ростових процесів, призводить і до зниження ефективності окремих елементів технології вирощування, зокрема дії мінеральних добрив, системи захисту від шкочинних організмів та ін. [14; 18].

Загальний стан водного режиму ґрунту у сівозміні залежить від співвідношення культур, різних щодо врожайності, тривалості вегетаційного періоду, неоднакового використання вологи з ґрунту, маси і глибини проникання кореневої системи, рівня мінерального живлення, загальної кількості атмосферних опадів та їх розподілу впродовж вегетації, температурного режиму [4; 5].

Запаси продуктивної вологи в ґрунті є основним чинником зв'язку між ґрунтом і рослиною, який має вирішальне значення для отримання дружніх сходів та подальшої вегетації сільськогосподарських культур. Недостатня кількість вологи в ґрунті не лише негативно впливає на розвиток культури, а й значною мірою знижує ефективність певних елементів технології вирощування [12; 13; 15; 22].

В умовах нестійкого зволоження найбільший негативний вплив на процес формування врожайності культур мають недостатня кількість опадів у період вегетації рослин та високі температури повітря і ґрунту. Установлено, що вплив нестачі води на сільськогосподарські рослини може знизити продуктивність на 50% у різних частинах світу. В умовах стресу рослини демонструють низку змін у своїй морфології, фізіології та біохімії, що негативно впливає на їхній ріст і продуктивність [23].

Тому важливим і актуальним питанням є накопичення продуктивної вологи в ґрунті не лише в умовах сучасного розвитку землеробства, а й у контексті глобальної зміни клімату і, як наслідок, отримання стабільної врожайності сільськогосподарських культур у короткоротаційних сівозмінах.

Мета роботи – дослідити вплив системи захисту від шкочинних організмів на вологість та запаси продуктивної вологи в ґрунті в короткоротаційних сівозмінах із різним співвідношенням сої та кукурудзи в умовах Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2023–2024 рр. у стаціонарному досліді в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН.

У досліді вивчали дію та взаємодію двох чинників: А – співвідношення культур у короткоротаційних сівозмінах, що досліджуються:

1. беззмінний посів сої;
2. короткоротаційна сівозмінна зі співвідношенням сої та кукурудзи як 1:1;
3. короткоротаційна сівозмінна зі співвідношенням сої та кукурудзи як 1:2;
4. короткоротаційна сівозмінна зі співвідношенням сої та кукурудзи як 1:3.

В – система захисту від шкочинних організмів у короткоротаційних сівозмінах:

1. без системи захисту (контроль);
2. передпосівна обробка насіння сої та кукурудзи протруйником Максим XL 035 FS т.к.с. (1,0 л/т);
3. обприскування посівів сої фунгіцидом Абакус (1,5 л/га) у фазі бутонізації та утворення бобів, посівів кукурудзи – Абакус (1,5 л/га) за появи 5 та 9 листків;
4. передпосівна обробка протруйником + обприскування посівів сої у фазах бутонізації та утворення бобів та кукурудзи за появи 5 та 9 листків.

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий середньосуглинковий на лесі, орний шар якого (0–20 см) містить гумусу 1,94%, азоту, що легко гідролізується, – 8,9 мг/кг (визначення проводили методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015) [7], рухомого фосфору – 129,0 мг/кг та обмінного калію – 97,0 мг/кг (аналізували методом Кірсанова за ДСТУ 4405:2005) [8], рН – 5,5, сума ввібраних основ – 20,0 мг-екв./100 г ґрунту. Вологість ґрунту переважно забезпечувалась атмосферними опадами, залягання ґрунтові вод знаходиться на глибині 10–15 м.

Відбір зразків ґрунту дослідних варіантів та їх підготовку до лабораторно-аналітичних робіт здійснювали згідно з ДСТУ 4287:2004 [9] і ДСТУ ISO 11464:2001 [10] у динаміці з шарів 0–20 і 20–40 см. В отриманих зразках ґрунту визначали: вологість термостатно-ваговим методом згідно з ДСТУ ISO 11465:2001 [11]; запаси продуктивної вологи встановлювали розрахунковим методом.

Величини перелічених показників визначали з орного (0–20 см) і підорного (20–40 см) шарів у трьох повтореннях і двох аналітичних паралелях (загалом за кожним із пластів, $n = 12$).

Виклад основного матеріалу дослідження. Наші дослідження показують, що найбільший уміст вологи в ґрунті під соєю в шарі 0–40 см (18,9–19,9%) відзначено у фазі повних сходів. У наступні фази росту і розвитку рослин уміст її у ґрунті зменшувався у фазі «початок цвітіння» до 14,1–17,3% та у фазі «повний налив насіння» – до 7,9–11,4%, що пов'язано, в першу чергу, із витратами вологи на формування врожайності насіння та недостатньою кількістю опадів у цей період (табл. 1).

Слід відзначити, що у фазу повних сходів різниця між вологістю ґрунту на дослідних варіантах була незначною та становила в шарі 0–20 см від 18,8% до 19,3%, у шарі 20–40 см вона була дещо більшою – від 19,4% до 19,9%. Проте в подальшому на варіантах без застосування системи захисту від шкочинних організмів вологість була більшою на 2,2–4,7%. Також відзначено, що за зменшення відсотка сої у сівозміні вологість ґрунту

Таблиця 1. Вологість ґрунту під соєю залежно від системи захисту та співвідношення її посівів і кукурудзи в сівозміні, % (2023–2024 рр.)

Співвідношення посівів сої та кукурудзи	Система захисту від шкочочинних організмів	Шар ґрунту, см	Вологість ґрунту в різні фази росту і розвитку сої		
			повні сходи	початок цвітіння	повний налив насіння
Беззмінний посів сої	без обробки	0-20	18,9	15,4	9,9
		20-40	19,8	17,3	11,4
	система захисту*	0-20	19,1	15,0	9,6
		20-40	19,8	17,0	11,1
1:1	без обробки	0-20	19,2	15,2	9,3
		20-40	19,5	16,6	9,9
	система захисту*	0-20	19,3	14,2	9,0
		20-40	19,4	16,4	9,7
1:2	без обробки	0-20	19,0	14,7	8,9
		20-40	19,7	15,9	9,0
	система захисту*	0-20	19,0	14,2	8,7
		20-40	19,6	15,5	8,4
1:3	без обробки	0-20	18,8	14,4	8,6
		20-40	19,9	15,6	8,1
	система захисту*	0-20	18,8	14,1	8,4
		20-40	19,8	15,4	7,9

зменшувалася. У беззмінному посіві сої вологість ґрунту у фазу початку цвітіння в середньому становила 16,2%, у сівозміні зі співвідношенням 1:1 – 15,6%, у сівозміні зі співвідношенням 1:2 – 15,1%, у сівозміні зі співвідношенням 1:3 – 14,9%. Таку ж тенденцію відзначено у фазу повного наливу насіння сої.

Величина вмісту вологи в орному шарі ґрунту під кукурудзою у фазі повних сходів майже не відрізнялася від її вмісту під соєю, проте в наступні фази росту і розвитку рослин, особливо у фазі молочно-воскової стиглості, ці показники були нижчими в середньому на 2,2%, що пояснюється дещо більшими витратами вологи на формування врожайності зерна кукурудзи порівняно із соєю (табл. 2).

Таблиця 2. Вологість ґрунту під кукурудзою залежно від системи захисту та співвідношення її посівів і сої у сівозміні, % (2023–2024 рр.)

Співвідношення посівів сої та кукурудзи	Система захисту від шкочочинних організмів	Шар ґрунту, см	Вологість ґрунту в різні фази росту і розвитку кукурудзи		
			повні сходи	12 листків	молочно-воскова стиглість
1:1	без обробки	0-20	19,0	13,6	9,2
		20-40	19,2	16,8	9,3
	система захисту*	0-20	19,4	13,2	9,0
		20-40	19,7	16,7	9,1
1:2	без обробки	0-20	19,2	13,8	9,5
		20-40	19,7	17,0	9,5
	система захисту*	0-20	19,5	13,5	9,4
		20-40	19,9	17,1	9,4
1:3	без обробки	0-20	19,2	13,9	9,6
		20-40	20,0	17,4	10,0
	система захисту*	0-20	19,7	13,7	9,5
		20-40	20,1	17,2	9,9

Результати досліджень показують, що на варіантах, де застосовували систему захисту від хвороб, уміст вологи в орному шарі ґрунту під кукурудзою був дещо меншим (на 0,1–0,2%), аніж на варіантах без обробки.

Співвідношення посівів сої та кукурудзи у сівозміні мало впливало на зміну показників вологи у верхніх шарах ґрунту, хоча відзначено тенденцію до її збільшення за збільшення питомої ваги кукурудзи в короткочасних сівозмінах.

Слід відзначено, що в умовах 2023–2024 рр. запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту 174,51–176,76 мм протягом періоду «повні сходи – початок цвітіння» були достатніми для росту та розвитку польових культур, зокрема сої, про що свідчать дані табл. 3.

Проте в найбільш критичний за вологоспоживанням період «налив насіння» запаси продуктивної вологи зменшувалися та становили 64,52–82,13 мм, що мало негативний вплив на формування рівня урожайності. Аналогічна тенденція спостерігалася і в інших шарах ґрунту (табл. 4).

У результаті досліджень установлено, що запаси продуктивної вологи на варіантах без обробки у фазу початку цвітіння становили 129,51–144,94 мм, у фазу повного наливу насіння – 66,36–82,13 мм. На варіантах, де застосовувалася система захисту, цей показник зменшувався відповідно на 1,7–2,4% та 2,9–6,5%.

Таблиця 3. Оцінка запасів вологи за даними В. П. Гудзь, І. Д. Примака та ін. (2007 р.) [6]

Шар ґрунту, см	Запаси продуктивної вологи, мм	Якісна оцінка запасів продуктивної вологи
0-20	20	Незадовільні
	20-40	Задовільні
0-100	60-90	Погані
	90-130	Задовільні
	>130	Добрі

Слід відзначити, що найбільші запаси продуктивної вологи в ґрунті протягом вегетаційного періоду, в середньому 77,11–175,38 мм, спостерігалися на беззмінному посіві сої, що було більшим на 0,1–21,7% залежно від фази росту, ніж на сівозмінах, що досліджувалися.

Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту під кукурудзою під час повних сходів (31,87–35,06 мм) практично не відрізнялися від її кількості під соєю у цей період, проте в наступні фази росту і розвитку рослин, особливо під час настання молочно-воскової стиглості, зазначені показники були помітно більшими (5,16–9,09 мм), що пов'язано з менш високими витратами вологи на формування урожаю порівняно з урожаем сої та меншим транспіраційним коефіцієнтом (табл. 5).

На варіантах із застосуванням системи захисту під кукурудзою спостерігалось незначне зменшення запасів продуктивної вологи за появи 12 листків як у шарі ґрунту 0–20 см (18,55–19,26 мм), так і в метровому шарі (131,63–138,53 мм), відповідно на 1,6–3,1% та 0,5–1,2%, порівняно з варіантами без обробки.

Виявлено аналогічну залежність впливу системи захисту від шкочинних організмів на показники запасів продуктивної вологи в ґрунті під кукурудзою у фазі молочно-воскової стиглості кукурудзи. Застосування системи

Таблиця 4. Динаміка запасів продуктивної вологи в ґрунті під соєю залежно від системи захисту від хвороб та співвідношення її посівів і кукурудзи у сівозміні, мм (2023–2024 рр.)

Співвідношення посівів сої та кукурудзи	Система захисту від шкочинних організмів	Шар ґрунту, см			
		0-20	20-40	0-50	0-100
Фаза росту і розвитку сої		повні сходи			
Беззмінний посів сої	без обробки	31,76	33,62	81,78	176,08
	система захисту*	32,26	34,13	82,37	176,38
1:1	без обробки	32,62	32,92	82,14	176,22
	система захисту*	32,63	33,38	81,50	174,51
1:2	без обробки	32,24	33,87	82,65	174,59
	система захисту*	33,15	33,47	83,30	175,60
1:3	без обробки	32,01	34,14	82,83	175,48
	система захисту*	32,52	34,13	83,40	176,76
Фаза росту і розвитку сої		початок цвітіння			
Беззмінний посів	без обробки	21,93	25,89	61,16	144,94
	система захисту*	20,96	25,12	59,15	142,22
1:1	без обробки	21,17	23,95	58,39	137,55
	система захисту*	18,90	24,00	55,83	134,28
1:2	без обробки	20,83	22,60	56,57	134,31
	система захисту*	18,89	21,43	53,38	130,42
1:3	без обробки	19,42	21,50	53,89	129,51
	система захисту*	19,17	20,76	52,83	127,38
Фаза росту і розвитку сої		повний налив насіння			
Беззмінний посів	без обробки	9,47	11,40	24,62	82,13
	система захисту*	8,74	10,64	22,44	77,11
1:1	без обробки	8,00	7,38	18,30	75,81
	система захисту*	7,27	6,88	16,79	72,88
1:2	без обробки	7,28	4,88	14,66	70,04
	система захисту*	6,49	3,17	12,02	66,69
1:3	без обробки	6,37	2,26	10,98	66,36
	система захисту*	5,80	1,69	9,85	64,52

Таблиця 5. Динаміка запасів продуктивної вологи під кукурудзою залежно від системи захисту та співвідношення її посівів і сої у сівозміні, мм (2023–2024 рр.)

Співвідношення посівів сої та кукурудзи	Система захисту від шкочинних організмів	шар ґрунту, см			
		0-20	20-40	0-50	0-100
Фаза росту і розвитку кукурудзи		повні сходи			
1:1	без обробки	31,87	32,02	80,71	176,56
	система захисту*	33,93	33,61	84,29	180,50
1:2	без обробки	32,25	33,11	81,96	176,75
	система захисту*	33,27	34,01	84,07	179,21
1:3	без обробки	32,25	34,81	83,93	179,23
	система захисту*	33,89	35,06	85,91	180,70
Фаза росту і розвитку кукурудзи		12 листків			
1:1	без обробки	19,00	26,31	57,54	133,15
	система захисту*	18,55	26,58	57,08	131,63
1:2	без обробки	19,38	27,02	58,84	136,94
	система захисту*	19,08	27,56	58,94	136,33
1:3	без обробки	19,85	27,94	60,58	140,10
	система захисту*	19,26	27,46	59,37	138,53
Фаза росту і розвитку кукурудзи		молочно-воскова стиглість			
1:1	без обробки	8,05	5,56	16,80	74,67
	система захисту*	7,57	5,16	15,65	72,45
1:2	без обробки	8,79	6,60	18,86	77,79
	система захисту*	8,65	6,01	17,71	75,58
1:3	без обробки	9,09	8,65	21,56	82,26
	система захисту*	8,76	8,33	20,64	80,28

захисту від хвороб збільшувало запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, відповідно на 3,1%, 2,9% та 2,5% за співвідношення сої та кукурудзи у сівоzmіні як 1:1, 1:2, 1:3 порівняно з варіантами без системи захисту.

Найбільші запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту у фазі повних сходів – 179,96 мм, 12 листків – 139,31 мм та молочно-воскової стиглості – 81,27 мм спостерігалися на варіанті, де співвідношення посівів сої та кукурудзи становило 1:3.

Висновки. Отже, в умовах Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах найбільший уміст вологи в ґрунті під соєю у шарі 0–40 см (18,9–19,9%) відзначено у фазі повних сходів. У наступні фази росту і розвитку рослин уміст її у ґрунті зменшувався. Слід відзначити, що у фазу повних сходів на дослідних варіантах вологість ґрунту мало різнилася, проте в подальшому на варіантах без застосування системи захисту вологість була більшою на 2,2–4,7%. Вологість ґрунту під кукурудзою у фазі сходів майже не відрізнявся від показника під соєю, проте в наступні фази росту і розвитку рослин, особливо у фазі молочно-воскової стиглості, ці показники були нижчими в середньому на 2,2%, що пояснюється дещо більшими витратами вологи на формування врожайності зерна кукурудзи порівняно із соєю. На варіантах, де застосовували систему захисту, уміст вологи в орному шарі ґрунту під кукурудзою був дещо меншим (на 0,1–0,2%), аніж на варіантах без обробки.

Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на початку вегетації двох дослідних культур були задовільними для росту, проте в подальшому знижувалися та були недостатніми для формування високого рівня урожайності. На варіантах, де застосовувалася система захисту від хвороб, цей показник протягом вегетаційного періоду був меншим у середньому на 0,5–6,5% порівняно з варіантами без обробки. Слід відзначити, що найбільші запаси продуктивної вологи в ґрунті під соєю протягом вегетаційного періоду в середньому 77,11–175,38 мм спостерігалися на беззмінному посіві, а під кукурудзою – 81,27–179,96 мм на варіанті, де співвідношення посівів сої та кукурудзи становило 1:3.

Список використаних джерел

1. Бойко П.І., Коваленко Н.П. Проблеми екологічно зрівноважених сівоzmінів. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 8. С. 9–13.
2. Бойко П.І., Бородань В.О., Коваленко Н.П. Екологічно збалансовані сівоzmіни – основа біологічного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 2. С. 9–13.
3. Бойко П.І., Коваленко Н.П. Науково-інноваційні аспекти сівоzmінів в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 5. С. 24–28.
4. Бойко П.І., Літвінов Д.В., Цимбал Я.С., Кудр С.О. Принципи розроблення систем різноротаційних сівоzmінів в Україні. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2018. № 1. С. 3–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2018_1_3.
5. Бойко П., Мартинок І., Цимбал Я. Становлення сівоzmінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 99(3). С. 5–13. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01>
6. Гудзь В.П., Примах І.Д. Адаптивні системи землеробства. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 316 с.
7. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 9 с.
8. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2005-05-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.
9. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України 2005. 9 с. (Національні стандарти України).
10. ДСТУ ISO 11464-2001. Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків. [Чинний від 2002-04-02]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 19 с.
11. ДСТУ ISO 11465-2001. Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод. [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держстандарт України, 2002. 13 с.
12. Єрмолаєв М.М. Закономірності формування водного режиму в сівоzmінах на чорноземах Лісостепу Лівобережного. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 6. С. 13–17.
13. Єрмолаєв М.М. Водний режим чорнозему типового в короткоротаційних зернових сівоzmінах. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2002. Спецвипуск. С. 161–166.
14. Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівоzmінах : монографія. Київ : Аграрна наука, 2015. 207 с.
15. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Київ : Академія, 2006. 360 с.
16. Минкін М. Зміна агрофізичних показників ґрунту та врожайності під впливом елементів технології вирощування сої в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 156–161. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.19>
17. Петриченко В.Ф., Бабич А.О., Іванюк С.В., Колісник С.І. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 2. С. 19–23.
18. Сінченко В.В., Танчик С.П., Літвінов Д.В. Вплив різних способів обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового Правобережного лісостепу України. *Рослинництво і ґрунтознавство*. 2019. Т. 10. № 2. С. 41–49. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pss_2019_10_1_8
19. Цизь І.Є., Дідух І.Є., Голій І.Є., Хвесик В.О., Голій В.О. Дослідження впливу сапропелю природної вологості на урожайність сої за екстремальної нестачі вологи. *Сільськогосподарські машини*. 2023. № 49. С. 22–30. <https://doi.org/10.36910/asm.vi49.1013>
20. Агрометеорологічні умови продуктивності різноротаційних сівоzmінів Лівобережного Лісостепу : монографія / І.С. Шаповал та ін. Чорнобай : Чорнобайське КПП, 2015. 162 с.

21. Шаповал І.С., Векленко Ю.А., Кравченко В.П., Ярмілко С.А., Яремич Л.В. Продуктивність і ефективність кормових сівозмін на чорноземах Лівобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 96. С. 122–134. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-12>

22. Hamlyn G.J. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *J. of Experimental Botany*. 2007. V. 58, № 2. P. 119–130.

23. Lisar S.Y.S., Motafakkerazad R., Hossain M.M., Rahman, I.M.M. Water stress in plants: Causes, effects and responses. *Water Stress*. Croatia: InTech, 2012. P. 1–14.

Zubov D. A.

Postgraduate Student,

*Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Vinnytsia, Ukraine*

E-mail: skame007@gmail.com

ORCID: 0009-0007-3086-3906

SOIL MOISTURE RESERVES IN SOY-MAIZE CROP ROTATIONS IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE RIGHT-BANK

Abstract

To investigate the influence of the system of protection against harmful organisms on moisture and reserves of productive moisture in the soil in short-rotational crop rotations with different ratios of soybeans and corn in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe on gray forest soils. In the conditions of 2023–2024 years on gray forest soils in the phase of full germination of soybeans and corn, soil moisture in the arable layer (0–20 and 20–40 cm) was 18–20%, productive moisture reserves were 31–34 mm. During the growing season, both soil moisture and productive moisture reserves decreased due to the need of soybeans and corn for the formation of productivity. In the phase of the beginning of flowering of soybeans, soil moisture was 14–17%, in the phase of 12 leaves of corn – 13–17%, reserves of productive moisture, respectively, 18–25 and 18.5–28 mm. At the end of the growing season of soybeans and corn, these indicators were the lowest: in the phase of complete pouring of soybean seeds, they were: soil moisture 8–11%, reserves of productive moisture 5.8–11 mm; in the phase of milk-wax maturity of corn, respectively, 9–10% and 5.5–9 mm. A similar dependence on productive moisture reserves was noted in the 0–50 and 0–100 cm soil layers. The influence of the disease protection system on moisture and productive moisture reserves in the soil in soybean and corn crops was noted. The use of the disease protection system slightly reduced these indicators in the soil layer of 0–40 cm in soybean crops in the flowering phase by 0.2–1.0%, in the phase of full seed filling – by 0.2–0.6%. A similar dependence was noted regarding the impact of the disease protection system on soil moisture in corn crops. The influence of the ratio of soybeans and corn in short-rotation crop rotations on moisture and reserves of productive moisture in the soil was also noted. The highest soil moisture and reserves of productive moisture in the arable layer in the phase of the beginning of flowering of soybeans, respectively, 15.0–17.3% and 20.96–25.89 mm, were noted in unchanged sowing, in crop rotation with a ratio of crops, they were lower by 0.7–0.8% and 1.89–2.06 mm, in crop rotation with a ratio of 1:2 – by 0.8–1.4% and 2.07–3.29 mm, in crop rotation with a ratio of 1:3 – by 0.9–1.7% and 1.79–4.39 mm. The same trend was noted in corn crops.

Key words: soybeans, corn, phases of plant growth and development, soil moisture, reserves of productive moisture, soil layer, system of protection against harmful organisms, short-rotation crop rotation.

References

1. Boiko, P.I., & Kovalenko, N.P. (2003). Problemy ekolohichno vrvnovazhenykh sivozmin [Problems of ecologically balanced crop rotation]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 8, 9–13 [in Ukrainian].
2. Boiko, P.I., Borodan, V.O., & Kovalenko, N.P. (2005). Ekolohichno zbalansovani sivozminy – osnova biolohichnoho zemlerobstva [Ecologically balanced crop rotation – is the basis of biological agriculture]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 2, 9–13 [in Ukrainian].
3. Boiko, P.I., & Kovalenko, N.P. (2006). Naukovo-innovatsiini aspekty sivozmin v Ukraini [Scientific and innovative aspects of crop rotation in Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 5, 24–28 [in Ukrainian].
4. Boiko, P.I., Litvinov, D.V., Tsymbal, Ya.S., & Kudr, S.O. (2018). Pryntsypy rozroblennia system riznorotatsiinykh sivozmin v Ukraini [Principles of development of multi-rotation crop rotation systems in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN – Collection of scientific works of the National Science Center Institute of Agriculture of the NAAS*, 1, 3–14 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpezm_2018_1_3 [in Ukrainian].
5. Boiko, P., Martyniuk, I., & Tsymbal, Ya. (2021). Stanovlennia sivozminnykh pryntsypiv u systemakh zemlerobstva [Development of crop rotation principles in farming systems]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 99(3), 5–13. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-01> [in Ukrainian].
6. Gudzyk, V.P., & Prymak, I.D. Adaptivni systemy zemlerobstva [Adaptive farming systems]. K: Tsentr uchbovoyi literatury [in Ukrainian].
7. DSTU 7863:2015. Yakist grunt. Vyznachennia lehkohidroliznoho azotometodom Kornfilda [Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method]. (2016). [Chynnyi vid 2016-07-01]. Kyiv: UkrNDNTs [in Ukrainian].
8. DSTU 4405:2005. Yakist grunt. Vyznachennia rukhomykh spoluk fosforu kaliu za metodom Kirsanova v modyfikatsii NNTs IHA [Soil quality. Determination of mobile phosphorus-potassium compounds by the Kirsanov method in the modification of the NSC IGA]. (2006). [Chynnyi vid 2005-05-30]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].

9. DSTU 4287:2004. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling of samples]. (2005). [Chynnyi vid 2005-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy (Natsionalni standarty Ukrainy) [in Ukrainian].
10. DSTU ISO 11464-2001. Yakist gruntu. Poperednie obrobliannia zrazkiv [Soil quality. Preliminary processing of samples]. (2003). [Chynnyi vid 2002-04-02]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
11. DSTU ISO 11465-2001. Yakist gruntu. Vyznachannia sukhoi rehovyny ta volohosti za masoiu. Hravimetrychnyi metod [Soil quality. Determination of dry matter and moisture by mass. Gravimetric method]. (2002). [Chynnyi vid 2003-01 -01]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
12. Yermolaiev, M.M. (2008). Zakonomirnosti formuvannia vodnoho rezhymu v sivozminakh na chornozemakh Lisostepu livoberezhnoho [Patterns of water regime formation in crop rotations on chernozems of the Left-Bank Forest-Steppe]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 6, 13–17 [in Ukrainian].
13. Yermolaiev, M.M. (2002). Vodnyi rezhym chornozemu tipovoho v korotkorotatsiinykh zemovykh sivozminakh [The water regime of chernozem is typical in short-rotation grain crop rotations]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences*, Spetsvyypusk, 161–166 [in Ukrainian].
14. Zaryshniak, A.S., Tsvei, Ya.P., & Ivanina, V.V. (2015). Optyimizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh [Optimizing fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
15. Klymenko, M.O. (2006). Monitorynh dovkillia [Environmental monitoring]. K.: Vydavnychiy tsentr «Akademiia» [in Ukrainian].
16. Mynkin, M. (2023). Zmina ahrofizychnykh pokaznykiv gruntu ta urozhainosti pid vplyvom elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia soi v umovakh pivdnia Ukrainy [Changes in agrophysical parameters of the soil and productivity under the influence of elements of soybean cultivation technology in the conditions of southern Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 131. 156–161. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.19> [in Ukrainian].
17. Petrychenko, V.F., Babych, A.O., Ivaniuk, S.V., & Kolisnyk, S.I. (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].
18. Sinchenko, V.V., Tanchyk, S.P., & Litvinov, D.V. (2019). Vplyv riznykh sposobiv obrobittu gruntu na ahrofizychni pokaznyky chornozemu tipovoho Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of different methods of soil cultivation on the agrophysical parameters of the black soil of the typical Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Roslynnytstvo i gruntoznavstvo – Horticulture and soil science*. 10(2), 41–49 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pss_2019_10_1_8 [in Ukrainian].
19. Tsyz, I.Ie., Didukh, I.Ie., Holii, I.Ie., Khvesyuk, V.O., & Holii, V.O. (2023). Doslidzhennia vplyvu sapropeliu pryrodnoi volohosti na urozhainist soi za ekstremalnoi nestachi volohy [Study of the influence of sapropel natural humidity on soybean productivity under extreme moisture shortage]. *Silskohospodarski mashyny – Agricultural machines*, 49, 22–30 <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1013> [in Ukrainian].
20. Shapoval, I.S. ta in. (2015). Ahrometeorolohichni umovy produktyvnosti riznorotatsiinykh sivozmin Livoberezhnoho Lisostepu [Agrometeorological conditions of productivity of different crop rotations in the Left-Bank Forest-Steppe]. Chornobai: Chornobaivske KPP [in Ukrainian].
21. Shapoval, I.S., Veklenko, Yu.A., Kravchenko, V.P., Yarmilko, S.A., & Yaremych, L.V. (2023). Produktyvnist i efektyvnist kormovykh sivozmin na chornozemakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity and efficiency of forage crop rotations on chernozems of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feeds and Feed Production*, 96, 122–134. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-12> [in Ukrainian].
22. Hamlyn, G.J. (2007). Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *J. of Experimental Botany*, 58(2), 119–130.
23. Lisar, S.Y.S., Motafakkerazad, R., Hossain, M.M., & Rahman, I.M.M. (2012). Water stress in plants: Causes, effects and responses. Water Stress. Croatia: InTech, 1–14.

Отримано: 24.09.2025

Рекомендовано: 28.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 631.5:581.5:633.3

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.9>

Івасик М. В.

*аспірантка кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID: 0000-0001-6119-9218*

Хоміна В. Я.

*доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач 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*

УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ФОНУ ЖИВЛЕННЯ І НОРМИ ВИСІВУ НАСІННЯ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Анотація

Соя – найбільш поширена і рентабельна культура серед зернобобових, яка має значний попит на українському та світових ринках, що викликає зацікавленість науковців та сільгосптоваровиробників в аспекті вдосконалення комплексу технологічних заходів, що сприятимуть підвищенню урожайності зерна, поліпшенню технологічних показників та хімічного складу, зокрема вмісту білка.

У статті розглянуто питання оптимізації елементів технології вирощування сої за вирощування в умовах Правобережного Лісостепу. Схема досліду включала фактори: сорт (фактор А) – Аратта (середньоранній) і Софія (середньостиглий); фон живлення (фактор В) – без інокуляції, інокуляція, $N_{30}P_{40}$ +інокуляція, $N_{60}P_{40}$ +інокуляція; норма висіву насіння (фактор С) – 400, 500, 600, 700 та 800 тис шт/га.

У результаті проведених обліків урожайності зерна сої встановлено, що для сорту сої Аратта оптимальною виявилася норма 600 тис шт/га, яка забезпечила врожайність у межах 2,68–3,12 т/га, а для сорту Софія – норма висіву 500 тис шт/га, де отримано врожайність 2,7–3,14 т/га. Щодо впливу фону живлення оптимальний варіант для обох досліджуваних сортів $N_{30}P_{40}$ +інокуляція препаратом Ризоактив+, прирости врожайності в розрізі сортів становили: Аратта – 0,44, Софія – 0,45 т/га. Експериментально доведено, що азот суттєво впливає на вміст білка в насінні сої: він є основною сировиною для синтезу білків, тому його достатнє забезпечення в контексті загальної врожайності корелює з підвищенням вмісту білка в зерні. Однак надлишок мінерального азоту може пригнічувати азотфіксацію з повітря, що призводить до зниження якості та кількості білка в сої. Оптимальний вміст білка 39,8% був у сорту сої Софія на варіанті фону живлення $N_{30}P_{40}$ +інокуляція з нормою висіву насіння 600 тис шт/га. У сорту Аратта оптимальний вплив на показник мав аналогічний варіант, проте показник поступався на 1,6%. На варіантах без інокуляції та удобрення вміст білка був істотно менший, у сорту Аратта він знаходився в межах 37,8–38%, а у сорту Софія – 38,1–38,3%.

Ключові слова: соя, сорт, інокуляція, фон живлення, норма висіву насіння, урожайність зерна, вміст білка.

Вступ. Соя належить до найпоширеніших культур світового землеробства. За площею вона займає четверте місце, поступаючись лише рису, кукурудзі та пшениці. Ґрунтово-кліматичні умови України відповідають біологічним вимогам вирощування сої [1; 7, с. 11]. Рекордні посівні площі в Україні були зафіксовані у 2024 р., коли соєю засіяли близько 2,7 млн га. В умовах 2025 р. відзначено певне зниження площ, зайнятих під соєю, проте перспективи сої в Україні загалом позитивні: прогнозується рекордне або стабільне виробництво, зростання експорту до ЄС та інших країн, а також підтримка з боку попиту на органічну сою. Ключовими чинниками успіху є розвиток нових сортів, застосування інноваційних технологій (точне землеробство), адаптація до клімату, а також поліпшення логістики. Водночас зміни клімату також відкривають можливості для нових підходів та інновацій у вирощуванні сільськогосподарських культур, у тому числі сої, і перед науковцями постає завдання щодо впровадження комплексу інноваційних рішень на різних стадіях виробництва цієї культури, здатних забезпечити підвищення врожайності та поліпшення якості [2; 8].

Значний попит на сою в Україні робить її привабливою для науковців, які виконують низку досліджень у різних ґрунтово-кліматичних зонах із питань технології вирощування культури, зокрема проведення інокуляції насіння новими препаратами, вивчення норм висіву насіння у взаємозв'язку з іншими технологічними факторами, підбір найбільш адаптованих до умов вирощування сортів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

І. В. Федорук, Ю. В. Хмелянчишин доводять, що використання інокулянтів, що містять сучасні високоефективні культуро-специфічні штами ризобіальних бактерій із підвищеною життєздатністю у високих концентраціях, забезпечує утворення максимальної кількості бульбочок на кореневій системі рослин. Поєднання процесу інокуляції та застосування мікродобрив у технології вирощування дають значні результати зі збільшення врожайності [10; 11, с. 55]. Практика дослідів показує, що в сучасних умовах технології вирощування сої, поєднання інокуляції і мікродобрив дають можливість повною мірою використати генетичний і біологічний потенціал сорту [4; 9]. На думку З.І. Глушак, на симбіоз із рослинами впливає розвиток мікроорганізмів *Rhizobium japonicum*. Залежно від їх кількості, форми колоній та умов вирощування чисельність утворених бульбочок може становити до 400 шт./роsl. [5, с. 24].

У Державному реєстрі сортів рослин України близько 250 сортів сої, тому вибір сорту має надзвичайно велике значення для конкретних умов вирощування. Порівняльну оцінку сортів за продуктивністю та підбір найбільш адаптованих до умов вирощування у комплексі з іншими технологічними чинниками висвітлено в наукових працях низки науковців [3, с. 217; 6; 12].

Отже, питання оптимізації комплексу технологічних факторів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є актуальними.

Мета роботи полягає в оптимізації елементів технології вирощування сортів сої: норми висіву насіння, застосування мінеральних і бактеріальних добрив за вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. Дослідження проводилися на базі дослідного поля Навчально-виробничої лабораторії рослинництва Відокремленого структурного підрозділу «Новоушицький фаховий коледж» закладу вищої освіти «Подільський державний університет» на темно-сірих опідзолених ґрунтах. Схема дослідів включала фактори: сорт (фактор А) – Аратта (середньоранній) і Софія (середньостиглий); фон живлення (фактор В) – без інокуляції, інокуляція, $N_{30}P_{40}$ + інокуляція, $N_{60}P_{40}$ + інокуляція; норма висіву насіння (фактор С) – 400, 500, 600, 700 та 800 тис шт./га.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати наших досліджень показали, що в середньому за чотири роки врожайність сорту Аратта знаходилася в межах 2,57–3,12 т/га, а сорту Софія – 2,43–3,05 т/га (табл. 1).

Слід відзначити, що найбільш сприятливі умови для формування продуктивності сої склалися в 2023 р., проте всі досліджувані роки цілком відповідали повноцінному росту і розвитку рослин, що в кінцевому підсумку дало змогу сформувати достатньо високу врожайність зерна досліджуваних сортів сої.

Таблиця 1. Урожайність зерна сої залежно від сорту, фону живлення і норми висіву насіння, т/га (середнє за 2020–2024 рр.)

Сорт (А)	Фон живлення (В)	Норма висіву насіння, тис шт./га (С)	Урожайність	
			фактична	± до контролю
Аратта (середньоранній)	без інокуляції	400	2,57	-0,09
		500	2,62	-0,04
		600 (К)	2,66	–
		700	2,64	-0,02
		800	2,58	-0,08
	інокуляція	400	2,83	0,02
		500	2,85	0,08
		600	3,02	0,17
		700	2,91	0,19
		800	2,80	0,36
	Інокуляція + $N_{30}P_{40}$	400	2,91	0,25
		500	2,97	0,31
		600	3,12	0,46
		700	3,05	0,39
		800	3,01	0,35
	Інокуляція + $N_{60}P_{40}$	400	2,82	0,16
		500	2,84	0,18
		600	3,03	0,37
		700	2,89	0,23
		800	2,75	0,09
Софія (середньостиглий)	Без інокуляції	400	2,43	-0,09
		500	2,57	0,05
		600 (К)	2,52	–
		700	2,47	-0,05
		800	2,45	-0,07
	Інокуляція	400	2,46	-0,06
		500	2,63	0,1
		600	2,57	0,05
		700	2,51	-0,01
		800	2,48	-0,04
	Інокуляція + $N_{30}P_{40}$	400	2,77	0,25
		500	3,05	0,53
		600	2,96	0,44
		700	2,85	0,3
		800	2,79	0,27
	Інокуляція + $N_{60}P_{40}$	400	2,44	-0,08
		500	2,61	0,09
		600	2,55	0,03
		700	2,49	-0,03
		800	2,37	-0,15

У розрізі варіантів спостерігалася тенденція до підвищення врожайності за збільшення норми висіву насіння з 400 до 500–600 тис шт./га та зниження врожайності у більш загущених посівах (норми висіву – 700 та 800 тис шт./га). Інокуляція насіння сприяла підвищенню врожайності у сорту Аратта на 0,17–0,36 т/га, а у сорту Софія – на 0,05–0,1 т/га за норми висіву відповідно 600 та 500 тис шт./га, проте за норм висіву 400, 700 та 800 тис шт./га відзначено порівняно з контрольним варіантом (без інокуляції) нищу врожайність, тобто ключовий вплив у цього сорту був залежно від норми висіву насіння.

Оптимальну врожайність у сорту Аратта в середньому за роки досліджень забезпечила норма висіву насіння 600 тис шт./га, інокуляція насіння + $N_{30}P_{40}$ показник становив 3,12 т/га. Для сорту сої Софія кращими виявилися аналогічний фон живлення та норма висіву насіння 500 тис шт./га. Тому слід констатувати факт потреби більшої площі живлення середньостиглого сорту порівняно із середньораннім.

Мінімальні значення врожайності відзначено на варіантах без інокуляції насіння за норм висіву 400 та 800 тис шт./га з урожайністю 2,43–3,01 т/га (залежно від сорту та фону живлення).

Експериментально доведено, що азот суттєво впливає на вміст білка в насінні сої: він є основною сировиною для синтезу білків, тому його достатнє забезпечення в контексті загальної врожайності корелює з підвищенням вмісту білка в зерні. Однак надлишок мінерального азоту може пригнічувати азотфіксацію з повітря, що призводить до зниження якості та кількості білка в сої. Оптимальний вміст білка 39,8% був у сорту сої Софія на варіанті фону живлення $N_{30}P_{40}$ + інокуляція з нормою висіву насіння 600 тис шт./га. У сорту Аратта оптимальний вплив на показник мав аналогічний варіант, проте показник поступався на 1,6%. На варіантах без інокуляції та удобрення вміст білка був істотно менший, у сорту Аратта він знаходився в межах 37,8–38%, а у сорту Софія – 38,1–38,3%.

Проведений нами тест Дункана показав, що за фактором А (сорт) різниця в урожайності була істотною, оскільки значення розподілилися в різних гомогенних групах (табл. 2).

Таблиця 2. Залежність урожайності зерна сої залежно від сорту за тестом Дункана (2020–2024 рр.)

Сорт (А)	Урожайність, т/га	Гомогенні групи	
		I	II
Аратта	2,84	***	
Софія	2,60		***

Фактор В (фон живлення) мав істотний вплив на врожайність зерна сої, за тестом Дункана показники розподілилися так: у першій гомогенній групі варіант інокуляція + $N_{30}P_{40}$ із середнім значенням 2,95 т/га, у другій групі – інокуляція + $N_{60}P_{40}$ із показниками відповідно 2,7 та 2,68 т/га, між якими різниця виявилася не істотною, у третій групі був контрольний варіант (табл. 3).

Таблиця 3. Залежність урожайності зерна сої залежно від фону живлення за тестом Дункана (2020–2024 рр.)

Фон живлення (В)	Урожайність, т/га	Гомогенні групи		
		I	II	III
без інокуляції	2,55			***
інокуляція	2,70		***	
інокуляція + $N_{30}P_{40}$	2,95	***		
інокуляція + $N_{60}P_{40}$	2,68		***	

Тест Дункана за фактором С (норма висіву насіння) показав, що середні значення врожайності знаходилися в межах 2,65–2,80 т/га (табл. 4).

Таблиця 4. Залежність урожайності зерна сої залежно від норми висіву насіння за тестом Дункана (2020–2024 рр.)

Норма висіву насіння (С)	Урожайність, т/га	Гомогенні групи		
		I	II	III
400	2,65			***
500	2,77		***	
600	2,80	***		
700	2,73		***	
800	2,65			***

Оптимальна врожайність була за норми висіву 600 тис шт./га – 2,8 т/га, не істотно відрізнялися показники за норм висіву насіння 500 та 700 тис шт./га (друга гомогенна група), також ідентичні значення були у третій групі – за норм висіву 400 та 800 тис шт./га. Урожайність зерна сої за норми висіву 400 тис шт./га сформувалася за рахунок кращих біометричних показників, зокрема більшої кількості бобів, тоді як за норми висіву 800 тис шт./га – за рахунок більшої кількості рослин на гектарі посіву.

Висновки. У результаті проведених обліків урожайності зерна сої встановлено, що для сорту сої Аратта оптимальною виявилася норма 600 тис шт./га, яка забезпечила врожайність у межах 2,68–3,12 т/га, а для сорту Софія – норма висіву 500 тис шт./га, де отримано врожайність 2,7–3,14 т/га. Щодо впливу фону живлення оптимальний варіант для обох досліджуваних сортів $N_{30}P_{40}$ + інокуляція препаратом Ризоактив+ природи врожайності у розрізі сортів становили: Аратта – 0,44 та Софія – 0,45 т/га.

Список використаних джерел

1. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності / Г.М. Заболотний та ін. Вінниця, 2020. 276 с.
2. Сортові ресурси сої Поділля / А.О. Бабич та ін. *Посібник українського хлібороба*. 2015. № 1. С. 153–156.
3. Верхолук С.Д., Панцирева Г.В. Дослідження сортів сої за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. 2021. Вип. 68. С. 215–218.
4. Вишнівський П.С., Фурман О.В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Вип. 11(1). С. 13–22. <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.013>
5. Глушак З.І. Оптимізація густоти стояння рослин сої залежно від групи стиглості сорту для умов північно-східної частини Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 23–25. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuic_2020_2_6
6. 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. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2022_1_8
7. Соя : монографія / В.Ф. Петриченко та ін. Вінниця : Діло, 2016. 392 с.
8. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навчальний посібник. 4-е вид., випр., доп. Львів : Українські технології, 2014. 492 с.
9. Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Волинець Є.О., Федюк В.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на густоту стояння та висоту рослин сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 168–174. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.18>
10. Федорук І.В. Вплив інокуляції насіння на врожай сої. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2019. № 108. С. 108–116. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.15>
11. 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. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-7>
12. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив системи удобрення на проходження фаз росту і розвитку сортів сої та на коефіцієнт збереження рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 13. С. 119–133.

Ivasyk M. V.

Postgraduate Student at the Department of Plant Breeding, Breeding and Seed Production,
Higher educational institution "Podilskyi State University"

Kamyans-Podilskyi, Ukraine

ORCID: 0000-0001-6119-9218

Khomina V. Ya.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Plant Breeding, Breeding and Seed Production,
Higher educational institution "Podilskyi State University"

Kamyans-Podilskyi, Ukraine

E-mail: homina13@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8698-0008

SOYBEAN GRAIN YIELD DEPENDING ON VARIETY, NUTRIENT BACKGROUND AND SEEDING RATE UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE ZONE

Abstract

Soybean is the most widespread and profitable legume crop, enjoying high demand both on the Ukrainian and global markets. This drives significant scientific and agricultural interest in improving technological practices that enhance grain yield, technological parameters, and chemical composition – particularly protein content.

The research article presents an analysis of optimizing elements of soybean cultivation technology under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The experimental design included the following factors: variety (Factor A): Aratta (medium-early) and Sofiia (medium-maturing); nutrient background (Factor B): without inoculation, inoculation, N30P40 + inoculation, and N₆₀P₄₀ + inoculation; seeding rate (Factor C): 400, 500, 600, 700, and 800 thousand seeds per hectare.

According to the obtained yield data, the optimal seeding rate for the Aratta variety was 600 thousand seeds/ha, providing yields within 2.68–3.12 t/ha, while for Sofiia the optimal rate was 500 thousand seeds/ha, resulting in yields of 2.70–3.14 t/ha.

Regarding the nutrient background, the most effective treatment for both varieties was N₃₀P₄₀ + inoculation with the Rhizoaktiv+ preparation, which increased grain yield by 0.44 t/ha for Aratta and 0.45 t/ha for Sofiia.

Experimental data confirmed that nitrogen supply significantly affects soybean seed protein content, as nitrogen is the key element for protein synthesis. Adequate nitrogen availability, correlated with higher overall productivity, increases protein accumulation in seeds. However, excessive mineral nitrogen may suppress atmospheric nitrogen fixation, leading to reduced protein quality and quantity.

The optimal protein content (39.8%) was recorded in the Sofia variety under the N30P40 + inoculation treatment with a seeding rate of 600 thousand seeds/ha. For the Aratta variety, the same treatment produced slightly lower results, by 1.6%. Treatments without inoculation and fertilization showed significantly lower protein levels – 37.8–38.0% for Aratta and 38.1–38.3% for Sofia.

Key words: soybean, variety, inoculation, nutrient background, seeding rate, grain yield, protein content.

References

1. Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannya soi ta shliakhy maksimalnoi realizatsii yii produktyvnosti (2020). [Agrobiological principles of soybean cultivation and ways to maximize its productivity] / H. M. Zabolotnyi et al. Vinnytsia. 276 p. [in Ukrainian].
2. Babych, A.O., Ivaniuk, S.V., Temchenko, I.V., Semtsov, A.V., Vilhota, M.V., Kokhaniuk, N.V., Zadorozhna, I.S. (2015). Sortovi resursy soi Podillia [Soybean varietal resources of Podillia]. Posibnyk Ukrainskoho khliboroba [Ukrainian Farmer's Handbook], (1), 153–156. [in Ukrainian].
3. Verkholiuk, S.D., Pansyryeva, H.V. (2021). Doslidzhennia sortiv soi za kompleksom hospodarsko-tsinnnykh oznak v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Evaluation of soybean varieties by a complex of economically valuable traits under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. In Vitchyzniana nauka na zlami epokh: problemy ta perspektyvy rozvytku: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Domestic Science at the Turn of Eras: Problems and Prospects of Development: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference], Vol. 68, pp. 215–218 [in Ukrainian].
4. Vyshnivskiy, P.S., & Furman, O.V. (2020). Produktivnist soi zalezno vid elementiv tekhnolo-hii vyroshchuvannya v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity of soybeans depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the RightBank Forest-Steppe of Ukraine]. *Roslynnystvo ta gruntoznavstvo [Horticulture and Soil Science]*, 11 (1), 13–22.. <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.013> [in Ukrainian]
5. Hlupak, Z.I. (2020). Optymizatsiia hustoty stoiannia roslyn soi zalezno vid hrupy styhlosti sortu dlia umov pivnichno-skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Optimization of soybean plant density depending on maturity group for the north-eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva [Bulletin of Uman National University of Horticulture]*, (2), 23–25. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc_2020_2_6. [in Ukrainian].
6. Mazur, V.A., Tkachuk, O.P., Didur, I.M., Pansyryeva, H.V. (2021). Tekhnolohichnist ta ahroekolohichna stiikist skorostyhylykh sortiv soi [Technological and agroecological stability of early-maturing soybean varieties]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]*, 4(23), 96–111 http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2022_1_8 [in Ukrainian].
7. Petrichenko V.F., Lihochvor V.V., Ivanjuk S.V. ta inshi (2016). Soja [Soybean]. Vinnytsia, Dilo, 392 p. [in Ukrainian].
8. Petrichenko V.F., Lihochvor V.V. (2014). Roslinnytvo. Tehnologii viroshhuvannya sil'skogospodars'kih kul'tur : navch. posib 4-te vid., vipr., dopov. [Plant growing. Technologies for growing crops]. L'viv: NFF «Ukrains'ki tehnologii», 492 p. [in Ukrainian].
9. Tkachuk, O.P., Pansyryeva, H.V., Volynets, Ye.O., Fediuk, V.V. (2024). Vplyv tekhnolohichnykh pryimiv vyroshchuvannya na hustotu stoiannia ta vysotu roslyn soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of cultivation practices on plant density and height of soybean under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychyykh nauk [Ukrainian Journal of Natural Sciences]*, (7), 168–174. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.18> [in Ukrainian].
10. Fedoruk I.V. (2029). Vplyv inokuljatsii nasinnja na vrozhaj soi [Influence of seed inoculation on soybean harvest]. *Tavrijs'kij naukovij visnyk. Sil's'kogospodars'ki nauki [Taurian Scientific Bulletin. Agricultural sciences]*, Herson, no 108. p. 108–116. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.15> [in Ukrainian].
11. Fedoruk, I.V., Khmelianchyshyn, Yu.V., Horodyska, O.P. (2020). Osoblyvosti rostu i rozvytku roslyn soi zalezno vid sortu ta elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya [Features of growth and development of soybean plants depending on variety and cultivation technology elements]. *Podilskyi visnyk: sil'ske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika [Podillia Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics]*, (33), 54–61. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-7> [in Ukrainian].
12. Tsyhanska, O.I. Tsyhanskyi V.I. (2019). Vplyv systemy udobrennia na prokhodzhennia faz rostu i rozvytku sortiv soi ta na koefitsient zberezhennia roslyn [Influence of fertilization system on growth and development phases of soybean varieties and plant survival coefficient]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and Forestry]*, (13), 119–133 [in Ukrainian].

Отримано: 06.10.2025

Рекомендовано: 05.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633:004.9:378.147

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.10>**Козіна Т. В.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: tana_olena@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9376-607X

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ MOODLE У ФОРМУВАННІ ФАХОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ АГРОНОМІВ

Анотація

Суспільство вступило у важливий період – розвиток цифровізації. У сучасному освітньому середовищі під час переходу на змішане або дистанційне навчання виникає проблема створення новітніх цифрових технологій для ефективної роботи викладача. Це зумовило необхідність обов'язкового використання цифрових технологій в освіті, які спонукають до застосування нових е-інструментів викладання (проведення занять в online та offline-режимах) і робить освітній процес цікавим та ефективним. У контексті подальшої перспективи навчання попит на доступну якісну освіту дедалі зростає, що набуває особливої актуальності створення нових цифрових освітніх ресурсів, згідно із загальноєвропейськими стандартами викладання та формування цифрової компетентності.

Стаття аналізує організацію навчання та використання дистанційного навчального курсу «Плодівництво» цифрової платформи Moodle для спеціальності Н1 «Агрономія» у Закладі вищої освіти «Подільський державний університет» (далі – заклад), яка проводиться відповідно до вимог економічного та соціального розвитку України, щодо розвитку галузі на основі інтенсифікації спеціалізованих господарств різних категорій, використання досягнень науки, провідного вітчизняного і світового досвіду, а також потреб промисловості і населення в продукції плодівництва.

Нові технології, глобалізація та нові ідеї щодо навчання за допомогою електронних засобів навчання, навчальний матеріал яких зберігається, відтворюється і подається з використанням сучасних технічних засобів, поставили виклики традиційним підходам у практиці дистанційної освіти.

Застосування дистанційних платформ і цифрових технологій навчання стає не просто актуальним, а й життєво необхідним та невіддільним складником як для української системи освіти, так і для світової освітньої спільноти.

Ключові слова: цифровізація, цифрові технології, система Moodle, дистанційне навчання, плодівництво.

Вступ. Останніми роками освітня система України стикнулася з багатьма викликами, що вплинули на роботу установ, зокрема, всесвітньою пандемією, карантинними обмеженнями, страшною війною. Ці події змусили міняти вектор освітнього процесу на більш інноваційний та впроваджувати цифрові технології для здобувачів вищої освіти (далі – здобувач) за денною та заочною формами навчання згідно із ліцензованими та акредитованими напрямками та спеціальностями Н1 «Агрономія» закладу за освітнім ступенем «Бакалавр» відповідно до вимог державних стандартів освіти.

Вже тоді під час карантину заклад почав впроваджувати дистанційну роботу, важливим елементом було забезпечення безперервної та якісної комунікації між усіма та відмінного функціонування всього закладу. Вже тоді стало зрозуміло, що потрібно впроваджувати сучасні технології та мобільні додатки для забезпечення постійного взаємозв'язку зі здобувачами.

Метою цього дослідження є визначення результативності організації навчання за допомогою цифрових освітніх технологій дистанційних навчальних курсів цифрової платформи Moodle для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Н1 «Агрономія».

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні стрімкий розвиток комп'ютерних технологій різноманітного програмного забезпечення дає дуже широкі можливості для підвищення ефективності навчання. Використання інноваційних технологій сприяє удосконаленню освітнього процесу в закладі щодо вивчення навчальної дисципліни «Плодівництво», яка посідає ключове місце у обов'язковій дисципліні на факультеті агро-технологій і природокористування та є високорентабельною галуззю сільськогосподарського виробництва.

Інформатизація сучасного суспільства суттєво поглибила процеси впровадження інформаційних дистанційних форм навчання в освітньому просторі закладу [10]. Платформа Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), що розроблена для створення освітніх вебсайтів та онлайн-курсів, найчастіше використовується для організації дистанційного навчання здобувачів вищої освіти спеціальності Н1 «Агрономія».

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач набуває такі компетентності:

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми агрономії, що передбачає застосування теорій та методів відповідної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК 7. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 8. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

СК 1. Здатність використовувати базові знання основних підрозділів аграрної науки (рослинництво, землеробство, селекція та насінництво, агрохімія, плідівництво, овочівництво, ґрунтознавство, кормовиробництво, механізація в рослинництві, захист рослин).

СК 4. Здатність застосовувати знання та розуміння фізіологічних процесів сільськогосподарських рослин для розв'язання виробничих технологічних задач [5].

Застосування комп'ютерних технологій буде підвищувати активність здобувача освіти і призведе до перебудови освітнього процесу в контекст самостійних форм навчання, що підвищує якість та ефективність навчання майбутніх кваліфікованих здобувачів, їхню конкурентоспроможність на ринку праці [2].

В умовах дистанційного навчання активна роль викладача не зменшується, оскільки він повинен визначити рівень знань здобувача та скоригувати програму навчання таким чином, щоб домогтися найкращого засвоєння навчального матеріалу. За необхідності здобувач освіти може отримувати консультативну допомогу викладача, спілкуючись з ним в онлайн-режимі або використовуючи Інтернет як засіб зв'язку. Для успішного оволодіння студентами знаннями в умовах дистанційного навчання у закладі успішно використовується платформа Moodle [3; 8].

Платформа Moodle містить значну кількість різноманітних навчальних навігацій, які створюють діалог та співпрацю між викладачем та здобувачами. За допомогою платформи викладач може вибирати будь-який модуль, розміщувати його на сайті, редагувати, оновлювати, використовувати для інформування, навчання та оцінювання здобувачів.

Науково-педагогічний працівник, що проводить заняття з дисципліни спеціальності Н1 «Агрономія», розробляє та підтримує в актуальному стані освітні компоненти на платформі Moodle. Обов'язковими видами діяльності або ресурсами розробленого курсу є загальні відомості про дисципліну, анотація, робоча програма, силабус, глосарій, лекційний матеріал, практичні та/або лабораторні роботи у вигляді відеозаписів або презентацій, рекомендована і допоміжна література та інтернет-ресурси, тестові питання, перелік екзаменаційних питань та створені завдання для здобувачів, тести поточного тематичного та підсумкового контролю (рисунок 1) [4; 6].

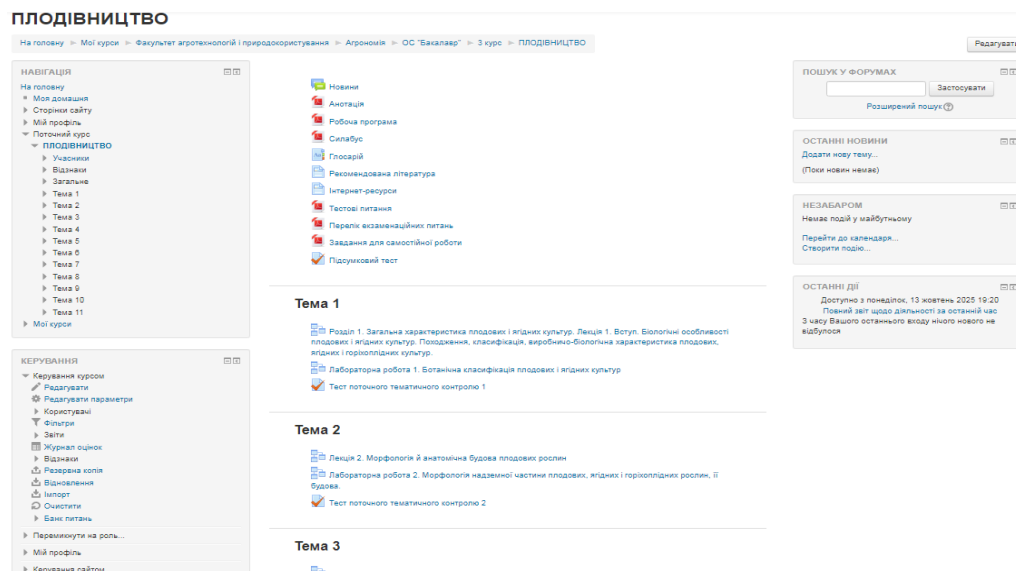


Рис. 1. Види діяльності або ресурси розробленого курсу з дисципліни «Плодівництво» спеціальності Н1 «Агрономія»

Незаперечною перевагою перерахованих видів зв'язку виступають такі фактори: можливість передавати будь-який обсяг і вид інформації, (графічний, текстовий, візуальний) на будь-які відстані; отримання доступу до різних джерел інформації за допомогою всесвітньої глобальної мережі Інтернет; можливість спілкування зі здобувачем у будь-якій частині світу [7; 1].

Метою навчальної дисципліни «Плодівництво» є формування у майбутніх фахівців вивчення біологічних, фізіологічних і господарських основ плідівництва сучасних технологій вирощування садивного матеріалу плодівих і ягідних культур, виробництва плодів і ягід.

Основними видами навчальних занять за дистанційною формою навчання є лекції, семінарські та практичні заняття, лабораторні заняття, консультації та інші.

За допомогою платформи Moodle викладався лекційний матеріал (у вигляді тексту, фотографій, анімаційних зображень), проводились лабораторні заняття, які були викладені в електронному курсі, що дало можливість здобувачам, які не були присутні, ознайомитися та виконати завдання (рисунок 2, рисунок 3).

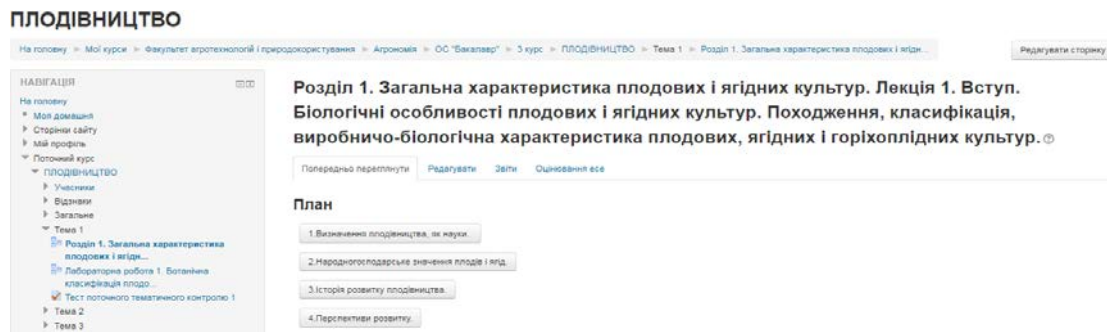


Рис. 2. Приклад матеріалів лекційного заняття з дисципліни

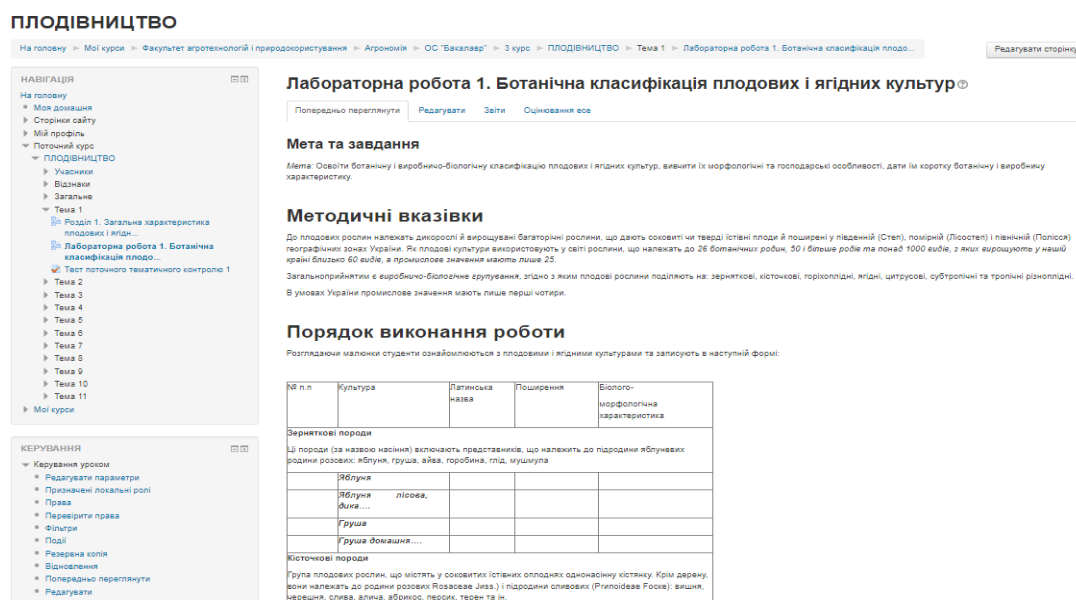


Рис. 3. Приклад матеріалів лабораторного заняття з дисципліни

Контрольні заходи під час здійснення підготовки фахівців за дистанційною формою навчання у закладі включають поточний тематичний та підсумковий контроль знань, умінь та навичок, набутих здобувачем у процесі навчання (рисунок 4, рисунок 5).

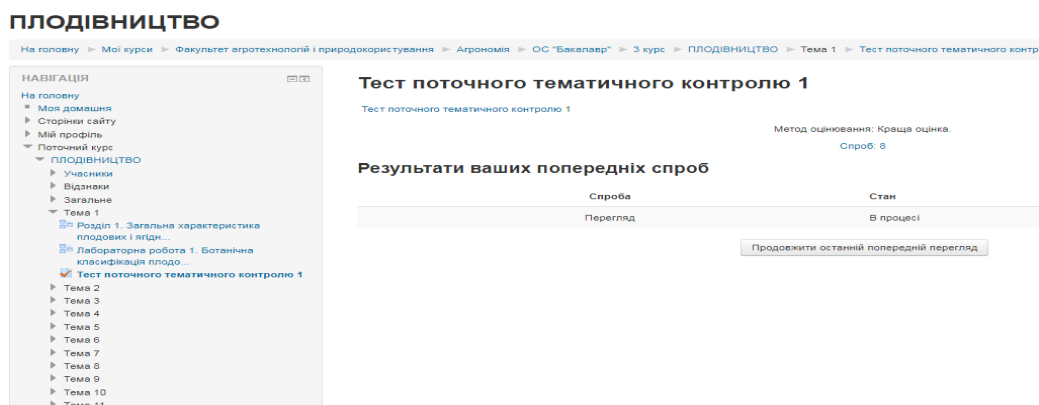


Рис. 4. Приклад поточного тематичного контролю знань



Рис. 5. Приклад підсумкового тематичного контролю знань

Платформа дозволяє використовувати в межах навчальної дисципліни форуми, слідкувати за активністю здобувачів, містить зручний для користування електронний журнал оцінок. Система орієнтована насамперед на організацію взаємодії між викладачами і здобувачами, хоча підходить і для організації традиційних дистанційних курсів, а також підтримки денної та заочної форм навчання (рисунк 6).

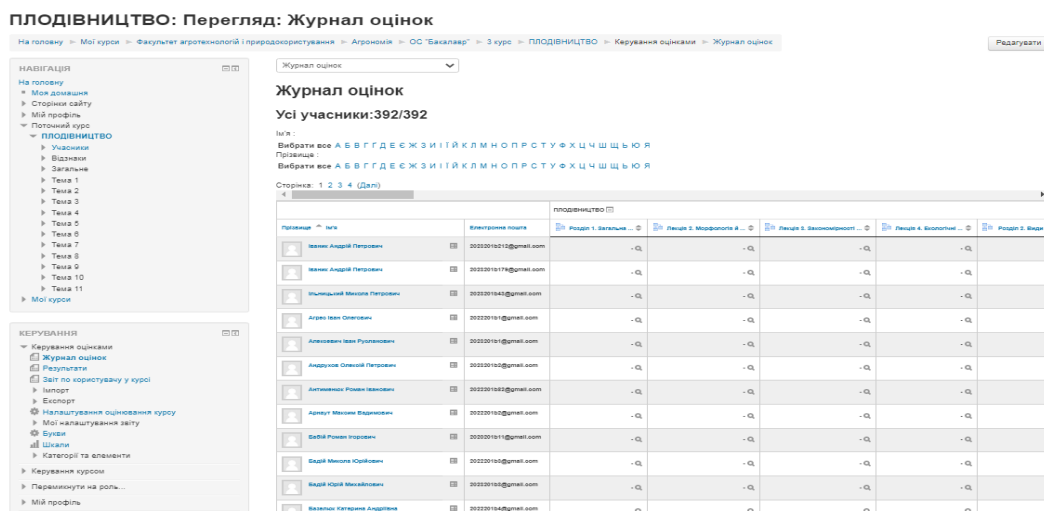


Рис. 6. Приклад журналу оцінок здобувачів

Додатковими інструментами, за допомогою яких може здійснюватися комунікація між здобувачами, є такі інформаційно-комунікаційні технології, як електронна пошта, месенджери (Viber, Telegram), відеоконференції (MS Teams, ZOOM, GoogleMeet), форуми, чати, аудіоконференції. Вебресурси, що використовуються в закладі для забезпечення освітнього процесу за дистанційною формою навчання та з використанням технологій дистанційного навчання, проходять процедуру перевірки на предмет їх відповідності вимогам до організації освітнього процесу, обговорення на засіданні науково-методичної ради [9].

Висновки. Проведене дослідження щодо визначення результативності організації навчання за допомогою цифрових освітніх технологій дистанційних навчальних курсів цифрової платформи Moodle дозволило дійти таких висновків: здобувачам вищої освіти, які навчаються за спеціальністю Н1 «Агрономія», для успішної підготовки за цією спеціальністю є прийнятною як змішана, так і дистанційна форми навчання за допомогою цифрових освітніх технологій.

Цифрові технології набувають доступності, мобільності та зручності для здобувачів. Незалежно від місця знаходження та в будь-який час за наявності Інтернету кожний здобувач отримує доступ до інформації.

Перспективами подальших досліджень є аналіз, розробка та оновлення методично-інформаційного забезпечення навчальної дисципліни «Плодівництво» спеціальності Н1 «Агрономія» для дистанційного навчання та корекція методів роботи відповідно до побажань здобувачів освіти.

Список використаних джерел

1. Вакалюк Т.А. Хмарні технології в освіті : навчально-методичний посібник. Житомир : ЖДУ, 2016. 72 с.
2. Герлянд Т.М., Липська Л.В. Перспективні напрями професійної підготовки майбутніх фахівців з використанням цифрових технологій навчання. *Управління якістю підготовки фахівців в умовах цифрової педагогіки* : збірник матеріалів

Всеукраїнської науково-методичної Інтернет-конференції, м. Харків, 22–23 грудня 2021 р. / за ред. В.М. Нагасва. ХОГО «Науковий центр дидактики менеджмент-освіти». Харків : КП «Міська друкарня», с. 17–18.

3. Деякі питання організації дистанційного навчання : Наказ Міністерства освіти і науки України від 08.09.2020 року. № 1115. *Відомості Верховної Ради*. 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0941-20#Text>.

4. Козіна Т.В. Електронний навчальний курс дисципліни «Плодівництво» для спеціальності Н1 «Агрономія» у Закладі вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2021. URL: <http://pdatu.net.ua/course/view.php?id=2269>

5. Козіна Т.В. Конспект лекцій з дисципліни «Плодівництво» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 201 «Агрономія» денної та заочної форм навчання. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2025. 148 с.

6. Козіна Т.В., Мулярчук О.І. Організація навчання з використанням цифрової платформи Moodle для спеціальності 203 «Садівництво, плодоовочівництво та виноградарство». *Цифрові трансформації та інноваційні технології в економіці (електронне видання)* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Ломжа–Харків, 14.03.2024. Ломжа : Міжнародна Академія Прикладних Наук в Ломжі; Харків : ПЗВО «Харківський технологічний університет «ШАГ», 2024. С. 243–252.

7. Кокарева А. Використання мультимедійних технологій в процесі професійної підготовки студентів в умовах пандемії. *Вісник Національного авіаційного університету. Педагогіка і психологія*. 2021. № 18. С. 76–82.

8. Про освіту : Закон України від 05.09.2017. № 2145-VIII. *Відомості Верховної Ради*. 2017. № 38–39. Ст. 380. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.

9. Романовський О.Г., Кайдалова Л.Г., Романовська О.О., Науменко Н.В. Цифрові освітні технології у підготовці майбутніх викладачів вищої школи в умовах карантину. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2022. Том 87. № 1. С. 255–277.

10. Франчук В.М., Франчук Н.П. Особливості використання системи Moodle під час змішаного навчання. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : матеріали XI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Тернопіль, 6 квітня, 2023). Тернопіль, 2023. С. 136–138. URL: https://lib.iitta.gov.ua/735062/1/Franchuk_Franchuk_Ternopil_2023-136-138.pdf.

Kozina T. V.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podillia State University"*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: tana_olena@ukr.net

ORCID: 0000-0001-9376-607X

EXPERIMENTAL SUBSTITUTION OF THE EFFECTIVENESS OF USING THE MOODLE PLATFORM IN FORMING THE PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE AGRONOMISTS

Abstract

Society has entered an important period – the development of digitalization. In the modern educational environment, when switching to blended or distance learning, the problem of creating the latest digital technologies for the effective work of the teacher arises. This has necessitated the mandatory use of digital technologies in education, which encourage the use of new e-teaching tools (conducting classes in on-line and off-line modes) and make the educational process interesting and effective. In the context of the further prospects of education, the demand for affordable high-quality education is growing, which makes the creation of new digital educational resources in accordance with European standards for teaching and the formation of digital competence particularly relevant.

The article analyzes the organization of training and use of the distance learning course "Fruit Farming" of the Moodle digital platform for the specialty H1 "Agronomy" at the Higher Education Institution "Podilsky State University" (hereinafter referred to as the Institution), which is conducted in accordance with the requirements of the economic and social development of Ukraine, regarding the development of the industry based on the intensification of specialized farms of various categories, the use of scientific achievements, leading domestic and world experience, as well as the needs of industry and the population in fruit growing products.

New technologies, globalization and new ideas regarding learning through electronic learning tools, the educational material of which is stored, reproduced and presented using modern technical means, have challenged traditional approaches in the practice of distance education.

The use of distance platforms and digital learning technologies is becoming not just relevant, but also a vital and inseparable component for both the Ukrainian education system and the global educational community.

Key words: digitalization, digital technologies, Moodle system, distance learning, fruit growing.

References

1. Vakalyuk, T.A. (2016). Khmarni tekhnolohiyi v osviti [Cloud technologies in education]. Zhytomyr: ZhDU, 72 p [in Ukrainian].
2. Gerlyand, T.M., Lipska, L.V. (2021). Perspektyvni napryamy profesynoyi pidhotovky maybutnikh fakhivtsiv z vykorystanniam tsyfrovyykh tekhnolohiy navchannya [Promising directions of professional training of future specialists using digital learning technologies]. *Upravlinnya yakystyu pidhotovky fakhivtsiv v umovakh tsyfrovoyi pedahohiky*: zbirnyk materialiv Vseukrayins'koyi naukovo-metodychnoyi Internet-konferentsiyi – *Quality management of specialist training in digital pedagogy*: collection of materials of the All-Ukrainian scientific and methodological Internet-conference], Kharkiv, December 22–23. KHOHO

«Naukovyy tsentr dydaktyky menedzhment-osvity» – KHOGO “Scientific Center of Management-Education Didactics”. Kharkiv: KP “City Printing House”, 17–18 [in Ukrainian].

3. Deyaki pytannya orhanizatsiyi dystantsiynoho navchannya: Nakaz Ministerstva osvity i nauky Ukrayiny vid 08.09.2020. № 1115 [Some issues of organizing distance learning: Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated September 8, 2020. No. 1115]. (2020, September 8). *Vidomosti Verkhovnoyi Rady – Bulletin of the Verkhovna Rada*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0941-20#Text> [in Ukrainian].

4. Kozina, T.V. (2021). Elektronnyy navchal'nyy kurs dystsypliny «Plodivnytstvo» dlya spetsial'nosti N1 «Ahronomiya» u Zakladi vyshchoyi osvity «Podil's'kyi derzhavnyy universytet» [Electronic training course in the discipline “Fruit production” for the specialty H1 “Agronomy” at the Higher Education Institution “Podilskyi State University”]. Kamianets-Podilskyi: ZVO “PSU”. Retrieved from: <http://pdatu.net.ua/course/view.php?id=2269>.

5. Kozina, T.V. (2025). Konspekt lektsiy z dystsypliny «Plodivnytstvo» dlya zdobuvachiv pershoho (bakalavrs'koho) rivnya vyshchoyi osvity za spetsial'nisty 201 «Ahronomiya» dennoyi ta zaochnoyi form navchannya [Lecture notes on the discipline “Fruit production” for applicants of the first (bachelor's) level of higher education in the specialty 201 “Agronomy” of full-time and part-time study]. Kamianets-Podilskyi: ZVO “PSU”, 148 p [in Ukrainian].

6. Kozina, T.V., Mulyarchuk, O.I. (2024). Orhanizatsiya navchannya z vykorystanniam tsyfrovoyi platformy Moodle dlya spetsial'nosti 203 «Sadivnytstvo, plodoovochivnytstvo ta vynohradarstvo» [Organization of training using the Moodle digital platform for specialty 203 “Horticulture, fruit and vegetable growing and viticulture”]. *Tsyfrovi transformatsiyi ta innovatsiyi tekhnolohiyi v ekonomitsi* [elektronne vydannya]: zbirnyk materialiv Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi – *Digital transformations and innovative technologies in the economy* [electronic edition]: collection of materials of the International Scientific and Practical Internet-conference, Lomzha, Kharkiv: PZVO “Kharkiv Technological University “SHAG”, 243–252 [in Ukrainian].

7. Kokareva, A. (2021). Vykorystannya mul'tymediynykh tekhnolohiy v protsesi profesynoyi pidhotovky studentiv v umovakh pandemiyi [The use of multimedia technologies in the process of professional training of students in the conditions of a pandemic]. *Visnyk Natsional'noho avyatsiynoho universytetu. Pedagogika i psykholohiya – Bulletin of the National Aviation University. Pedagogy and Psychology*, 18, 76–82 [in Ukrainian].

8. Pro osvitu: Zakon Ukrayiny vid 05.09.2017. № 2145-VIII [On Education: Law of Ukraine dated 05.09.2017. No. 2145-VIII]. (2017, September 05). *Vidomosti Verkhovnoyi Rady – Bulletin of the Verkhovna Rada*, 38–39. (380). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> [in Ukrainian].

9. Romanovsky, O.G., Kaydalova, L.G., Romanovska, O.O., Naumenko, N.V. (2022). Tsyfrovi osvichni tekhnolohiyi u pidhotovtsi maybutnikh vykladachiv vyshchoyi shkoly v umovakh karantynu [Digital educational technologies in the training of future higher school teachers in quarantine conditions]. *Informatsiyi tekhnolohiyi i zasoby navchannya – Information technologies and teaching aids*, 87 (1), 255–277 [in Ukrainian].

10. Franchuk, V.M., Franchuk, N.P. (2023). Osoblyvosti vykorystannya systemy Moodle pid chas zmishanoho navchannya [Features of using the Moodle system during blended learning]. *Suchasni tsyfrovi tekhnolohiyi ta innovatsiyi metodyky navchannya: dosvid, tendentsiyi, perspektivy: materialy XI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi – Modern digital technologies and innovative teaching methods: experience, trends, prospects: materials of the XI International Scientific and Practical Internet-conference*, Ternopil, April 6, 136–138. Retrieved from: https://lib.iitta.gov.ua/735062/1/Franchuk_Franchuk_Ternopil_2023-136-138.pdf [in Ukrainian].

Отримано: 30.09.2025

Рекомендовано: 03.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 641.85:658.5:004:7(075.8)

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.11>

Кушнірук Т. М.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії і землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: kuschniruk81@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3983-6070

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ КОНДИТЕРСЬКОЇ ФУД-ФЛОРИСТИКИ

Анотація

Статтю присвячено обґрунтуванню та розробленню моделі інноваційного розвитку кондитерської фуд-флористики, заснованої на інтеграції цифрових технологій у виробничі та бізнес-процеси. Методологічний базис дослідження сформовано на основі комплексного аналізу, що передбачає: аналіз впливу цифрових технологій на виробничі операції; оцінку механізмів управління ланцюгами поставок із дотриманням принципів збереження якості продукції; систематизацію практичного досвіду поширення інновацій у професійному середовищі. Доведено, що кондитерська фуд-флористика потребує інноваційних інструментів управління поставками та поширення практики в межах фахової спільноти, що посилює потенціал галузі, створюючи підґрунтя для її міжнародної інтеграції. Запропоновано дефініцію **кондитерської фуд-флористики**. Уперше представлено системну модель, яка спрямована на комплексну інтеграцію інновацій, підвищення конкурентоспроможності та формування стійкої платформи для подальшого розвитку кондитерської фуд-флористики. Установлено взаємозв'язки між технологічною трансформацією, управлінням ланцюгами поставок та інноваційною активністю професійної спільноти, що забезпечує формування стійких механізмів розвитку зазначеної галузі. У межах управління ланцюгами поставок окреслено інструменти оптимізації логістичних процесів, що забезпечують економію ресурсів і підвищують ефективність системи постачання. Обґрунтовано, що застосування цифрових технологій (зокрема, 3D-проектування, автоматизації виробничих процесів, онлайн-сервісів) у розробленні та виготовленні продукції сприяє підвищенню конкурентоспроможності галузі завдяки оптимізації витрат, поліпшенню якості та розширенню доступу до внутрішнього й міжнародного ринків.

Ключові слова: кондитерська фуд-флористика, фуд-дизайн, інновації, цифрові технології, автоматизація, онлайн-сервіс, ланцюг поставок, якість продукції, професійне співтовариство.

Вступ. Розвиток креативних індустрій в умовах інтенсивної цифровізації економіки зумовлює потребу в пошуку інноваційних рішень, здатних поєднувати технологічні досягнення та креативний потенціал. Кондитерська фуд-флористика, що сформувалася на перетині гастрономії, мистецтва та підприємництва, постає однією з перспективних сфер такого поєднання. Її успішне функціонування потребує не лише впровадження сучасних цифрових технологій у виробничі процеси, а й розроблення адаптивних моделей, що враховують специфіку індустрії та забезпечують ефективне використання інноваційних ресурсів. У цьому контексті інноваційні підходи виступають як ключовий інструмент конкурентної боротьби та основа для забезпечення сталого розвитку в довгостроковій перспективі. Визначальним чинником стає інтеграція цифрових технологій та автоматизованих рішень, які здатні трансформувати виробництво і логістику продукції, підвищити її якість, доступність та конкурентоспроможність на внутрішньому і міжнародному ринках.

У науковій літературі відзначається недостатня увага до системного аналізу можливостей застосування цифрових технологій у сфері фуд-флористики. Незважаючи на активне дослідження цифровізації в інших сегментах креативної економіки, інтеграція таких інструментів, як 3D-проектування, автоматизація та цифрові платформи, у процеси розроблення та реалізації продукції у фуд-флористичі залишається недостатньо вивченою. Це суттєво обмежує розуміння шляхів інтеграції інновацій для підвищення ефективності виробництва, якості продукції та стійкості розвитку галузі.

Мета роботи – розроблення інноваційної моделі розвитку кондитерської фуд-флористики з інтеграцією цифрових технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Термін «кондитерський фуд-дизайн» є новим і недостатньо дослідженим науковою спільнотою поняттям. Однак, з огляду на сучасні тенденції, його можна визначити як практику інтеграції елементів кулінарії, флористики та мистецтва оформлення їжі. Так, вітчизняні автори Т. Бровенко та А. Антоненко розглядають фуд-дизайн як міждисциплінарну галузь, що поєднує кулінарне мистецтво, культуру гостинності, дизайн середовища та гастрономічну культуру. Вони наголошують, що фуд-дизайн – це не лише естетика їжі, а й соціокультурне явище, яке формує досвід споживання [1]. У цьому ж контексті автори роботи [7] трактують фуд-дизайн як спосіб

репрезентації національної ідентичності через їжу та підкреслюють, що це не лише про форму, а й про зміст, символіку та культурну пам'ять, яку несе їжа. Водночас Ф. Заполло визначає фуд-дизайн як дизайн усього, що ідентифікується з їжею та актом її споживання, розширюючи поняття до дизайну процесів, середовищ, досвіду, упаковки, емоцій, а її підхід – системний і філософський [11]. Автори ж статті [8] розглядають фуд-дизайн через призму дизайн-мислення, визначаючи його як методологію, що інтегрує споживача в процес створення продукту, з фокусом на інновації, сталий розвиток та освіту. У публікації [10] науковці розглядають фуд-дизайн як інструмент оптимізації харчових технологій, упаковки та сенсорного сприйняття продукту й зосереджується на технічному аспекті – як дизайн впливає на якість, безпеку та привабливість продукту. У статті [9] автор трактує фуд-дизайн як інструмент для трансформації харчових систем, акцентуючи на людиноцентричному дизайні, що враховує потреби, досвід і контекст споживача, та стверджує, що фуд-дизайн – це спосіб покращити взаємодію з їжею на всіх рівнях – від продукту до середовища.

Водночас у науковій літературі практично відсутня згадка про таку нову галузь, як кондитерська фуд-флористика. Однак дослідники відзначають численні аспекти залучення цифрових технологій до процесу розроблення продукції. Так, у дослідженні [2] аналізується розвиток Індустрії 5.0 як засобу підвищення ефективності виробничих стандартів. Відзначається, що цифровізація та автоматизація бізнес-процесів сприяють зниженню витрат, оптимізації взаємодії між різними рівнями управління та забезпечують оперативну адаптацію підприємств до вимог сучасного ринку та викликів зовнішнього середовища. О. Шапуров виділяє переваги цифрових двійників в управлінні виробничими процесами, оскільки віртуальне моделювання дає змогу прогнозувати результати, зменшувати проєктні помилки та підвищувати конкурентоспроможність підприємства через поліпшення якості продукції [6]. Своєю чергою, Г. Осокін [4] зосереджує увагу на цифровізації ланцюгів поставок, яка підвищує прозорість бізнес-процесів, а застосування концептуальної моделі поставок дає змогу підприємствам оптимізувати витрати та скоротити строки виконання замовлень. Т. Пушкар підкреслює роль цифрових платформ у поліпшенні клієнтського досвіду, що сприяє зростанню задоволеності споживачів та оптимізації внутрішніх бізнес-процесів, створюючи передумови для сталих довгострокових взаємовідносин із клієнтами [5].

Зважаючи на відсутність усталеного підходу та чіткого визначення терміна серед науковців, автором запропоновано дефініцію кондитерської фуд-флористики як різновиду фуд-дизайну та напряду кондитерського мистецтва, що поєднує технології виготовлення солодких виробів із художньо-естетичними принципами флористики з метою створення їстівних декоративних композицій. Цей термін включає низку понять сучасного фуд-дизайну, зокрема міждисциплінарність, соціокультурну ідентичність, дизайн-мислення і людиноцентричність. У цьому контексті для формування стійкої основи розвитку кондитерської фуд-флористики важливо зосередитися на виробничих процесах, цифрових технологіях та інноваційних рішеннях.

Інтеграція цифрових технологій у процес розроблення продукції. Розвиток кондитерської фуд-флористики потребує упровадження інноваційних рішень для подолання традиційних обмежень у розробленні та виробництві продукції. Запропонований підхід, заснований на інтеграції цифрових технологій, зокрема 3D-проєктування, автоматизації та онлайн-сервісів, трансформує бізнес-процеси та дає змогу створювати продукцію, максимально адаптовану до запитів цільової аудиторії, що підсилює конкурентні переваги галузі. Застосування 3D-проєктування забезпечує точне моделювання композицій, створення віртуальних прототипів, які візуалізують кінцевий продукт, та зменшення ризику помилок, одночасно спрощуючи взаємодію з клієнтами.

Очевидною перевагою 3D-проєктування є його здатність інтегрувати технологічні параметри матеріалів. Для кондитерської фуд-флористики це означає можливість урахувати фізичні властивості матеріалів, зокрема температуру плавлення шоколаду, щільність карамелі тощо. Віртуальні моделі дають змогу протестувати стійкість декоративних елементів і надійність конструкцій. Практика підтверджує, що інтеграція технологічних і дизайнерських аспектів підвищує якість кінцевої продукції та знижує витрати виробництва.

Водночас 3D-проєктування дає змогу стандартизувати складні елементи дизайну та прискорити їх масове виробництво: цифрові моделі орнаментів зберігаються й відтворюються за потреби в рамках серійного виробництва, що спрощує масштабування бізнесу та робить ексклюзивні продукти доступнішими. Таким чином, цей підхід підвищує точність і встановлює нові стандарти роботи в галузі.

Автоматизація бізнес-процесів у кондитерській фуд-флористиці підвищує ефективність виробництва та знижує витрати на ручну працю. Використання спеціалізованого обладнання для виготовлення декоративних елементів, зокрема їстівних квітів із безе, шоколаду, мармеладу, зефіру або карамелі, забезпечує високу повторюваність операцій і збереження естетичних характеристик продукції, що особливо важливо під час виконання великомасштабних замовлень.

Інтеграція автоматизації сприяє поліпшенню санітарних умов виробництва, зменшуючи контакт людини з продуктом та знижуючи ризики забруднення. У кондитерській фуд-флористиці, де естетичний складник поєднується з високою цінністю сировини, автоматизація також забезпечує збереження якості продукції та підтримку репутації бренду.

Ще одним аспектом автоматизації є інтеграція інтелектуальних систем контролю у виробничі процеси, що дає змогу відслідковувати параметри в реальному часі, зокрема температуру плавлення шоколаду та вологість приміщень, де створюються їстівні композиції. Це зменшує кількість браку, оптимізує використання ресурсів та сприяє зниженню собівартості продукції.

Одним із ключових елементів запропонованого підходу є використання онлайн-сервісів, що забезпечують взаємодію зі споживачами та оптимізують продажі. Зокрема, у запропонованій моделі розвитку кондитерської фуд-флористики цифрові платформи дають змогу персоналізувати замовлення через онлайн-конструктори, де клієнти вибирають матеріали, кольори та форми виробів, що підвищує зручність, інтерактивність процесу і рівень споживчої лояльності.

Сервіси електронної комерції розширюють географію продажів нішевих продуктів, зокрема у фуд-флористиці, забезпечуючи просування, інтеграцію доставки та зручність замовлення, а також генеруючи дані про споживчі переваги, що використовуються для прогнозування попиту і розроблення нових продуктів, виступаючи одночасно інструментом взаємодії та стратегічного розвитку бізнесу.

Отже, інтегрування цифрових технологій, зокрема 3D-проектування, автоматизації та онлайн-сервісів, трансформує кондитерську фуд-флористику, відкриваючи нові можливості для розвитку галузі та зміцнення її ринкових позицій. Запропонований підхід демонструє, як інновації слугують інструментом адаптації до мінливих умов і формування майбутнього галузі, де цифровізація та трансформація бізнесу виступають ключовими драйверами конкурентоспроможності.

Управління логістикою та якістю продукції. Для розвитку кондитерської фуд-флористики важливі впровадження сучасних технологій та оптимізація логістичних і виробничих процесів [4], що підвищує стійкість бізнесу, особливо в умовах високої конкуренції та зростаючих вимог споживачів [4; 5]. Запропонований підхід до цих аспектів спрямований на створення гнучкої, адаптивної системи, яка дає змогу скоротити витрати, підвищити оперативність поставок і зберегти незмінну якість кінцевого продукту.

Ефективне управління ланцюгом поставок у рамках запропонованої інноваційної моделі розвитку кондитерської фуд-флористики передбачає створення внутрішньої централізованої цифрової платформи, яка об'єднує всіх учасників процесу – від постачальників сировини до кінцевих дистриб'юторів. Це дає змогу оптимізувати процеси замовлення, зберігання й транспортування матеріалів, а також знижувати ризики втрат, що особливо важливо для швидкопсувної сировини.

Цифрова система управління ланцюгом поставок дає змогу автоматично оновлювати дані про наявність таких сезонних інгредієнтів, як свіжі фрукти або натуральні їстівні квіти, інтегрувати прогнози попиту на основі продажів і сезонних коливань, що забезпечує точне планування закупівель та знижує витрати на зберігання [3]. Таким чином, управління поставками стає стратегічним інструментом підвищення економічної ефективності бізнесу в галузі кондитерської фуд-флористики. У межах комплексного підходу використовуються інтелектуальні системи моніторингу з датчиками температури й вологості на всіх етапах логістичного ланцюга, що забезпечує контроль умов зберігання та транспортування і своєчасне виявлення порушень [3].

Важливим аспектом, пов'язаним з якістю, є стандартизація виробничих бізнес-процесів. Модель передбачає впровадження уніфікованих технологічних карт для створення декоративних елементів, що дає змогу зберегти ідентичність та якість продукції навіть за масштабування бізнесу. Для преміум-сегмента, де візуальна привабливість та органолептичні властивості продукції критично важливі, збереження її якості тісно пов'язане з впровадженням екологічно стійких рішень, що відображає сучасні тренди розвитку галузі. Використання біоматеріалів для упаковки, переробка виробничих відходів у декоративні елементи та зменшення вуглецевого сліду транспортування стають невід'ємною частиною інноваційної моделі розвитку кондитерської фуд-флористики.

Таким чином, управління ланцюгом поставок і збереження якості продукції є ключовими елементами запропонованої моделі розвитку кондитерської фуд-флористики, яку візуально можна подати у вигляді схеми (рис. 1).



Рис. 1. Модель інноваційного розвитку кондитерської фуд-флористики

Інтеграція цифрових платформ, управління логістикою, прогнозування попиту, стандартизація та екологічність формують основу для сталого зростання галузі. Вплив запропонованого підходу виражається у вирішенні поточних робочих завдань і формуванні нового стандарту для галузі, коли якість та інновації стають основою довіри та лояльності споживачів.

Поширення інноваційного досвіду в професійному співтоваристві. Поширення інноваційного досвіду є ключовим етапом розвитку кондитерської фуд-флористики, молоді і динамічної сфери, що об'єднує різні професійні спільноти: флористів, кондитерів, технологів і дизайнерів. Авторська методика, заснована на синтезі передових технологій, креативних рішень і практичних інструментів, демонструє, як накопичені знання можуть впливати на розвиток галузі, формувати нові стандарти якості та стимулювати інноваційний розвиток бізнесу.

Рекомендується поширювати професійний досвід через авторські онлайн-курси, що поєднують теоретичні знання з практикою, включаючи демонстрацію сучасних технологій (зокрема 3D-проектування) та розроблення індивідуальних рішень. Використання професійних платформ і механізмів зворотного зв'язку підвищує практичну значущість навчання та сприяє швидкому професійному зростанню. Доцільним є упровадження спільних проєктів із малими підприємствами для апробації нових технологій, зокрема автоматизації пакування, що забезпечує оптимізацію виробничих процесів, зменшення витрат на ручну працю і підвищення рентабельності. Такий підхід демонструє ефективність цифрових рішень у розвитку навіть невеликих студій (малих підприємств).

Ефективним інструментом розвитку професійного середовища є організація неформальних зустрічей флористів-кондитерів для обміну досвідом. Такі заходи сприяють формуванню стандартів якості у фуд-флористиці, стимулюють використання натуральних інгредієнтів та ініціюють колаборації між студіями, зміцнюючи професійну спільноту. Важливим інструментом поширення інновацій є участь у професійних виставках, де презентуються авторські роботи з використанням цифрових технологій. Поєднання демонстрації готової продукції та пояснення процесів її створення сприяють інтеграції цифрової візуалізації у галузі та формує підґрунтя для розроблення нових освітніх програм. У підсумку слід зазначити, що участь у поширенні інноваційного досвіду сприяє обміну знаннями, формує професійне середовище взаємодії та навчання. Авторський підхід трансформує ринок кондитерської фуд-флористики та визначає нові орієнтири його розвитку.

Висновки. Розвиток кондитерської фуд-флористики на основі запропонованої інноваційної моделі підкреслює ключову роль запропонованого підходу в її трансформації у самостійну й перспективну галузь. Інтеграція цифрових технологій, включаючи 3D-проектування, автоматизацію та онлайн-сервіси, формує платформу для підвищення ефективності та гнучкості виробничих процесів, що дає змогу розробляти унікальні продукти з високою доданою вартістю. Управління ланцюгами поставок і впровадження інструментів контролю якості підсилюють конкурентні переваги, що забезпечує стабільність та довіру клієнтів. Поширення інноваційного досвіду в професійному співтоваристві стимулює обмін знаннями і прискорює упровадження передових рішень у практичну діяльність. Таким чином, представлена модель демонструє, як стратегічно спрямовані дії здатні сформувати стійку основу для розвитку кондитерської фуд-флористики, що поєднує у собі креативні, технологічні та організаційні аспекти.

Список використаних джерел

1. Бровенко Т., Антоненко А. Фуд-дизайн як актуальний напрям міждисциплінарних досліджень. *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв*. 2021. № 4. С. 132–136. DOI: <https://doi.org/10.32461/2226-3209.2.2018.161615>.
2. Горбась І.М., Ліннік М.С. Автоматизація бізнес-процесів підприємства з використанням методики стохастичного моделювання та техніки WorkFlow – EPC. *Бізнес Інформ*. 2021. № 2. С. 216–222. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-2-216-222>.
3. Кадюк З.І. Управління запасами на виробничому підприємстві: взаємозв'язок із плануванням продажів та виробництва. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 75. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-71>.
4. Осокін Г.В. Цифровізація ланцюгів постачання як фактор трансформації бізнес-моделей. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 64. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-62>.
5. Пушкар Т.А. Цифрові платформи як інструмент оптимізації стратегічних рішень підприємств у контексті розвитку бізнесу. *Сталий розвиток економіки*. 2025. № 2(53). С. 213–220. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-53-29>.
6. Шапуров О.О. Промислові інновації: інтернет речей, блокчейн, цифровий двійник. *Трансформаційна економіка*. 2023. № 5(05). С. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-5-20>.
7. Batat W., Addis W. Designing food experiences for well-being: a framework advancing design thinking research from a customer experience perspective. *European Journal of Marketing*. 2021. Vol. 55. DOI: <https://doi.org/10.1108/EJM-12-2020-0893>.
8. Castanho A., Ferreira J., Costa C. Food Design Thinking: A Systematic Review. *Foods*. 2024. Vol. 13, № 15. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13152446>.
9. Parasecoli F. Food design, nutrition, and innovation. *Frontiers in Public Health*. 2022. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1039795>.
10. Sijtsema S., Fogliano V., Hageman M. Tool to Support Citizen Participation and Multidisciplinarity in Food Innovation: Circular Food Design. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. Vol. 4. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.582193>.
11. Zampollo F. Food Design History: How the Food Design discipline was born and how it has developed so far. *Food Design History*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22579.75045>.

Kushniruk T. M.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Horticulture and Land Management,
Higher educational institution "Podilsky State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: kushniruk81@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3983-6070*

CONFECTIONERY FOOD FLORISTRY INNOVATIVE DEVELOPMENT MODEL WITH DIGITAL TECHNOLOGY INTEGRATION

Abstract

The article is devoted to the justification and development of a confectionery food floristry innovation development model based on the integration of digital technologies into production and business processes. The methodological basis of the study is formed by means of a comprehensive analysis, which includes: analysis of the impact of digital technologies on production operations; assessment of supply chain management mechanisms in compliance with the principles of product quality preservation; systematization of practical experience in the dissemination of innovations in the professional environment. It is proved that confectionery food floristry requires innovative supply management tools and the dissemination of practices within the professional community, which strengthens the potential of the industry, creating a basis for its international integration. A definition of confectionery food floristry is proposed. For the first time, a systemic model is presented that aims at the comprehensive integration of innovations, increasing competitiveness, and forming a sustainable platform for the further development of confectionery food floristry. The interrelationships between technological transformation, supply chain management, and the innovative activity of the professional community are established, which ensures the formation of sustainable development mechanisms for the industry. Within the framework of supply chain management, tools for optimizing logistics processes are outlined, which ensure resource savings and increase the efficiency of the supply system. It is substantiated that the use of digital technologies (in particular, 3D design, automation of production processes, online services) in the development and manufacture of products contributes to increasing the competitiveness of the industry by optimizing costs, improving quality, and expanding access to domestic and international markets.

Key words: confectionery food floristry, food design, innovation, digital technologies, automation, online service, supply chain, product quality, professional community.

References

1. Brovnenko, T., & Antonenko, A. (2021). Fud-dyzain yak aktualnyi napriam mizhdytsiplinarynykh doslidzhen [Food design as a relevant direction of interdisciplinary research]. *Visnyk Natsionalnoi akademii kerivnykh kadrov kultury i mystetstv – Bulletin of the National Academy of Cultural and Arts Management*, № 4, pp. 132–136. DOI: <https://doi.org/10.32461/2226-3209.2.2018.161615> [in Ukrainian].
2. Gorbas, I.M., & Linnik, M.S. (2021). Avtomatizatsiia biznes-protsesiv pidpriemstva z vykorystanniam metodyky stokhastychnoho modeliuvannia ta tekhniky WorkFlow – EPC [Automation of enterprise business processes using stochastic modeling methodology and WorkFlow – EPC technique]. *Biznes Inform – Business Inform*, № 2, pp. 216–222. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-2-216-222> [in Ukrainian].
3. Kadiuk, Z.I. (2025). Upravlinnia zapasamy na vyrobnychomu pidpriemstvi: vzaemoviazok iz planuvanniam prodazhiv ta vyrobnytstva [Inventory management at a manufacturing enterprise: relationship with sales and production planning]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, Vol. 75. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-75-71> [in Ukrainian].
4. Osokin, H.V. (2024). Tsifrovizatsiia lantsiuhiv postachannia yak faktor transformatsii biznes-modelei [Digitalization of supply chains as a factor of business model transformation]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, Vol. 64. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-62> [in Ukrainian].
5. Pushkar, T.A. (2025). Tsifrovi platformy yak instrument optymizatsii stratehichnykh rishen pidpriemstv u konteksti rozvytku biznesu [Digital platforms as a tool for optimizing strategic enterprise decisions in the context of business development]. *Stalyi rozvytok ekonomiky – Sustainable Development of Economy*, № 2 (53), pp. 213–220. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-53-29> [in Ukrainian].
6. Shapurov, O.O. (2023). Promyslovi innovatsii: internet rechey, blokchein, tsyfrovyy dviinik [Industrial innovations: Internet of Things, blockchain, digital twin]. *Transformatsiina ekonomika – Transformational Economy*, № 5 (05), pp. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-5-20> [in Ukrainian].
7. Batat, W., & Addis, M. (2021). Designing food experiences for well-being: A framework advancing design thinking research from a customer experience perspective. *European Journal of Marketing*, Vol. 55. DOI: <https://doi.org/10.1108/EJM-12-2020-0893> [in English].
8. Castanho, A., Ferreira, J., & Costa, C. (2024). Food Design Thinking: A systematic review. *Foods*, Vol. 13, № 15. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13152446> [in English].
9. Parasecoli, F. (2022). Food design, nutrition, and innovation. *Frontiers in Public Health*, Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1039795> [in English].
10. Sijtsema, S., Fogliano, V., & Hageman, M. (2020). Tool to support citizen participation and multidisciplinary in food innovation: Circular food design. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, Vol. 4. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.582193> [in English].
11. Zampollo, F. (2024). Food Design History: How the Food Design discipline was born and how it has developed so far. *Food Design History*. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22579.75045>.

Отримано: 19.09.2025

Рекомендовано: 23.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 631.147:631.559:631.95(477)

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.12>

Лапчинський В. В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна,
E-mail: lapchina-inbox@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8367-6334

Кисельов О. М.

аспірант кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,
Сумський національний аграрний університет
Суми, Україна
E-mail: ukrchim1@ukr.net
ORCID: 0009-0000-6229-0179

Лакуста А. А.

аспірант кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: Lakustatolik4552@gmail.com
ORCID: 0009-0006-9489-9943

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЧНИХ МЕТОДІВ У ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА УМОВИ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Анотація

Посилення впливу кліматичних змін на світове сільське господарство визначає актуальність переходу до сталих виробничих систем, здатних підтримувати продуктивність та екологічну рівновагу. Органічне землеробство як альтернатива традиційним практикам має адаптивний потенціал завдяки відновленню родючості ґрунтів, підвищенню біорізноманіття та зменшенню залежності від синтетичних засобів виробництва. Актуальність оцінювання ефективності органічних методів у вирощуванні зернових культур (пшениці спелти, вівса, ячменю, сої) полягає у визначенні їхньої здатності гарантувати продовольчу безпеку, економічну доцільність та екологічну стабільність в умовах посилення температурних коливань, дефіциту води та деградації ґрунтів.

Метою роботи є оцінювання агрономічних, економічних та екологічних результатів застосування органічних технологій у виробництві зернових культур в умовах глобальних кліматичних трансформацій. Результати дослідження показали, що органічні методи сприяють поступовій стабілізації врожайності, попри нижчу короткострокову продуктивність порівняно з інтенсивними хімічними методами. Покращення структури ґрунту, збагачення органічними речовинами та активізація біологічних процесів підвищують стійкість агроєкосистем до посухи, нерегулярних опадів та перепадів температур. Аналіз показників якості врожаю свідчить про вищу поживну цінність та відсутність хімічних залишків, що посилює конкурентоспроможність органічного зерна на преміальних ринках. У контексті використання енергії та ресурсів, органічні системи є ефективнішими завдяки мінімізації використання викопного палива, переробленню біомаси та залученню природного кругообігу поживних речовин. Економічний аналіз показує, що попри те, що врожайність, як правило, на 15–30% нижча, прибутковість органічного землеробства залишається порівняною або навіть вищою завдяки нижчим витратам на фактори виробництва та ціновим надбавкам на сертифіковану продукцію. З огляду на екологічні показники органічні системи зменшують викиди парникових газів завдяки поглинанню вуглецю та зменшенню втрат азоту, а у соціальному вимірі – підтримують зайнятість у сільській місцевості, наукомістку працю та здорове харчування.

Таким чином, ефективність органічних методів у виробництві зернових визначається не лише показниками врожайності, але і їхнім довгостроковим внеском в екологічну та кліматичну стійкість. Інтеграція органічних практик підвищує адаптаційний потенціал сільського господарства, забезпечуючи стабільну продуктивність в умовах екологічного стресу. Таким чином, органічне сільське господарство є ефективною та перспективною стратегією для досягнення сталого виробництва зернових в умовах прискорення кліматичних змін.

Ключові слова: екологічна ефективність, стале землеробство, агроєкосистеми, якість продукції, ресурсоефективність, агроекологічна стійкість.

Вступ. В останні десятиліття зміна клімату є однією з найбільших глобальних проблем, що впливають на сільськогосподарське виробництво, зокрема на вирощування зернових та бобових культур (пшениці спельти, ячменю, сої), що є основою глобальної продовольчої безпеки. Підвищення середніх температур, збільшення частоти посух, нерегулярність опадів та процеси деградації ґрунтів значною мірою змінюють потенціал продуктивності традиційних систем землеробства. Традиційні сільськогосподарські технології, суттєво залежні від синтетичних добрив, пестицидів та викопних джерел енергії, виявилися вразливими до цих кліматичних стресів, оскільки вони виснажують родючість ґрунтів та знижують адаптаційну здатність агроєкосистем. З огляду на це зростає науковий і практичний інтерес до органічного сільського господарства як сталої альтернативи, що ґрунтується на екологічних принципах, замкнених циклах кругообігу поживних речовин і регулюванні на основі біорізноманіття. Проте, попри загальне визнання його екологічних переваг, питання реальної ефективності органічних методів у підтримці стабільних врожаїв зернових та економічної життєздатності в мінливих кліматичних умовах залишається недостатньо вивченим.

Актуальність оцінювання ефективності методів органічного землеробства в умовах зміни клімату визначається значущістю пошуку моделей виробництва, що поєднують екологічну стійкість з економічною стабільністю. Органічні технології мають потенціал для пом'якшення негативних наслідків кліматичних коливань завдяки покращенню структури ґрунту, підвищенню вмісту гумусу та активізації біологічних процесів, що стабілізують кругообіг поживних речовин та утримання води [1]. Проте практична ефективність таких методів залежить від багатьох чинників, зокрема регіональних агрокліматичних умов, видів сільськогосподарських культур та стратегій управління. Отже, для визначення ролі органічного землеробства в адаптації виробництва зернових до нових кліматичних реалій необхідне комплексне дослідження, що охоплює агрономічні, екологічні та економічні аспекти. Це дослідження спрямоване на створення наукового підґрунтя оцінювання органічних систем, здатних підтримувати продуктивність, забезпечувати ефективність використання ресурсів та сприяти переходу до кліматично стійкого сільського господарства.

Аналіз сучасних наукових досліджень і публікацій засвідчує зростання наукового інтересу до питань підвищення ефективності органічного землеробства та його адаптивного потенціалу в умовах зміни клімату. У дослідженні вчених М. І. Поліщука та І. О. Мачок [13] розкрито вплив зелених добрив на фізико-хімічні показники чорнозему опідзоленого, що дало змогу виявити позитивні зміни у структурі ґрунту, збільшення вмісту органічної речовини та поліпшення вологоутримувальної здатності під впливом органічних технологій, що є значущим для стабілізації врожайності в умовах кліматичних коливань. Дослідження авторів С. Г. Мельниченко та Л. М. Богадьорової [9] присвячене просторовим відмінностям у спеціалізації рослинницького комплексу України, де акцентовано на регіональній диференціації у структурі посівів та агротехнологіях, що впливає на ефективність запровадження органічних методів виробництва в різних природно-кліматичних зонах.

У праці науковців П. І. Бойка та Н. П. Коваленка [2] представлено результати удосконалення технологій вирощування високопродуктивних сортів пшениці озимої у науково обґрунтованих сівоzmінах, що демонструє важливість поєднання органічних методів з традиційними практиками для забезпечення стабільності врожайності в умовах зміни клімату. Вчений С. В. Скок [15] досліджує використання біологічних технологій у вирощуванні сільськогосподарських культур, підкреслюючи, що їхнє застосування сприяє зниженню собівартості продукції, покращенню родючості ґрунтів та підвищенню еколого-економічної ефективності аграрного виробництва. У статті дослідників П. С. Нікітіна та В. Г. Ільїної [10] розглянуто агроекологічні аспекти поглинання біогенних елементів технічними культурами, що дало змогу встановити залежність засвоєння поживних речовин від ґрунтово-кліматичних умов і рівня біологічної активності, що є релевантним для оцінювання органічних систем живлення.

У роботі науковців А. М. Лішук, О. І. Фурдичка, А. І. Парфенюк та Н. В. Карачинської [7] визначено критерії оцінювання екологічних ризиків в агроценозах за впливу абіотичних чинників, що сприяє інтеграції екологічної безпеки в систему управління органічним виробництвом. Автори С. О. Заєць та М. А. Мельник [5] представили результати застосування біологічних препаратів у вирощуванні льону олійного, що підтверджують ефективність мікробних інокулянтів у підвищенні врожайності та якості продукції, що може бути адаптовано до вирощування зернових культур. У дослідженні вчених І. Грабчук, В. Бугайчук та В. Рудницького [4] проаналізовано шляхи підвищення економічної ефективності використання земельних ресурсів сільськогосподарськими підприємствами, де автори доводять, що впровадження органічних методів не лише забезпечує екологічну стійкість, а й покращує фінансову результативність господарської діяльності. Сукупність розглянутих праць формує наукове підґрунтя для комплексного оцінювання ефективності органічних методів у виробництві зернових культур з урахуванням агроекологічних, економічних та технологічних чинників.

Мета статті – дослідження агрономічних, економічних та екологічних результатів застосування органічних технологій у виробництві зернових культур в умовах кліматичних змін.

Виклад основного матеріалу дослідження. Органічне землеробство при вирощуванні зернових культур полягає у забезпеченні синергії екологічних, економічних і соціальних принципів, спрямованих на підтримку стійкості агроєкосистем і виробництво безпечних і якісних харчових продуктів. Суть органічного виробництва полягає у відмові від синтетичних хімічних засобів виробництва (мінеральні добрива, пестициди та регулятори росту) з наданням пріоритету біологічним та агроекологічним процесам. Фундаментальні засади органічного сільського господарства – безпека для здоров'я, екологія, справедливість і турбота – сформульовані Міжнародною федерацією рухів за органічне сільське господарство (IFOAM) [18], визначають його цілісний характер і довгострокову орієнтацію на екологічну рівновагу та добробут людини.

Сучасні тенденції органічного землеробства зосереджені на переході від заміщення факторів виробництва, коли хімічні добрива замінюються органічними альтернативами, до редизайну системи, що охоплює екологічну інтенсифікацію, відновлення біорізноманіття та регенерацію родючості ґрунтів. У межах цієї системи ґрунт розглядається не просто як субстрат для росту рослин, а як жива екосистема, біологічна активність якої визначає стабільність і продуктивність усієї сільськогосподарської системи.

Наукові дослідження щодо підвищення родючості ґрунту в органічному землеробстві ґрунтуються на використанні сівозмін, зокрема бобових та інших видів, що мають глибоке коріння, внесенні органічних речовин через компости та сидерати та мінімізації порушень ґрунтового покриву. Ці заходи сприяють накопиченню гумусу, покращують структуру ґрунту, утримання води та кругообіг поживних речовин, підвищують мікробне біорізноманіття. Стабілізація екосистемних процесів досягається завдяки агроекологічним практикам: сівозмін, догляд за межами полів та буферними зонами, підтримка корисних взаємодій між рослинами, ґрунтовими організмами та комахами-запилювачами. Так органічне зернове господарство забезпечує поглинання вуглецю, зменшення викидів парникових газів та адаптацію до змін клімату. Сучасні дослідження все частіше наголошують на багатофункціональності органічних систем, підкреслюючи не лише продуктивність, але і їхню здатність надавати екосистемні послуги, зокрема боротьбу з ерозією, очищення води та збереження біорізноманіття [1, с. 169–171].

Крім того, розвиток органічного зернового виробництва регламентується нормативно-правовою базою, що постійно вдосконалюється. В Україні базовим документом, що регулює цю сферу, є Закон «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [6], що приводить національне законодавство у відповідність до стандартів Європейського Союзу, визначаючи правила сертифікації, маркування та контролю органічного виробництва, забезпечуючи прозорість та довіру споживачів. На світовому рівні Регламент Європейського Союзу (ЄС) 2018/848 [14] впроваджує комплексні стандарти для органічного сільського господарства, перероблення та торгівлі. Міжнародно визнані системи сертифікації, як-от IFOAM [18], сприяють доступу виробників органічного зерна до світових ринків та стимулюють дотримання найвищих екологічних стандартів та стандартів якості.

Зміна клімату є однією з найважливіших світових проблем, що впливають на сільськогосподарські системи, особливо органічне сільське господарство, що ґрунтується на екологічних процесах. Протягом останніх десятиліть спостерігається стійке зростання середньосвітових температур, збільшення частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, зміна структури опадів, що безпосередньо впливає на продуктивність та стабільність агроекосистем. У багатьох регіонах, зокрема Східній Європі, зміна клімату призводить до тривалих посух, нерегулярних опадів та сезонної спеки, що порушують традиційні графіки посіву та збирання врожаю. Для органічного вирощування зерна, що залежить від природної родючості ґрунту, біологічної регуляції шкідників та мінімальних зовнішніх ресурсів, такі зміни є одночасно і викликом, і можливістю показати стійкість екологічно збалансованих систем [17, с. 109–111].

Сучасні кліматичні зміни, що супроводжуються прискоренням випаровування в результаті підвищених температур, призводять до виснаження запасів ґрунтової вологи, а нерегулярність опадів збільшує ризики як водного стресу, так і підтоплення [17, с. 110]. Ці процеси інтенсифікують вимивання поживних речовин і знижують ефективність кругообігу поживних речовин, особливо в ґрунтах, що обробляються без синтетичних добрив. Кліматичні ризики для основних зернових культур, зокрема ячменю, вівса, пшениці спельти та кукурудзи, полягають у зниженні проростання під впливом теплового стресу, скороченні вегетаційного періоду, погіршенні процесу запилення через високі температури та підвищеній сприйнятливості до шкідників і хвороб. Процеси деградації ґрунтів (ерозія та втрата органічної речовини) посилюються в екстремальних кліматичних умовах, що ставить під загрозу довгострокову стійкість виробництва сільськогосподарських культур.

Технології органічного землеробства мають адаптивний потенціал, що може пом'якшити деякі з цих негативних наслідків завдяки покращенню структури ґрунту, підвищенню вмісту гумусу та посиленню біологічної активності [8, с. 295]. Використання покривних культур, компосту та сидератів збільшує водоутримувальну здатність ґрунту та сприяє поглинанню вуглецю, що не лише підтримує продуктивність, але й забезпечує зменшення наслідків зміни клімату. За різних агрокліматичних сценаріїв (потепління з підвищенням посушливості або підвищення вологості з сезонними паводками) органічні системи виявляють гнучкість, підтримуючи функціональне біорізноманіття та механізми саморегуляції. Сівозміни з бобовими та глибоко вкоріненими видами підвищують стійкість завдяки диверсифікації кореневих систем та мікробіологічній взаємодії, що має важливе значення для доступності поживних речовин та стійкості до посухи.

У таблиці 1 схарактеризовано окремі кліматичні ризики та відповідні адаптивні реакції, що властиві органічним системам вирощування зернових (вівса, ячменю та пшениці спельти).

Органічні системи, завдяки підтримці ґрунтової біоти та взаємодії рослин і мікробів, здатні підтримувати функціональну стабільність навіть у стресових ситуаціях. Постійне надходження органічних решток сприяє розвитку мікробних угруповань, що забезпечують перетворення поживних речовин і процеси агрегації, підвищуючи здатність ґрунту протистояти екстремальним погодним умовам. Результати досліджень показують, що органічно оброблені ґрунти мають вищі показники інфільтрації та утримання води, що зменшує чутливість сільськогосподарських культур до посухи та температурних коливань. Диверсифіковані системи землеробства пом'якшують кліматичні впливи, розподіляючи ризики між різними видами та періодами росту. На відміну від традиційних систем, що значною мірою залежать від зовнішніх ресурсів, органічне виробництво спирається на саморегуляцію екосистеми, що в умовах кліматичного стресу є вирішальною перевагою.

Оцінювання ефективності органічних методів вирощування зернових культур вимагає комплексної практики, що враховує агрономічні показники, якість продукції, економічну ефективність, екологічні та соціальні наслідки. Органічні системи виробництва принципово відрізняються від традиційних тим, що вони ґрунтуються на екологічних процесах, а не на синтетичних засобах виробництва, що відповідно впливає на параметри продуктивності та структуру витрат. За даними практичних досліджень, врожайність органічних зернових культур часто нижча за врожайність, отриману за інтенсивного хімічного обробітку, проте ця різниця має тенденцію до зменшення з часом, коли родючість ґрунту та екосистемний баланс відновлюються [11, с. 11–14].

Продуктивність органічно вирощених зернових (пшениця спельта, ячмінь та овес) суттєво залежить від ефективності процесів перетворення поживних речовин, біологічної фіксації азоту та контролю шкідників через біорізноманіття. Попри те, що короткострокова врожайність може коливатися через кліматичну та біологічну мінливість, довгострокова тенденція часто показує підвищену стабільність і зниження втрат врожаю в стресових умовах (посуха або деградація ґрунту).

Зважаючи на якість врожаю, зокрема сої та пшениці спельти, органічні системи, як правило, виробляють зерно з вищою концентрацією основних поживних речовин, мікроелементів та антиоксидантів і з меншим вмістом пестицидів та нітратів. Такий покращений поживний профіль не лише підвищує споживчий попит, але й зміцнює ринкові позиції органічних продуктів як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках. З огляду на це економічна доцільність вирощування органічного зерна визначається не лише обсягами врожаю, але й ціновими перевагами, зменшенням залежності від зовнішніх чинників виробництва та диверсифікацією джерел доходу коштом екосистемних послуг. У багатьох випадках нижча інтенсивність виробництва компенсується вищими ринковими цінами та нижчими довгостроковими витратами, пов'язаними з відновленням ґрунтів та захистом навколишнього середовища.

Порівняльний аналіз ефективності органічних і традиційних технологій показує відмінності за такими основними показниками: врожайність, енергоефективність та використання ресурсів. Хоча традиційні системи досягають вищої врожайності з гектара завдяки використанню синтетичних добрив і пестицидів, вони, як правило, вимагають більших витрат викопного палива, що призводить до більшого енергетичного сліду. Органічні системи, навпаки, показують більшу енергоефективність через мінімізацію зовнішніх ресурсів і максимізацію біологічних процесів. Ресурсоефективність в органічному сільському господарстві виявляється в ефективному використанні відновлюваних ресурсів, переробленні органічних речовин та оптимізації потоків води й поживних речовин в агроекосистемі.

У таблиці 2 наведено порівняльну характеристику окремих показників ефективності для органічної та традиційної систем виробництва зерна пшениці спельти та сої.

Екологічні переваги органічного виробництва зерна набувають особливого значення в контексті зміни клімату. Збільшуючи вміст органічного вуглецю в ґрунті та сприяючи стійкості агроекосистем, органічні системи сприяють зменшенню викидів парникових газів та адаптації до кліматичних змін. Відсутність синтетичних добрив зменшує викиди закису азоту, а використання сидератів і компосту посилює поглинання вуглецю. В економічному контексті органічні методи підтримують стабільність фермерських господарств, стабілізуючи доходи

Таблиця 1. Характеристика кліматичних ризиків та адаптивних стратегій органічних систем вирощування зернових

Кліматичні ризики	Вплив на зернові культури	Адаптивна реакція в органічних системах
Тривалі посухи	Зниження врожайності та дефіцит ґрунтової вологи	Підвищений вміст гумусу, покривні культури та мульчування для утримання ґрунтової вологи
Тепловий стрес під час цвітіння	Порушення запилення та формування зерна	Використання жаростійких місцевих сортів та диверсифікація строків сівби
Нерегулярні опади та повені	Вимивання поживних речовин, пригнічення коренів	Покращення структури ґрунту, управління дренажем та стабілізація органічної речовини
Ерозія та деградація ґрунту	Втрата родючого верхнього шару ґрунту, зниження продуктивності	Контурне землеробство, постійний рослинний покрив та мінімальний обробіток ґрунту
Зростання кількості шкідників та хвороб	Посилення зараження в умовах теплого клімату	Біологічний контроль шкідників, диверсифікація сільськогосподарських культур та покращення середовища існування

Джерело: сформовано автором на підставі [8; 16; 17].

Таблиця 2. Порівняльна характеристика ефективності традиційної та органічної систем вирощування зернових

Індикатор	Органічна система землеробства	Традиційна система землеробства
Врожайність	70–85% від традиційної врожайності	Висока, але змінюється під впливом стресу
Енерговитрати на одиницю продукції	Нижчі завдяки біологічним процесам та зменшенню синтетичних витрат	Вищі завдяки використанню добрив та механізації
Ефективність використання ресурсів	Висока, залежить від рециркуляції поживних речовин та біорізноманіття	Помірна, залежить від невідновлюваних ресурсів
Структура виробничих витрат	Нижчі змінні витрати, вищі трудовитрати	Високі виробничі витрати, нижчий попит на робочу силу
Вплив на навколишнє середовище	Зменшення забруднення, покращення якості ґрунту та води	Вищі викиди та хімічне забруднення
Ринкова вартість продукції	Цінова надбавка (на 20–50% вище звичайної)	Стандартне ціноутворення на сировинні товари

Джерело: сформовано автором на підставі [3; 8; 11; 12; 16].

шляхом диверсифікації виробництва та доступу до зростання ринку органічної продукції. Крім того, вони зменшують вразливість до волатильності цін на засоби виробництва, що є значущим показником в умовах глобальних енергетичних та ресурсних обмежень.

У соціальній сфері органічне сільське господарство сприяє зайнятості в сільській місцевості та наукоміській праці, заохочує спільні інновації та зміцнює управління ресурсами на рівні територіальних громад. Воно підтримує здоров'я населення, зменшуючи вплив шкідливих агрохімікатів, і підвищує довіру споживачів завдяки відстежуваним, сертифікованим виробничим системам. Загалом ці екологічні, економічні та соціальні переваги позиціонують органічні методи як ефективну стратегію сталого виробництва зерна в умовах стрімких змін клімату.

Висновки. У результаті проведеного дослідження доведено, що застосування органічних технологій у вирощуванні зернових культур забезпечує довгострокову стабільність агроєкосистем завдяки відновленню родючості ґрунтів, підвищенню їхньої біологічної активності та зниженню залежності від зовнішніх ресурсів. Органічні методи сприяють покращенню структури ґрунту, накопиченню гумусу, оптимізації водного режиму та активізації природних механізмів саморегуляції, що особливо важливо в умовах кліматичних коливань і зростання частоти екстремальних погодних явищ. Економічна ефективність органічного виробництва проявляється через зменшення витрат на мінеральні добрива та засоби захисту рослин, зокрема завдяки отриманню цінних премій на органічну продукцію. Хоча врожайність органічних зернових може бути нижчою порівняно з інтенсивними технологіями, вона характеризується більшою стабільністю у несприятливих кліматичних умовах, що є визначальним чинником адаптаційного потенціалу таких систем.

Екологічна доцільність органічного землеробства полягає у зменшенні антропогенного навантаження на довкілля, зниженні викидів парникових газів і поліпшенні якості водних та ґрунтових ресурсів. Органічні агроєкосистеми виконують важливі екосистемні функції – збереження біорізноманіття, секвестрацію вуглецю, відновлення природних ланцюгів живлення, що сприяє формуванню кліматично стійкого сільського господарства. Соціальний ефект полягає у створенні робочих місць у сільській місцевості, стимулюванні розвитку місцевих ринків і підвищенні довіри споживачів до якості продовольства. Загалом органічне зернове виробництво є ефективним інструментом гармонізації економічних і природоохоронних інтересів у контексті кліматичних викликів. Перспективи подальших наукових досліджень пов'язані з кількісним оцінюванням адаптивного потенціалу органічних технологій за різних агрокліматичних сценаріїв і моделюванням їхнього впливу на продовольчу безпеку та вуглецевий баланс агросфери.

Список використаних джерел

1. Амонс С. Е. Біологічний захист рослин в системі органічного землеробства. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 167–183. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-2-13.
2. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Удосконалення технологій вирощування високопродуктивних сортів пшениці озимої у науково обґрунтованих сізовмінах в умовах зміни клімату. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. Т. 20, № 1 (107). DOI: [https://doi.org/10.31548/dopovid.1\(107\).2024.012](https://doi.org/10.31548/dopovid.1(107).2024.012).
3. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Грабовська Т. О., Лозінський М. В., Козак Л. А. Порівняльна оцінка урожайності та якісних показників сортів сої за традиційної та органічної технології вирощування. *Зернові культури*. 2023. № 7 (1). С. 113–122. 2023. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0266>.
4. Грабчук І., Бугайчук В., Рудницький В. Підвищення економічної ефективності використання земельних ресурсів сільськогосподарськими підприємствами. *Економіка та суспільство*. 2023. № 56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-48>.
5. Заєць С. О., Мельник М. А. Досвід використання біологічних препаратів за вирощування льону олійного. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 151–156. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.25.23>.
6. Закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» від 10.07.2018 р. № 2496-VIII. *Верховна рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text> (дата звернення: 08.09.2025).
7. Ліщук А. М., Фурдичко О. І., Парфенюк А. І., Карачинська Н. В. Критерії оцінювання екологічних ризиків в агроцепозах за впливу абіотичних чинників. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 4. С. 91–104. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275601>.
8. Мельниченко С. Г. Динаміка внесення органічних добрив на території України. *Органічне виробництво і продовольча безпека: зб. праць учасників X Міжнар. наук.-практ. конф. присвяч. 100-річчю Поліського національного університету*. 2022. С. 293–296. URL: <https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/8184?show=full> (дата звернення: 08.09.2025).
9. Мельниченко С. Г., Богадьорова Л. М. Просторові відмінності у спеціалізації рослинницького комплексу України. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 128. С. 138–144. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.19>.
10. Нікітін П. С., Льбіна В. Г. Агроєкологічні аспекти поглинання біогенних елементів технічними культурами в умовах Одеської області. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2024. № 33. С. 99–107. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.33.2024.08>.
11. Перегуда Ю. А. Методика оцінки конкурентноспроможності продукції тваринництва в умовах економічних викликів. *Менеджмент та підприємництво: тренди розвитку*. 2024. Т. 2, № 28. С. 8–19. DOI: <https://doi.org/10.26661/2522-1566/2024-2/28-01>.
12. Перегуда Ю. А., Коробова Н. М. Регулювання конкурентноспроможності галузей аграрного сектору економіки в умовах застосування цифрових інструментів маркетингу. *Економіка і управління бізнесом*. 2023. Т. 14, № 2. С. 33–45. DOI: [https://doi.org/10.31548/economics14\(2\).2023.033](https://doi.org/10.31548/economics14(2).2023.033).
13. Поліщук М. І., Мачок І. О. Вплив зелених добрив на фізико-хімічні показники чорнозему опідзоленого в умовах зміни клімату Правобережного Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 1 (32). С. 76–92. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-7.
14. Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 2018/848 від 30 травня 2018 року про органічне виробництво і маркування органічних продуктів та про скасування Регламенту Ради (ЄС) № 834/2007. *Верховна рада України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_036-18#Text (дата звернення: 08.09.2025).

15. Скок С. В. Використання біологічних технологій вирощування сільськогосподарських культур для підвищення еколого-економічної ефективності аграрного виробництва. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 128. С. 403–411. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.56>.

16. Франчук М. О., Хаєцький Г. С., Шевчук В. Д. Перспективи розвитку органічного землеробства на території Вінницької області в умовах зміни клімату. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 1. С. 127–136. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2021.231895.

17. Шевченко О. В. Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 108–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725>.

18. IFOAM. URL: <https://www.ifoam.bio/> (дата звернення: 08.09.2025).

Lapchynskyi V. V.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution “Podillia State University”*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: lapchina-inbox@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8367-6334

Kyselov O. M.

*Postgraduate Student at the Plant Growing Department,
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine*

E-mail: ukrchim1@ukr.net

ORCID: 0009-0000-6229-0179

Lakusta A. A.

*Postgraduate Student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

E-mail: Lakustatolik4552@gmail.com

ORCID: 0009-0006-9489-9943

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF ORGANIC METHODS IN GROWING CEREAL CROPS UNDER CLIMATE CHANGE

Abstract

The growing impact of climate change on global agriculture highlights the urgency of transitioning to sustainable production systems capable of maintaining productivity and ecological balance. Organic farming, as an alternative to conventional practices, demonstrates adaptive potential through the restoration of soil fertility, enhancement of biodiversity, and reduction of dependence on synthetic production inputs. The relevance of assessing the efficiency of organic methods in cereal crop cultivation (spelt wheat, oats, barley, soybeans) lies in determining their capacity to ensure food security, economic feasibility, and environmental stability under conditions of increasing temperature fluctuations, water scarcity, and soil degradation.

The purpose of this study is to evaluate the agronomic, economic, and ecological outcomes of applying organic technologies in cereal production under global climatic transformations. The research results showed that organic methods contribute to yield stabilization over time despite lower short-term productivity compared with intensive chemical systems. Improved soil structure, enrichment with organic matter, and the activation of biological processes enhance the resilience of agroecosystems to droughts, irregular precipitation, and temperature fluctuations. Analysis of crop quality indicators revealed higher nutritional value and the absence of chemical residues, which strengthens the competitiveness of organic grains in premium markets. In terms of energy and resources, organic systems demonstrate greater efficiency by minimizing fossil fuel use, recycling biomass, and leveraging natural nutrient cycling. Economic analysis indicates that although yields are generally 15–30% lower, the profitability of organic farming remains comparable or even higher due to lower input costs and price premiums for certified products. Environmentally, organic systems reduce greenhouse gas emissions through carbon sequestration and decreased nitrogen losses, while socially they support rural employment, knowledge-intensive labor, and healthier food systems.

Thus, the effectiveness of organic methods in cereal production is determined not only by yield indicators but also by their long-term contribution to ecological sustainability and climate resilience. The integration of organic practices enhances the adaptive capacity of agriculture, ensuring stable productivity under environmental stress. Therefore, organic farming represents an effective and forward-looking strategy for achieving sustainable cereal production in the face of accelerating climate change.

Key words: ecological efficiency, sustainable farming, agroecosystems, product quality, resource efficiency, agroecological resilience.

References

1. Amons, S. E. (2022). Biologichnyi zakhyst roslyn v systemi orhanichnoho zemlerobstva [Biological protection of plants in the system of organic farming]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*, (2 (25)), 167–183. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-2-13> [in Ukrainian].

2. Boiko, P. I., & Kovalenko, N. P. (2024). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia vysokoproduktyvnykh sortiv psenytsi ozymoi u naukovo obgruntovanykh sivozminakh v umovakh zminy klimatu [Improvement of cultivation technologies of high-yielding winter wheat varieties in scientifically grounded crop rotations under climate change conditions]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific Reports of NUBiP of Ukraine*, 20(1 (107)). [https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.012](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.012) [in Ukrainian].
3. Hrabovskyi, M. B., Fedoruk, Yu. V., Hrabovska, T. O., Lozinskyi, M. V., & Kozak, L. A. (2023). Porivnialna otsinka urozhainosti ta yakisnykh pokaznykiv sortiv soi za tradytsiinoi ta orhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannia [Comparative evaluation of yield and quality indicators of soybean varieties under traditional and organic cultivation technologies]. *Zernovi kultury – Cereal Crops*, (7(1)), 113-122. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0266> [in Ukrainian].
4. Hrabchuk, I., Buhaichuk, V., & Rudnytskyi, V. (2023). Pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti vykorystannia zemelnykh resursiv silskohospodarskymy pidpriemstvamy [Improving the economic efficiency of land use by agricultural enterprises]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 56. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-48> [in Ukrainian].
5. Zaiets, S. O., & Melnyk, M. A. (2024). Dosvid vykorystannia biolohichnykh preparativ za vyroshchuvannia lonu olinoho [Experience in using biological preparations for growing oil flax]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, (25), 151-156. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.23> [in Ukrainian].
6. Zakon Ukrainy «Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do orhanichnogo vyrobnytstva, obihu ta markuvannia orhanichnoi produktsii» [Law of Ukraine «On the Basic Principles and Requirements for Organic Production, Circulation and Labeling of Organic Products»]. 10.07.2018 № 2496-VIII. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text> [in Ukrainian].
7. Lishchuk, A. M., Furdychko, O. I., Parfeniuk, A. I., & Karachynska, N. V. (2022). Kryterii otsiniuvannia ekolohichnykh ryzykiv v ahrotsenozakh za vplyvu abiotychnykh chynnykiv [Criteria for assessing environmental risks in agrocenoses under abiotic factors influence]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced Nature Management*, (4), 91-104. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022.275601> [in Ukrainian].
8. Melnychenko, S. H. (2022). Dynamika vnesennia orhanichnykh dobryv na terytorii Ukrainy [Dynamics of organic fertilizer application in Ukraine]. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka – Organic Production and Food Security: Proceedings of the 10th International Conference*, 293–296. Retrieved from: <https://dspace.ksau.kherson.ua/handle/123456789/8184?show=full> [in Ukrainian].
9. Melnychenko, S. H., & Bohadorova, L. M. (2022). Prostorovi vidminnosti u spetsializatsii roslynnytskoho kompleksu Ukrainy [Spatial differences in the specialization of Ukraine's crop production complex]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, (128), 138-144. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.19> [in Ukrainian].
10. Nikityn, P. S., & Iliina, V. H. (2024). Ahroekolohichni aspekty pohlynnannia biohennykh elementiv tekhnichnymy kulturamy v umovakh Odeskoi oblasti [Agroecological aspects of nutrient absorption by industrial crops in Odesa region conditions]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichniy zhurnal – Ukrainian Hydrometeorological Journal*, (33), 99-107. <https://orcid.org/0000-0001-5781-701X> [in Ukrainian].
11. Perhehuda, Yu. A. (2024). Metodyka otsinky konkurentnospromozhnosti produktsii tvarynnystva v umovakh ekonomichnykh vyklykiv [Methodology for assessing the competitiveness of livestock products in the context of economic challenges]. *Menedzhment ta pidpriemnytstvo: trendy rozvytku – Management and Entrepreneurship: Development Trends*, 2(28), 8–19. <https://doi.org/10.26661/2522-1566/2024-2/28-01> [in Ukrainian].
12. Perhehuda, Yu. A., & Korobova, N. M. (2023). Rehliuvannia konkurentnospromozhnosti haluzei aharnoho sektoru ekonomiky v umovakh zastosuvannia tsyfrovnykh instrumentiv marketynhu [Regulation of the competitiveness of agricultural sectors of the economy in the context of using digital marketing tools]. *Ekonomika i upravlinnia biznesom – Economics and Business Management*, 14(2), 33–45. [https://doi.org/10.31548/economics14\(2\).2023.033](https://doi.org/10.31548/economics14(2).2023.033) [in Ukrainian].
13. Polishchuk, M. I. (2024). Vplyv zelenykh dobryv na fizyko-khimichni pokaznyky chornozemu opidzolenoho v umovakh zminy klimatu Pravoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [The effect of green manure on physicochemical indicators of leached chernozem under climate change in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*, (1(32)), 76–92. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-7> [in Ukrainian].
14. Rehlement Yevropeiskoho Parlamentu i Rady (YeS) № 2018/848 vid 30 travnia 2018 roku pro orhanichne vyrobnytstvo i markuvannia orhanichnykh produktiv [Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labeling of organic products]. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_036-18#Text [in Ukrainian].
15. Skok, S. V. (2022). Vykorystannia biolohichnykh tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur dlia pidvyshchennia ekoloho-ekonomichnoi efektyvnosti aharnoho vyrobnytstva [Use of biological technologies in crop cultivation to increase the ecological and economic efficiency of agricultural production]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, (128), 403–411. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.128.56> [in Ukrainian].
16. Franchuk, M. O., Khaietskyi, H. S., & Shevchuk, V. D. (2021). Perspektyvy rozvytku orhanichnogo zemlerobstva na terytorii Vinnytskoi oblasti v umovakh zminy klimatu [Prospects for the development of organic farming in Vinnytsia region under climate change]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced Nature Management*, 1, 127-136. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2021.231895> [in Ukrainian].
17. Shevchenko, O. V. (2023). Vplyv klimatychnykh zmin na silskohospodarske zemlekorystuvannia v Ukraini [Impact of climate change on agricultural land use in Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced Nature Management*, 4, 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725> [in Ukrainian].
18. IFOAM. (2025). International Federation of Organic Agriculture Movements. Retrieved from: <https://www.ifoam.bio/> [in English].

Отримано: 30.09.2025

Рекомендовано: 28.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633.15:631.527

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.13>**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@pdau.edu.ua**ORCID:** 0000-0002-0101-4442**Тристан Д. В.***здобувач освітнього ступеня доктора філософії кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна***E-mail:** daria.trystan@pdau.edu.ua**ORCID:** 0009-0008-8854-0218

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РАННЬОСТИГЛИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ

Анотація

У статті висвітлено питання комплексної оцінки росту та розвитку рослин сучасних ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від агрокліматичних ризиків та різних фонів мінерального живлення. Результатом досліджень є аналіз біометричних показників гібридів кукурудзи залежно від норм внесення мінеральних добрив за екстремальних погодних умов 2024 та 2025 рр. Установлено, що за час проведення досліджень висота рослин кукурудзи у фазі повної стиглості за норми удобрення N90P60K60 була вищою по всіх гібридах за роками досліджень. Так, показник гібриду Амбатор (ФАО 230) перевищував показник по гібриду Інвіктус (ФАО 210) на 1,5 см, по гібриду Шикарі (ФАО 200) на 0,8 см. Порівнюючи кращий варіант удобрення з контролем, бачимо перевищення по гібриду Амбатор на 9,9 см, по гібриду Інвіктус – на 12 см, по гібриду Шикарі – на 11,6 см, що свідчить про ефективність повного мінерального живлення порівняно лише з припосівним внесенням добрив на контролі. Деяко нижчі показники отримали на варіанті із системою удобрення N60P60K60 порівняно з кращим варіантом, але і така система показала кращі результати порівняно з контролем. Дослідженнями встановлено, що висота кріплення качана на гібриді Амбатор на варіанті із удобренням N90P60K60 перевищила контроль на 14–24 см, на варіанті з удобренням N60P60K60 – на 9 см. Показники по гібриду Інвіктус на цих же варіантах удобрення перевищили контроль відповідно на 12–22 см і на 7–9 см. Показники по гібриду Шикарі на варіантах удобрення збільшилися порівняно з контролем на 14–20 см та 7–8 см. Реалізація генетичного потенціалу гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення за екстремальних агрокліматичних умов показала кращі результати на варіанті із системою удобрення N90P60K60 по гібридах Амбатор та Інвіктус порівняно з контролем. Результати досліджень дають підстави рекомендувати застосовування збалансованих норм N90P60K60, що забезпечували повноцінне живлення впродовж вегетації. Екстремальні агрокліматичні умови значно впливають на ріст і розвиток рослин кукурудзи, проте гібриди з високим генетичним потенціалом Амбатор та Інвіктус здатні частково компенсувати негативний вплив стресових чинників за достатнього живлення. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні динаміки накопичення біомаси та елементів продуктивності гібридів кукурудзи протягом вегетації за різних рівнів забезпечення елементами живлення.

Ключові слова: кукурудза, агрокліматичні ризики, екстремальні кліматичні умови, система удобрення, біометричні показники кукурудзи.

Вступ. Для отримання високого врожаю кукурудзи аграріям необхідно інвестувати у якісне насіння, різні засоби захисту рослин та добрива, враховуючи ґрунтові та кліматичні ризики зони вирощування [7; 9].

У зв'язку з агрокліматичними ризиками та обмеженістю експорту в 2024 р. передбачалося, що площі під кукурудзою залишаться на рівні 4 млн га, а решту площ замінять соняшник, соя, ріпак та інші нішеві культури. Незважаючи на це, кукурудза залишається стратегічно важливою та перспективною культурою. Тому ми досліджували агрокліматичні ризики під час вирощування кукурудзи за різних фонів удобрення, а також критичні періоди живлення та підживлення для досягнення успішного вирощування цієї важливої культури [1; 4].

Суттєвим недоліком вітчизняних гібридів кукурудзи є невисока адаптованість до ґрунтово-кліматичних умов, що зумовлено спорідненістю їх за генетичним походженням [2; 6]. Для створення високоврожайних гібридів потрібно мати різноманітний вихідний матеріал, а саме самозапилені лінії, які відповідають основним вимогам селекціонерів: підвищена зернова та насіннева продуктивність, високі донорські властивості, генетичний захист від абіотичних та біотичних чинників, добра пристосованість до погодних та агротехнічних умов [3; 5].

Зважаючи на різноманітність генотипів кукурудзи та їхню реакцію на різні умови, включаючи температурні стреси, важливо приділяти увагу формуванню стійких рослин шляхом розвитку ефективної кореневої системи. Це допоможе рослинам краще адаптуватися до стресових умов і забезпечить їм необхідну підтримку для оптимального росту та розвитку [8].

Упровадження технологічних чинників для управління формуванням стійких до стресів агроценозів кукурудзи може допомогти підвищити реалізацію її генетичного потенціалу [3; 8]. Це може включати в себе використання оптимальних методів обробки ґрунту, раціональне внесення добрив, контроль за густотою посіву та інші аспекти, які сприяють забезпеченню оптимальних умов для росту та розвитку кукурудзи. Такий підхід дає змогу максимально використовувати генетичний потенціал рослин і отримувати більш високі врожаї.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні та комплексній оцінці росту та розвитку рослин сучасних ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від агрокліматичних ризиків та різних фонів мінерального живлення. Результати дослідження рекомендовані для аграрних підприємств зони Центрального Лісостепу під час вибору оптимальних стратегій внесення добрив для отримання найкращих результатів у вирощуванні ранньостиглих гібридів кукурудзи за екстремальних кліматичних умов.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили в агропідприємстві, що розташоване у центральній частині Лісостепу України з нестійким зволоженням.

Ґрунтові характеристики території дослідження: уміст гумусу в шарі 0–30 см становить 3,4–3,65%, що вказує на досить добру родючість ґрунту; кислотність ґрунту коливається в межах 6,3–6,7 і характеризується як нейтральна; уміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 160 мг/кг ґрунту, фосфору за Мачигінім – 78 мг/кг ґрунту, обмінного калію за Мачигінім – 124 мг/кг ґрунту; вологоємність шару 0–30 см становить 28,9%, що є важливим показником для визначення водно-фізичних властивостей ґрунту. Ґрунтова волога стійкого в'янення рослин (ВВ) становить 12,5%, що вказує на рівень вологоутримуючої здатності ґрунту. Максимальна гігроскопічність становить 9,2%, що вказує на його здатність утримувати вологу за високої вологості повітря. Щільність будови орного шару становить 1,25, а глибше – від 1,26 до 1,39 г/см³, що вказує на структурні особливості ґрунту та його пористість. Гідролітична кислотність ґрунту дорівнює 1,1, що може впливати на хімічний склад та реакцію ґрунту. Ємність поглинання ґрунту коливається від 31,9 до 33,5 мг-екв/100г ґрунту, що характеризує його здатність утримувати поживні речовини. Ступінь насиченості основами становить 98,1%. Ці показники важливі для визначення ґрунтової родючості та вибору оптимальних фонів удобрення кукурудзи.

У межах оптимальних величин знаходяться водно-фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунту, що сприяє здоровому росту та розвитку рослин кукурудзи. Характеристику кліматичних умов років проведення дослідів відображено в табл. 1.

Таблиця 1. Агрокліматичні умови території досліджень за 2024–2025 рр. (усереднені значення за період вегетації кукурудзи)

Місяць	Температура					Відносна вологість повітря%	
	повітря			ґрунту			
	середня	max	min	мінімальна на поверхні ґрунту	середня на глибині 5см	середня	min
квітень	14,7	26,5	-2,0	-2,5	15,5	44	17
травень	14,7	28,5	2,3	-0,8	15,3	63	19
червень	19,2	33,5	9,5	8,0	21,5	60	14
липень	27,8	35,4	18,2	17,7	31,9	54	30
серпень	23,3	35,9	11,0	10,3	26,1	50	15
вересень	20,3	32,9	7,4	4,9	20,9	43	14

У зоні проведення досліджень кліматичні умови 2024 р. характеризувалися підвищеними температурами у період вегетації кукурудзи та низькою ґрунтовою вологістю, натомість на початку вегетації кукурудзи у 2025 р. спостерігали травневі заморозки та низькі температури повітря, що вплинуло на ростові процеси. Проте підбір генетично потужних ранньостиглих гібридів навіть за екстремальних факторів дав можливість отримати стабільний урожай кукурудзи.

Ураховуючи ці ґрунтово-кліматичні фактори, можна очікувати успішне вирощування кукурудзи на даній території.

Досліджували гібриди: Шикарі ФАО 200, Інвіктус ФАО 210, Амбатор ФАО 230.

Схема удобрення ранньостиглих гібридів: контроль (припосівне внесення N10P10K10); N60P60K60; N90P60K60.

Фенологічні спостереження за біометричними показниками гібридів кукурудзи залежно від норм внесення мінеральних добрив за екстремальних погодних умов 2024 та 2025 рр. представлено на рис. 1, 2.

Аналізуючи показники з рис. 1, можемо стверджувати, що висота рослин кукурудзи у фазі повної стиглості за норми удобрення N90P60K60 у 2024 р. була вищою по всіх гібридах. Так, показник гібриду Амбатор (ФАО 230) перевищував показник по гібриду Інвіктус (ФАО 210) на 1,5 см, по гібриду Шикарі (ФАО 200) – на 0,8 см. Порівнюючи кращий варіант удобрення з контролем, бачимо перевищення по гібриду Амбатор на 9,9 см, по гібриду Інвіктус – на 12 см, по гібриду Шикарі – на 11,6 см, що свідчить про ефективність повного

мінерального живлення порівняно лише з припосівним внесенням добрив на контролі. Дещо нижчі показники отримали на варіанті із системою удобрення N60P60K60 порівняно з кращим варіантом, але і така система показала кращі результати порівняно з контролем.

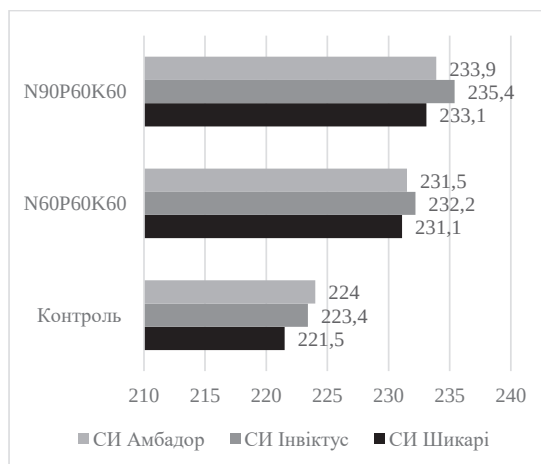


Рис. 1. Висота рослин гібридів кукурудзи залежно від норм внесення мінеральних добрив (2024 р.)

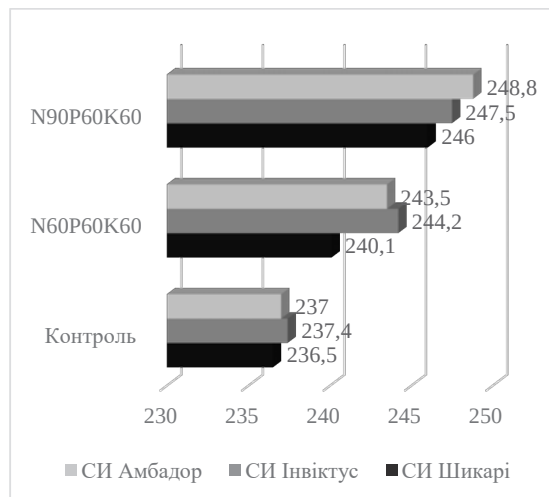


Рис. 2. Висота рослин гібридів кукурудзи залежно від норм внесення мінеральних добрив (2025 р.)

Аналізуючи показники рис. 2, можемо стверджувати, що висота рослин кукурудзи у фазі повної стиглості за норми удобрення N90P60K60 у 2025 р. була вищою по всіх гібридах. Так, показник гібриду Амбатор (ФАО 230) перевищував показник по гібриду Інвіктус (ФАО 210) на 1,3 см, по гібриду Шикарі (ФАО 200) – на 2,8 см. Порівнюючи кращий варіант удобрення з контролем, бачимо перевищення по гібриду Амбатор на 11,8 см, по гібриду Інвіктус – на 10,1 см, по гібриду Шикарі – на 9,5 см, що свідчить про ефективність повного мінерального живлення порівняно лише з припосівним внесенням добрив на контролі. Дещо нижчі показники отримали на варіанті із системою удобрення N60P60K60 порівняно з кращим варіантом, але і така система показала кращі результати порівняно з контролем.

Дослідження висоти кріплення нижнього качана залежно від удобрення у роки досліджень представлено на рис. 3, 4.

Висота кріплення качана (рис. 3) на гібриді Амбатор (2024) на варіанті з удобренням N90P60K60 перевищила контроль на 14 см, на варіанті з удобренням N60P60K60 – на 9 см. Показники по гібриду Інвіктус на цих же варіантах удобрення перевищили контроль відповідно на 12 см і на 7 см. Показники по гібриду Шикарі на варіантах удобрення збільшилися порівняно з контролем на 14 см та 7 см.

Висота кріплення качана (рис. 4) на гібриді Амбатор (2025) на варіанті з удобренням N90P60K60 перевищила контроль на 24 см, на варіанті з удобренням N60P60K60 – на 9 см. Показники по гібриду Інвіктус на цих же варіантах удобрення перевищили контроль відповідно на 22 см і на 9 см. Показники по гібриду Шикарі на варіантах удобрення збільшилися порівняно з контролем на 20 см та 8 см. Кращі показники отримали на ділянках із гібридом Амбатор.

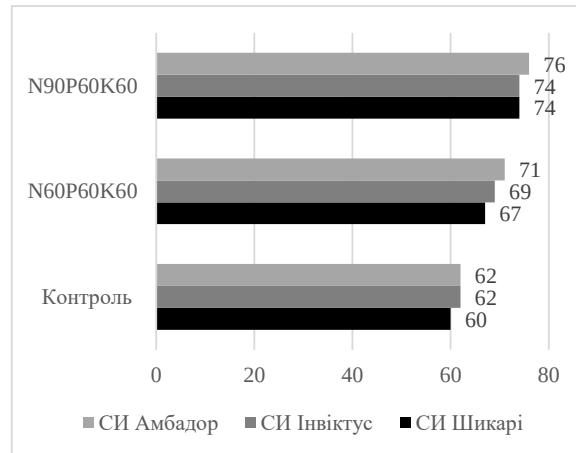


Рис. 3. Висота прикріплення нижнього качана в рослин гібридів кукурудзи залежно від норм внесення мінеральних добрив (2024 р.)

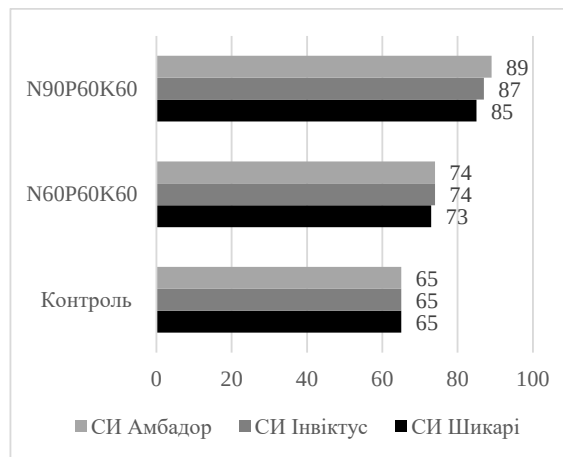


Рис. 4. Висота прикріплення нижнього качана в рослин гібридів кукурудзи залежно від норм внесення мінеральних добрив (2025 р.)

Реалізація генетичного потенціалу гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення за екстремальних агрокліматичних умов у середньому за 2024–2025 рр. характеризується показниками, що представлені на рис. 5–8.

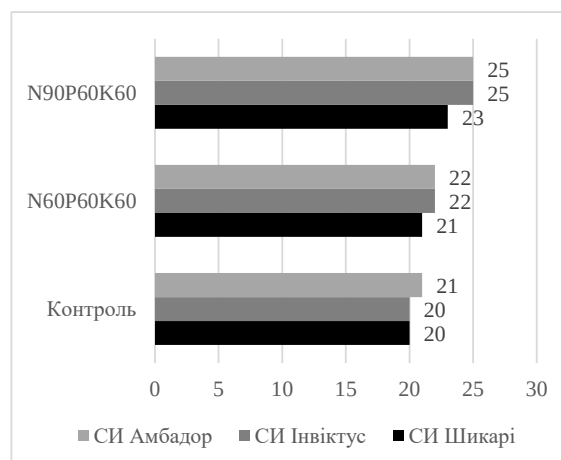


Рис. 5. Довжина качана, см

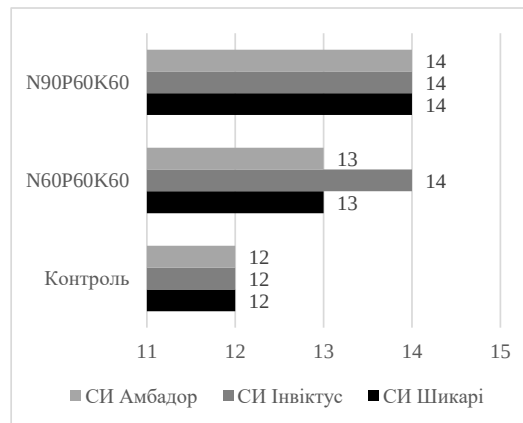


Рис. 6. Кількість качанів у ряді, шт.

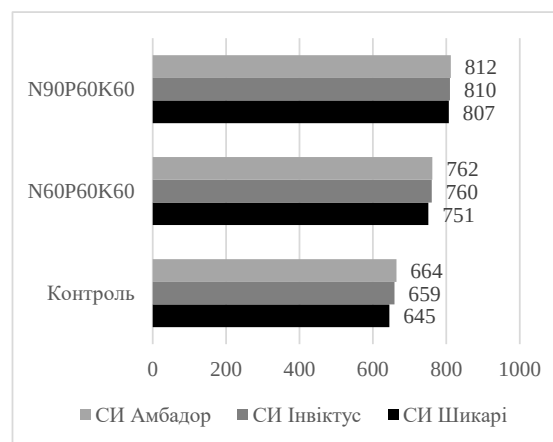


Рис. 7. Кількість зерен у качані, шт.

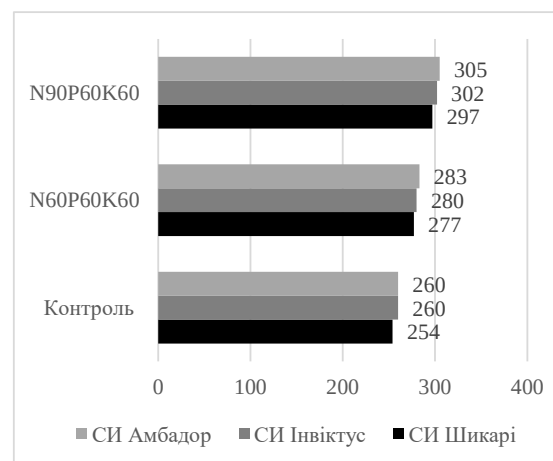


Рис. 8. Маса 1 000 зерен, г

За діаграмами, що представлені на рис. 5–8 «Довжина качана», кращі результати отримали на варіанті 3 із системою удобрення N90P60K60 по гібридах Амбатор та Інвіктус порівняно з контролем на 4–5 см. За діаграмою «Кількість качанів у ряді» бачимо, що у варіанті із системою удобрення N90P60K60 на всіх гібридах отримали 14 качанів у ряді, що на 2 шт. більше за контрольні показники. На варіанті із системою удобрення N60P60K60 по гібридах Шикарі та Амбатор отримали показник 13 шт., що на 1 шт. перевищив контроль. За діаграмою «Кількість зерен у качані» із системою удобрення N90P60K60 показники на гібриді Амбатор перевищили контроль на 148 шт., на гібриді Інвіктус – на 151 шт., на гібриді Шикарі – на 162 шт. За діаграмою «Маса 1000 зерен» бачимо, що на кращому варіанті три показники по гібридах перевищили контроль: по Амбатор – на 45 г, по Інвіктус – на 42 г, по Шикарі – на 43 г.

Висновки. Реалізація генетичного потенціалу ранньостиглих гібридів кукурудзи істотно залежить від системи удобрення. Оптимальне поєднання мінеральних добрив N90P60K60 сприяло активнішому росту, розвитку та формуванню врожаю, особливо за умов агрокліматичного стресу (посуха, різкі коливання температур, дефіцит вологи в критичні фази розвитку рослин). Біометричні показники (висота рослин, кількість листків, площа листової поверхні, довжина качана, кількість зерен у ряду) змінювалися залежно від варіанта удобрення. Найкращі результати зафіксовано під час застосування збалансованих норм N90P60K60, що забезпечували повноцінне живлення впродовж вегетації. Екстремальні агрокліматичні умови значно впливають на ріст і розвиток рослин кукурудзи, проте гібриди з високим генетичним потенціалом Амбатор та Інвіктус здатні частково компенсувати негативний вплив стресових чинників за достатнього живлення.

Перспективою подальших досліджень є вивчення динаміки накопичення біомаси та елементів продуктивності гібридів кукурудзи протягом вегетації за різних рівнів забезпечення елементами живлення.

Список використаних джерел

1. Андрущенко В. Вплив різних факторів на урожайність кукурудзи. *Агроном*. 2015. № 1. С. 3–5.
2. Дзюбецький Б.В., Рябченко Е.М. Адаптивна характеристика гібридів кукурудзи, створених на основі подвоєно-гаплоїдних ліній плазми Lancaster. *Селекція і насінництво*. 2015. № 107. С. 37–41.
3. Єрмакова Л.М., Свистунов Ю.В. Формування врожаю та якості зерна кукурудзи залежно від удобрення в Лівобережному Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 60–62. DOI: 10.31210/visnyk2016.04.11.
4. Каменчук Б.Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи. *Агроном*. 2023. № 4(82). URL: <https://www.agronom.com.ua/shlyahy-pidvyshhennya-efektyvnosti-vyroshhuvannya-kukurudzy/>
5. Ласло О.О. Застосування гуматів у системі удобрення кукурудзи як складник екологізації технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 299–305. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.39>.
6. Ласло О.О., Олєпир Р.В. Вплив композицій регулятора росту «Вимпел-2» та «Оракул мультикомплекс» на врожайність середньостиглих гібридів кукурудзи. *Таврійський науковий вісник. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2022. Вип. С. 79–84. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.11>.
7. Ласло О.О., Олєпир Р.В. Ефективність комплексного удобрення у технології вирощування кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 170–177. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.18>
8. Мареніч М.М., Ласло О.О., Драч В.С. Адаптивні властивості гібридів кукурудзи до несприятливих кліматичних умов. *Зрошуване землеробство*. 2024. № 82. С. 43–47. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.7>.
9. Марініч Л.Г., Ласло О.О., Цуревський В.Ю. Вплив системи удобрення на продуктивність кукурудзи. *ScientificWorldJournal*. Bulgaria, Svishtov, Issue № 28, November, 2024. С. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-28-00-005>.

Laslo O. O.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agriculture and Agrochemistry named after V. I. Sazanova,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: oksana.laslo@pdaa.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0101-4442

Trystan D. V.

*candidate for the degree of Doctor of Philosophy,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: daria.trystan@pdau.edu.ua

ORCID: 0009-0008-8854-0218

STUDY OF BIOMETRIC INDICATORS OF EARLY-MATURING CORN HYBRIDS DEPENDING ON FERTILIZATION AND AGROCLIMATIC RISKS

Abstract

The article highlights the issue of a comprehensive assessment of the growth and development of modern early-ripening corn hybrids depending on agroclimatic risks and different mineral nutrition backgrounds. The result of the research is an analysis of biometric indicators of corn hybrids depending on the rates of mineral fertilizer application under extreme weather conditions in 2024 and 2025. It was established that during the research, the height of corn plants in the phase of full maturity at the fertilizer rates N90P60K60 was higher for all hybrids in the years of research. Thus, the indicator of the Ambador hybrid (FAO 230) exceeded the indicator of the Invictus hybrid (FAO 210) by 1.5 cm, and the Shikari hybrid (FAO 200) by 0.8 cm. Comparing the best fertilizer option with the control, we see an excess of 9.9 cm for the Ambador hybrid, 12 cm for the Invictus hybrid, and 11.6 cm for the Shikari hybrid, which indicates the effectiveness of complete mineral nutrition compared to only sowing fertilizer application in the control. Slightly lower indicators were obtained for the variant with the N60P60K60 fertilizer system compared to the best variant, but this system also showed better results compared to the control. Studies have shown that the height of the head attachment on the Ambador hybrid in

the variant with N90P60K60 fertilizer exceeded the control by 14–24 cm, and in the variant with N60P60K60 fertilizer, the excess was 9 cm. The indicators for the Invictus hybrid on the same fertilizer options exceeded the control by 12–22 cm and 7–9 cm, respectively. The indicators for the Shikari hybrid on the fertilizer options increased compared to the control by 14–20 cm and 7–8 cm. The realization of the genetic potential of corn hybrids depending on the fertilization system under extreme agroclimatic conditions showed better results in the variant with the N90P60K60 fertilization system for the Ambador and Invictus hybrids compared to the control. The results of the research provide grounds to recommend the use of balanced norms N90P60K60, which provided full nutrition throughout the growing season. Extreme agroclimatic conditions significantly affect the growth and development of corn plants, however, hybrids with high genetic potential, Ambador and Invictus, are able to partially compensate for the negative impact of stress factors with sufficient nutrition. Prospects for further research include studying the dynamics of biomass accumulation and productivity elements of corn hybrids during the growing season at different levels of nutrient supply.

Key words: corn, agroclimatic risks, extreme climatic conditions, fertilization system, biometric indicators of corn.

References

1. Andrushchenko V. (2015), Vplyv riznykh faktoriv na urozhainist kukurudzy. [The influence of various factors on the yield of corn]. *Ahronom – Agronomist*. 1. 3–5. [in Ukrainian].
2. Dzyubetskyi B.V., Ryabchenko E.M. (2015), Adaptivna kharakterystyka hibrydiv kukurudzy, stvorenykh na osnovi podvoieno-haploidnykh liniy plazmy Lancaster. [Adaptive characteristics of maize hybrids created on the basis of doubled-haploid lines of Lancaster plasma]. *Selektsiia i nasinnytstvo – Breeding and seed production*. 107. 37–41. [in Ukrainian].
3. Ermakova L.M., Svystunov Y.V. (2016), Formuvannia vrozhaiu ta yakosti zerna kukurudzy zalezhno vid udobrennia v Livoberezhnomu Lisostepu. [Formation of yield and quality of corn grain depending on fertilization in the Left Bank Forest-Steppe]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 4. 60–62. Retrieved from: <https://doi.org/10.31210/visnyk2016.04.11>. [in Ukrainian].
4. Kamenshchuk B.D. (2023), Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vyroshchuvannia kukurudzy. [Ways to increase the efficiency of corn cultivation]. *Ahronom – Agronomist*. 4. <https://www.agronom.com.ua/shlyahy-pidvyshchennia-efektyvnosti-vyroshhuvannya-kukurudzy/>. [in Ukrainian].
5. Laslo O.O. (2023), Zastosuvannia humativ u systemi udobrennia kukurudzy, yak skladova ekolohizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia. [The use of humates in the corn fertilization system as a component of the ecologization of growing technology]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*. 129. 299–305. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.39>. [in Ukrainian].
6. Laslo O.O., Olepir R.V. (2022), Vplyv kompozytsii rehuliatora rostu Vympel-2 ta Orakul multykompleks na urozhainist serednostyhykh hibrydiv kukurudzy. [The influence of the compositions of the growth regulator Vympel-2 and Oracle Multicomplex on the yield of mid-season corn hybrids]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*. 79–84. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.124.11>. [in Ukrainian].
7. Laslo O.O., Olepir R.V. (2025), Efektyvnist kompleksnoho udobrennia u tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy. [Effectiveness of complex fertilization in corn growing technology]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychyykh nauk – Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 11. 170–177. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.18>. [in Ukrainian].
8. Marenich M.M., Laszlo O.O., Drach V.S. (2024), Adaptivni vlastyvoli 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].
9. Marinich L.G., Laslo O.O., Tsurevsky V.Yu. (2024), Vplyv systemy udobrennia na produktyvnist kukurudzy. [The influence of the fertilization system on corn productivity]. *ScientificWorldJournal*. 28. 39–45. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-28-00-005>. [in Ukrainian].

Отримано: 26.09.2025

Рекомендовано: 28.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 636.4.033:636.082:637.5

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.14>

Леньков Л. Г.

кандидат сільськогосподарських наук,
докторант кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: lenkovleonid@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1596-6740

Коробань М. П.

доктор філософії (20 «Аграрні науки і продовольство»),
Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
Київ, Україна

E-mail: marikoroban@gmail.com

ORCID: 0009-0003-1763-2629

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

Лихач А. В.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри прикладної біології, розведення і генетики тварин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: avlykhach@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0472-6162

Фаустов Р. В.

доктор філософії (20 «Аграрні науки і продовольство»), старший науковий співробітник
Лабораторії інноваційних технологій та експериментальних тваринницьких об'єктів,
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
Полтава, Україна

E-mail: svalker2013@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2732-4032

ФОРМУВАННЯ М'ЯСНИХ ОЗНАК СВИНЕЙ ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ ТА ПЕРЕДЗАБІЙНОЇ ЖИВОЇ МАСИ

Анотація

Продуктивні показники свиней, зокрема забійні та м'ясні характеристики, значною мірою визначаються передзабійною живою масою тварин, при цьому проявляються генотипові особливості їх розвитку. Метою дослідження було оцінити вплив генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) на формування забійних і м'ясних ознак свиней. Експерименти проводилися в умовах СВК «Агрофірма «Миг-Сервіс-Агро» Миколаївської області. Використано 60 голів молодяку свиней, який був розділений на три групи. I група: поєднання свиноматок (ВБ×Л) із кнурами породи дюрк (Д) канадської селекції (Genesus), II група: поєднання свиноматок (ВБ×Л) із кнурами породи п'єтрен (П) французької селекції (Ахіот) і III група: поєднання маток (ВБ×Л) із кнурами термінальної лінії Maxter (Мк) селекції компанії «France Hybrides». Експериментально встановлено, що продуктивні характеристики тварин значною мірою зумовлені їх ПЗЖМ, проте прояв окремих ознак залежить і від генотипу. Результати двофакторного дисперсійного аналізу свідчать про статистично значущий вплив ПЗЖМ на забійну

масу, масу охолодженої туші, довжину туші, довжину беконної половинки та площу «м'язового вічка» ($p < 0,001$), тоді як генотип впливав на товщину шпигу, втрати маси туші після охолодження, забійний вихід та вихід м'яса з туші. Для більшості ознак відзначалося лінійне зростання значень із підвищенням ПЗЖМ, однак окремі параметри, зокрема вихід м'яса, мали криволінійну залежність із максимумом при 100 кг ПЗЖМ. Коваріаційний аналіз виявив неоднорідність коефіцієнтів нахилу регресійних ліній забійної маси та маси охолодженої туші серед генотипових груп, що свідчить про специфічні темпи приросту для різних комбінацій порід. Кореляційний аналіз показав високий рівень взаємозв'язку більшості м'ясних ознак ($r > 0,8$), окрім утрат маси туші та виходу м'яса, які мали слабку або відсутню кореляцію з іншими показниками. Аналіз Головних Компонент дав змогу з 13 вихідних ознак виділити три комплексні, що описують понад 96% загальної мінливості: забійну масу, втрати маси туші після 24 год охолодження та вихід м'яса з туші. Ординаційний аналіз підтвердив диференціацію груп свиней за ПЗЖМ та генотипом, визначивши оптимальні кондиції для максимального прояву забійних і м'ясних характеристик. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення селекційно-генетичних і технологічних програм у свиñarстві з метою підвищення ефективності виробництва м'яса та якості продукції.

Ключові слова: генотип, Головні Компоненти, дисперсійний аналіз, м'ясні ознаки, передзабійна жива маса, продуктивність, свині, технологія.

Вступ. Свиñarство є однією з ключових галузей тваринництва, що забезпечує продовольчу безпеку та економічну стабільність країн світу. Свинина виступає важливим джерелом білка та інших поживних речовин у раціоні людини, а розвиток галузі сприяє забезпеченню населення високоякісною і доступною продукцією [12; 13; 21]. Окрім того, свиñarство має суттєвий економічний ефект, створюючи робочі місця, підтримуючи зайнятість у сільських регіонах та сприяючи економічному зростанню. Збільшення кількості вітчизняних товаровиробників у цій сфері допомагає зменшити залежність від імпорту та підвищити рівень самозабезпеченості країни, забезпечуючи стабільність цін на м'ясо та інші продукти тваринництва [5; 6; 16; 20].

На сучасному етапі підвищення забійних і м'ясних якостей свиней за оптимальних витрат кормів і ресурсів залишається пріоритетним завданням для науковців і виробників. Для досягнення цієї мети використовуються різні підходи, серед яких – селекція та генетика, управління годівлею та розроблення збалансованих раціонів, створення комфортних умов утримання з урахуванням принципів благополуччя тварин, а також упровадження інноваційних технологій вирощування, таких як автоматизовані системи годівлі та моніторингу стану здоров'я свиней. Ці заходи дають змогу максимально використовувати генетичний потенціал тварин та забезпечувати виробництво м'яса високої якості [2; 4–6; 15; 19].

Особлива увага приділяється оптимальним ваговим кондиціям свиней для забою та отримання високоякісної м'ясної сировини. Потреба у їх визначенні постійно зростає у зв'язку з появою нових порід, ліній та типів тварин, а також у контексті сучасних вітчизняних та міжнародних стандартів оцінки якості свинини, що включають показники живої маси, забійного виходу та товщини шпигу. Свині різних вагових категорій мають власні переваги: тварини малої маси (до 100 кг) характеризуються високим відсотком м'яса від загальної маси та меншими втратами під час транспортування й обробки; середні (100–150 кг) – забезпечують оптимальне співвідношення м'язової і жирової тканини; великі свині (>150 кг) мають більшу загальну масу та високий уміст сала, що важливо для виробництва продуктів із високим умістом жиру [5; 6; 9; 12; 14; 20; 22].

Отже, оптимізація технології вирощування та визначення раціональної вагової категорії свиней є необхідними умовами підвищення продуктивності та якості продукції свиñarства, що відповідає потребам ринку та сучасним вимогам продовольчої безпеки.

Мета роботи. Визначити вплив генотипу та передзабійної живої маси свиней на формування м'ясної продуктивності, оцінити взаємозв'язок між окремими показниками продуктивності та виділити ключові комплексні ознаки (Головні Компоненти), що характеризують загальну мінливість м'ясних ознак.

Матеріал і методи. Науково-господарські дослідження здійснювалися на базі СВК «Агрофірма «Миг-Сервіс-Агро» Миколаївської області. У рамках експерименту для проведення контрольного забою з метою оцінки забійних і м'ясних якостей було використано 60 голів молодняку свиней, розподілених на три дослідні групи.

До I групи віднесено тварин, отриманих від поєднання двопородних свиноматок (ВБ×Л) із кнурами породи дюрок (Д) канадської селекції (Genesus). Другу групу (II) сформували з молодняку, народженого від свиноматок (ВБ×Л) та кнурів породи п'єтрєн (П) французької селекції (Axiom). Третю групу (III) представили свині, отримані від схрещування маток (ВБ×Л) із кнурами термінальної лінії Махтер (Мк). Забійні та м'ясні показники визначали за досягнення живої маси 80, 100, 120 та 140 кг. Забій здійснювали на бійні СВК «Агрофірма «Миг-Сервіс-Агро». Дослідження передбачало визначення таких ознак: передзабійна жива маса (кг), забійна маса (кг), забійний вихід (%), маса охолодженої туші (кг), втрати після 24-годинного охолодження (%), товщина шпигу на рівні холки, 6–7 грудних хребців і крижів (мм), довжина напівтуші (см), довжина беконної половини (см), площа «м'язового вічка» (см²), вихід м'яса з туші (%) за стандартними методиками [5–8].

Умови утримання тварин відповідали вимогам ВНТП-АПК – 02.05 «Свиñarські підприємства (комплекс, ферми, малі ферми)» [3] та рекомендаціям генетичних компаній.

Годівля молодняку на різних етапах відгодівлі здійснювалася спеціалізованими комбікормами двох типів («гровер» та «фінішер»), виготовленими у власному комбікормовому цеху господарства відповідно до розроблених стратегій годівлі для різних вікових і вагових груп [11]. Для балансування раціонів застосовували білково-мінерально-вітамінні добавки та премікси виробництва ТОВ «Коудайс Україна».

Усі заходи з годівлі, напування, утримання, догляду та ветеринарної профілактики відповідали чинному законодавству України, зокрема вимогам «Про благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання» (Закон України «Про ветеринарну медицину», 2021) [10; 17].

Результати досліджень оброблено за допомогою статистичних методів із використанням комп'ютерної техніки та пакетів прикладного програмного забезпечення *STATISTICA v. 7.0* (StatSoft Inc., США) на підставі загальноприйнятих методик [1; 18].

Виклад основного матеріалу дослідження. Формування продуктивних характеристик свиней, зокрема забійних та м'ясних ознак, значною мірою зумовлюється живою масою тварин у момент досягнення відповідних вагових кондицій. При цьому спостерігаються специфічні відмінності між генотипами, що підтверджено результатами експериментальних досліджень. Установлено, що швидкість накопичення м'язової тканини, інтенсивність відкладення жирових резервів та морфометричні параметри туші залежать як від селекційної приналежності, так і від етапу росту та розвитку тварин [5; 6]. Під час проведення двофакторного дисперсійного аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) свиней на їх забійну масу було встановлено вірогідний вплив лише для фактора «передзабійна жива маса» ($p < 0,001$) (табл. 1).

Узагальнені результати аналізу середніх значень забійної маси свиней залежно від генотипу та їх передзабійної живої маси [5] свідчать про чітко виражену тенденцію лінійного зростання забійної маси зі збільшенням ПЗЖМ. Водночас установлено міжгрупові відмінності щодо інтенсивності цього зростання. Проведений однофакторний коваріаційний аналіз (ANCOVA) підтвердив статистично значущу неоднорідність коефіцієнтів нахилу регресійних ліній залежності забійної маси від ПЗЖМ для досліджуваних генотипових груп ($F = 6,04$; $p = 0,004$). Найвищі темпи приросту забійної маси відзначено у свиней II групи, тоді як найнижчі – у тварин III групи.

Результати двофакторного дисперсійного аналізу показали, що на показники забійного виходу свиней статистично вірогідно впливали генотип та передзабійна жива маса ($p \leq 0,001$ у всіх випадках) (табл. 1). Відзначається зростання забійного виходу зі збільшенням передзабійної живої маси (ПЗЖМ). Проте інтенсивність цього зростання відрізняється як між окремими групами свиней, так і для окремих градацій передзабійної живої маси. Вірогідні відмінності між оцінками забійного виходу для окремих генотипових груп свиней було відзначено лише у разі досягнення ваги 140 кг. І ці відмінності стосуються свиней II та III груп.

Під час проведення аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси свиней на масу охолодженої туші було встановлено вірогідний вплив лише для фактора «передзабійна жива маса» ($p < 0,001$) (табл. 1). Установлено лінійне зростання маси охолодженої туші свиней зі зростанням їх ПЗЖМ. При цьому відзначено міжгрупові відмінності щодо швидкості зростання маси охолодженої туші зі зростанням ПЗЖМ. Результати коваріаційного аналізу свідчать про вірогідну відсутність гомогенності щодо коефіцієнту кута нахилу регресійних ліній залежності маси туші від ПЗЖМ для трьох генотипових груп свиней ($F = 3,76$; $p = 0,030$). Найвищу інтенсивність зростання маси туші залежно від ПЗЖМ було відзначено серед свиней II групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂П}$), а найменшу – серед свиней III групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂Мк}$).

За результатами дисперсійного аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) свиней на втрати маси туші (у кг) після 24 год охолодження було встановлено високо вірогідний вплив як для генотипової групи ($p < 0,001$), так і для передзабійної живої маси ($p = 0,009$) (табл. 1). Відзначаємо, що для тварин I групи втрати були найнижчими для всіх категорій ПЗЖМ, тоді як для тварин II групи, навпаки, ці втрати були найвищими. Хоча вірогідні відмінності між цими двома групами свиней мали місце лише у випадку 140 кг.

Аналіз впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) свиней на втрати маси туші (у %) після 24 год охолодження демонструє високо вірогідний вплив лише для фактора «генотипова група» ($p < 0,001$) (табл. 1). Відзначається тенденція до зниження оцінок цієї ознаки зі зростанням ПЗЖМ незалежно від генотипу і відповідає загальній тенденції попереднього випадку. При цьому вірогідні відмінності між цими двома групами свиней мали місце у випадку 100 кг та 140 кг.

Під час проведення двофакторного дисперсійного аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) свиней на товщину шпигу в холці було встановлено вірогідний вплив як для генотипової групи ($p = 0,016$), так і для передзабійної живої маси ($p < 0,001$) (табл. 1). Відзначаємо майже лінійне зростання товщини шпигу в холці свиней зі зростанням їх передзабійної живої маси. Результати однофакторного коваріаційного аналізу (ANCOVA) свідчать про наявність гомогенності щодо коефіцієнту кута нахилу регресійних ліній залежності забійної маси від ПЗЖМ для трьох генотипових груп свиней ($F = 1,76$; $p = 0,182$). Тобто незалежно від генотипової групи товщина шпигу в холці зростала з однаковою інтенсивністю зі зростанням ПЗЖМ тварин.

Під час проведення двофакторного дисперсійного аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) свиней на товщину шпигу над 6–7 грудними хребцями було встановлено вірогідний вплив для передзабійної живої маси ($p < 0,001$), а також сумісний вплив обох головних факторів ($p = 0,001$) (табл. 1). Це свідчить про нерівномірне зростання оцінок товщини шпигу над 6–7 грудними хребцями серед тварин різних генотипів для різних градацій ПЗЖМ. У найбільшому ступені зростання товщини шпигу над 6–7 грудними хребцями відзначається після досягнення 120 кг ПЗЖМ. Вірогідні відмінності було відзначено лише у випадку 140 кг ПЗЖМ між тваринами II ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂П}$) та I ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂Д}$) груп.

За результатами аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси свиней на товщину шпигу на крижах було встановлено як вірогідний вплив обох головних факторів, так і їх сумісний вплив (у всіх випадках:

Таблиця 1. Вплив генотипу та передзабійної живої маси на забійні та м'ясні ознаки свиней за результатами двофакторного дисперсійного аналізу

Фактор мінливості	SS	df	MS	F	p	η^2 , %
<i>на забійну масу</i>						
Генотип (А)	14,27	2	7,13	2,50	0,093	0,07
ПЗЖМ (В)	21046,15	3	7015,38	2459,67	< 0,001	99,14
А×В	30,47	6	5,08	1,78	0,123	0,14
Помилка	136,90	48	2,85	—	—	0,64
Разом	21227,79	59,00	7030,45	—	—	100,00
<i>на забійний вихід</i>						
Генотип (А)	10,59	2	5,30	7,73	0,001	4,35
ПЗЖМ (В)	188,46	3	62,82	91,66	< 0,001	77,42
А×В	11,47	6	1,91	2,79	0,021	4,71
Помилка	32,90	48	0,69	—	—	13,51
Разом	243,42	59,00	70,71	—	—	100,00
<i>на масу охолодженої туші</i>						
Генотип (А)	7,90	2	3,95	1,36	0,267	0,04
ПЗЖМ (В)	20512,30	3	6837,43	2351,86	< 0,001	99,15
А×В	27,36	6	4,56	1,57	0,177	0,13
Помилка	139,55	48	2,91	—	—	0,67
Разом	20687,11	59,00	6848,85	—	—	100,00
<i>на втрати маси туші (у кг) після 24 год. охолодження</i>						
Генотип (А)	9,20	2	4,60	13,25	< 0,001	29,25
ПЗЖМ (В)	4,44	3	1,48	4,26	0,009	14,12
А×В	1,14	6	0,19	0,55	0,768	3,64
Помилка	16,66	48	0,35	—	—	52,99
Разом	31,45	59,00	6,62	—	—	100,00
<i>на втрати маси туші (у %) після 24 год. охолодження</i>						
Генотип (А)	12,41	2	6,20	13,84	< 0,001	32,37
ПЗЖМ (В)	3,40	3	1,13	2,53	0,069	8,86
А×В	1,01	6	0,17	0,38	0,890	2,64
Помилка	21,51	48	0,45	—	—	56,13
Разом	38,33	59,00	7,95	—	—	100,00
<i>на товщину шпигу в холці</i>						
Генотип (А)	19,60	2	9,80	4,52	0,016	0,24
ПЗЖМ (В)	7908,72	3	2636,24	1216,73	< 0,001	98,08
А×В	30,93	6	5,16	2,38	0,043	0,38
Помилка	104,00	48	2,17	—	—	1,29
Разом	8063,25	59,00	2653,36	—	—	100,00
<i>на товщину шпигу над 6–7 грудним хребцем</i>						
Генотип (А)	9,43	2	4,72	2,25	0,116	0,14
ПЗЖМ (В)	6427,60	3	2142,53	1024,32	< 0,001	97,45
А×В	58,30	6	9,72	4,65	0,001	0,88
Помилка	100,40	48	2,09	—	—	1,52
Разом	6595,73	59,00	2159,06	—	—	100,00
<i>на товщину шпигу на крижах</i>						
Генотип (А)	22,63	2	11,32	6,26	0,004	0,77
ПЗЖМ (В)	2783,07	3	927,69	513,01	< 0,001	94,95
А×В	38,43	6	6,41	3,54	0,006	1,31
Помилка	86,80	48	1,81	—	—	2,96
Разом	2930,93	59,00	947,22	—	—	100,00
<i>на довжину туші</i>						
Генотип (А)	13,43	2	6,72	2,83	0,069	0,14
ПЗЖМ (В)	9586,18	3	3195,39	1345,43	< 0,001	98,08
А×В	60,57	6	10,09	4,25	0,002	0,62
Помилка	114,00	48	2,37	—	—	1,17
Разом	9774,18	59,00	3214,58	—	—	100,00
<i>на довжину беконної половинки</i>						
Генотип (А)	16,08	2	8,04	2,51	0,092	0,20
ПЗЖМ (В)	7937,77	3	2645,92	824,96	< 0,001	97,40
А×В	41,63	6	6,94	2,16	0,063	0,51
Помилка	153,95	48	3,21	—	—	1,89
Разом	8149,43	59,00	2664,11	—	—	100,00
<i>на площу «м'язового вічка»</i>						
Генотип (А)	8,06	2	4,03	2,56	0,088	0,64
ПЗЖМ (В)	1141,44	3	380,48	241,80	< 0,001	90,66
А×В	34,04	6	5,67	3,61	0,005	2,70
Помилка	75,53	48	1,57	—	—	6,00
Разом	1259,07	59,00	391,76	—	—	100,00
<i>на вихід м'яса з туші</i>						
Генотип (А)	7,67	2	3,84	3,97	0,025	0,84
ПЗЖМ (В)	842,77	3	280,92	290,96	< 0,001	92,30
А×В	16,32	6	2,72	2,82	0,020	1,79
Помилка	46,34	48	0,97	—	—	5,08
Разом	913,10	59,00	288,44	—	—	100,00

$p \leq 0,001-0,006$) (табл. 1). Знову ж мало місце нерівномірне зростання оцінок товщини шпику на крижах серед тварин різних генотипів для різних градацій ПЗЖМ. У найбільшому ступені зростання товщини шпику на крижах, як і у попередньому випадку, відзначається після досягнення 120 кг ПЗЖМ. Вірогідні відмінності було відзначено лише для 80 кг ПЗЖМ між тваринами III ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{МК}$) та I ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{Д}$) груп.

Результати двофакторного дисперсійного аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) на довжину туші свиней засвідчили статистично значущий ефект ПЗЖМ ($p < 0,001$), а також комбіновану дію обох факторів ($p = 0,002$) (табл. 1). Аналіз середніх значень довжини туші залежно від генотипу та рівня ПЗЖМ показав нерівномірну динаміку цієї ознаки для різних градацій ПЗЖМ (незалежно від генотипу). Після досягнення 100 кг ПЗЖМ темпи приросту довжини туші сповільнювалися, проте у діапазоні понад 120 кг відновлювалося зростання показника. Вірогідні міжгрупові відмінності встановлено лише за досягнення 140 кг ПЗЖМ – між свинями III групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{МК}$) та I групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{Д}$).

Результати двофакторного дисперсійного аналізу показали, що на довжину беконної половинки охолодженої півтуші свиней статистично вірогідно впливала лише передзабійна жива маса ($p < 0,001$), тоді як фактор генотипу істотного ефекту не мав (табл. 1). Подібно до попередніх показників спостерігалася нерівномірна динаміка зміни цієї ознаки за різних градацій ПЗЖМ (незалежно від генотипу). Після досягнення тваринами 100 кг ПЗЖМ темпи приросту довжини беконної половини знижувалися, проте у діапазоні понад 120 кг відзначалося певне відновлення зростання. Вірогідні відмінності за цим показником зафіксовано лише у тварин із ПЗЖМ 140 кг – між свинями I та III груп.

Під час аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) свиней на площу «м'язового вічка» було встановлено вірогідний вплив ПЗЖМ ($p < 0,001$), а також сумісний вплив обох головних факторів ($p = 0,005$) (табл. 1). Після досягнення 120 кг ПЗЖМ швидкість зростання площі «м'язового вічка» збільшувалася зі зростанням ПЗЖМ. Для цієї ознаки вірогідні відмінності також було відзначено лише для 140 кг ПЗЖМ між тваринами III ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{МК}$) та I ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{Д}$) груп.

Під час проведення двофакторного дисперсійного аналізу впливу генотипу та передзабійної живої маси (ПЗЖМ) свиней на вихід м'яса було встановлено вірогідний вплив як обох головних факторів, так і їхнього сумісного впливу. Знову ж, найбільший вплив було встановлено для ПЗЖМ ($p < 0,001$) (табл. 1). На відміну від усіх попередньо проаналізованих ознак м'ясних якостей свиней вихід м'яса мав криволінійну залежність від ПЗЖМ: він досягав свого максимально можливого значення (близько 63–64%) для 100 кг, але потім поступово знижувався і за 140 кг варіював у межах 50–60% для свиней різних груп. Вірогідні відмінності для виходу м'яса також було відзначено лише для 140 кг між тваринами III ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{МК}$) та I ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂} \text{Д}$) груп.

Отже, узагальнені результати, наведені в табл. 2, відображають вплив генотипу (А), передзабійної живої маси (В) та їх взаємодії (А×В) на м'ясні якості свиней. Найбільш виражений ефект на досліджувані показники справляла передзабійна жива маса тварин за винятком утрат маси туші (%) після 24-годинного охолодження. Водночас вплив генотипу було встановлено для таких ознак, як забійний вихід, утрати маси туші (у кг та %), товщина шпику в ділянці холки та крижів, а також вихід м'яса з туші. Сумісна дія обох головних факторів (А×В) найбільшою мірою проявлялася щодо товщини шпику на рівні 6–7 грудних хребців і крижів, довжини туші та площі «м'язового вічка».

Було встановлено високий рівень взаємної мінливості між окремими м'ясними ознаками свиней різних генотипів та різної передзабійної живої маси (ПЗЖМ) (табл. 3). Здебільшого значення коефіцієнтів кореляції перевищували 0,8, а для окремих показників, таких як передзабійна маса, забійна маса, маса охолодженої туші, товщина шпику в ділянці холки тощо, сягали понад 0,99. Це свідчить про високий рівень інтеркореляції більшості досліджуваних ознак. Разом із тим утрати маси туші після 24-годинного охолодження (у кг) характеризувалися відносно низькими коефіцієнтами кореляції з іншими показниками (у межах 0,3–0,4). Для цього ж показника, вираженого у відсотках, взаємозв'язку з іншими ознаками не виявлено. Низькі, але статистично значущі кореляційні зв'язки було відзначено також для виходу м'яса з туші. Найвищі значення коефіцієнтів кореляції цього показника встановлено з довжиною беконної половинки (+0,740) та довжиною туші (+0,672).

Таблиця 2. Інтегровані результати аналізу впливу генотипу (А), передзабійної живої маси (В) та їх взаємодії (А×В) на показники забійних і м'ясних якостей свиней

Ознака	А	В	А×В
Забійна маса	*	***	ns
Забійний вихід	***	***	*
Маса охолодженої туші	ns	***	ns
Втрати маси туші (у кг) після 24 год охолодження	***	**	ns
Втрати маси туші (у %) після 24 год охолодження	***	ns	ns
Товщина шпику в холці	*	***	*
Товщина шпику над 6–7 грудними хребцями	ns	***	***
Товщина шпику на крижах	**	***	**
Довжина туші	ns	***	**
Довжина беконної половинки охолодженої півтуші	ns	***	ns
Площа «м'язового вічка»	ns	***	**
Вихід м'яса з туші	*	***	*

Таблиця 3. Оцінки коефіцієнта кореляції між м'ясними ознаками свиней різних генотипів та вагових кондицій

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	×	0,997	0,866	0,997	0,332		0,992	0,955	0,922	0,962	0,926	0,930	0,507
2		×	0,899	0,999	0,350		0,992	0,961	0,928	0,956	0,916	0,934	0,483
3			×	0,895	0,416		0,873	0,863	0,830	0,818	0,766	0,828	0,350
4				×	0,316		0,991	0,958	0,925	0,955	0,915	0,931	0,484
5					×	0,824	0,343	0,379	0,377	0,328	0,318	0,374	
6						×							
7							×	0,960	0,928	0,946	0,906	0,914	0,473
8								×	0,981	0,897	0,845	0,933	0,311
9									×	0,870	0,818	0,923	0,272
10										×	0,989	0,923	0,672
11											×	0,895	0,740
12												×	0,444
13													×

Примітки: ознаки №: 1 – передзабійна маса; 2 – забійна маса; 3 – забійний вихід; 4 – маса охолодженої туші; 5 – втрати маси туші після 24 год охолодження, кг; 6 – втрати маси туші після 24 год охолодження, %; 7 – товщина шпигу в холці; 8 – товщина шпигу над 6–7 грудними хребцями; 9 – товщина шпигу на крижах; 10 – довжина туші; 11 – довжина беконної половинки; 12 – площа «м'язового вічка»; 13 – вихід м'яса з туші.

Наведено лише оцінки коефіцієнта кореляції, для яких $p < 0,05$

У табл. 4 подано оцінки факторних навантажень перших трьох головних компонент, розрахованих на основі варіаційно-коваріаційної матриці м'ясних ознак свиней різних генотипів та кондицій передзабійної живої маси. Сукупно ці три компоненти пояснювали 96,5% загальної мінливості вихідної матриці. Зокрема, перша головна компонента (PCA1) відображала 74,8% загальної мінливості та характеризувалася високими значеннями факторних навантажень для більшості досліджуваних ознак. Відповідно, вона може бути інтерпретована як інтегральна ознака «забійна маса».

Таблиця 4. Факторні навантаження перших трьох головних компонент, отриманих на основі варіаційно-коваріаційної матриці м'ясних ознак свиней різних генотипів і вагових кондицій

Ознака	Головна компонента		
	PC1	PC2	PC3
Передзабійна маса	0,991	-0,051	-0,030
Забійна маса	0,993	-0,029	-0,059
Забійний вихід	0,891	0,099	-0,156
Маса охолодженої туші	0,991	-0,065	-0,063
Втрати маси туші після 24 год охолодження у кг	0,381	0,915	0,074
Втрати маси туші після 24 год охолодження у %	-0,173	0,974	0,105
Товщина шпигу в холці	0,984	-0,035	-0,068
Товщина шпигу над 6–7 грудними хребцями	0,961	0,031	-0,238
Товщина шпигу на крижах	0,935	0,050	-0,268
Довжина туші	0,976	-0,060	0,180
Довжина беконної половинки охолодженої напівтуші	0,946	-0,069	0,284
Площа «м'язового вічка»	0,953	0,029	-0,064
Вихід м'яса з туші	0,533	-0,134	0,831
Частка мінливості, %	74,8	14,1	7,6

Примітка: напівжирним шрифтом позначено оцінки факторних навантажень ознак, що роблять найбільший внесок в ідентифікацію відповідної Головної Компоненти.

Друга головна компонента (PCA2) пояснювала 14,1% загальної мінливості варіаційно-коваріаційної матриці м'ясних ознак свиней різних генотипів та кондицій ПЗЖМ і характеризувалася високими факторними навантаженнями для показників утрат маси туші після 24-годинного охолодження (як у кілограмах, так і у відсотках). Відповідно, вона може бути інтерпретована як «втрати маси туші після 24 год охолодження».

Третя головна компонента (PCA3) описувала 7,6% загальної мінливості і мала високі факторні навантаження для показника виходу м'яса з туші, що дає змогу інтерпретувати її як «вихід м'яса з туші».

Таким чином, результати аналізу головних компонент дали змогу редукувати 13 вихідних показників до трьох комплексних латентних ознак (Головних Компонент), які відображають основну частину мінливості вихідної матриці, водночас залишаючись ортогональними між собою та забезпечуючи можливість наочної інтерпретації результатів.

На рис. 1 подано ординацію центроїдів груп свиней залежно від генотипу та ПЗЖМ у просторі першої та другої Головних Компонент, розрахованих на основі варіаційно-коваріаційної матриці м'ясних ознак.

Чітко простежується диференціація між групами як за генотипом, так і за передзабійною живою масою. Перша Головна Компонента розмежовує групи переважно відповідно до їх живої маси перед забоєм, тоді як друга забезпечує диференціацію за генотипом. Установлено, що у тварин I групи (♀(ВБ×Л)×♂Д) утрати маси туші після 24-годинного охолодження були найнижчими серед усіх категорій живої маси перед забоєм, тоді як у тварин II групи (♀(ВБ×Л)×♂П) вони, навпаки, виявилися найвищими.

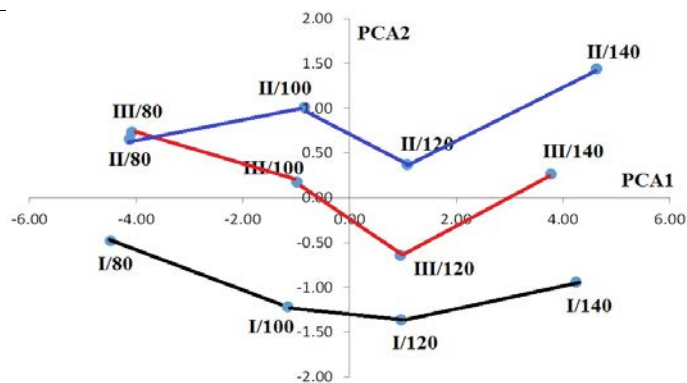


Рис. 1. Ординація центроїдів груп свиней у просторі першої та другої Головних Компонент (варіаційно-коваріаційна матриця м'ясних ознак)

На рис. 2 подано ординацію центроїдів груп свиней залежно від генотипу та ПЗЖМ у просторі першої та третьої Головних Компонент, розрахованих на основі варіаційно-коваріаційної матриці м'ясних ознак.

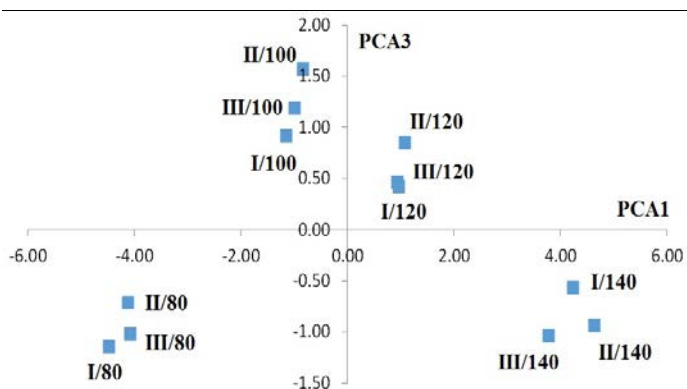


Рис. 2. Ординація центроїдів груп свиней у просторі першої та третьої Головних Компонент (варіаційно-коваріаційна матриця м'ясних ознак)

У цьому разі найбільш виразні відмінності виявлено саме щодо передзабійної живої маси. Групи з різними кондиціями передзабійної живої маси розташовані вздовж осі першої Головної Компоненти незалежно від генотипу. Друга Головна Компонента також забезпечує диференціацію за показником передзабійної живої маси. Так, для тварин із живою масою перед забоєм 80 кг характерний низький рівень забійної маси та виходу м'яса з туші; для 140 кг, навпаки, виявлено високий рівень забійної маси за низького виходу м'яса. Групи з живою масою перед забоєм на рівні 100 та 120 кг характеризуються середнім рівнем забійної маси та підвищеним виходом м'яса з туші.

На рис. 3 представлено ординацію центроїдів груп свиней за генотипом і передзабійною живою масою (ПЗЖМ) у просторі другої та третьої Головних Компонент, розрахованих на основі варіаційно-коваріаційної матриці м'ясних ознак.

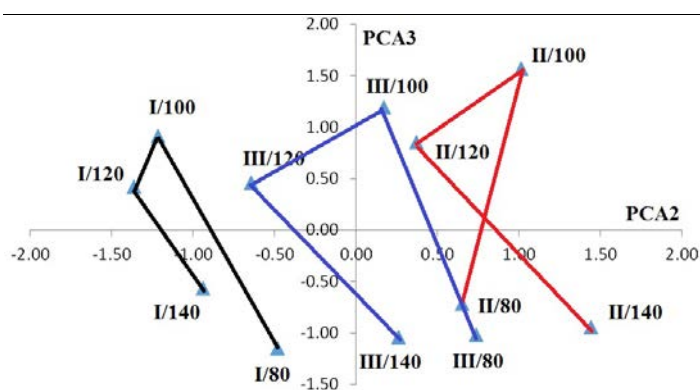


Рис. 3. Ординація центроїдів груп свиней у просторі другої та третьої Головних Компонент (варіаційно-коваріаційна матриця м'ясних ознак)

Можна констатувати, що за віссю другої Головної Компоненти (втрати маси туші після 24 год охолодження) спостерігається диференціація між окремими генотипами незалежно від їх передзабійної живої маси. Натомість за віссю третьої Головної Компоненти (вихід м'яса з туші) виявляється розмежування між групами тварин із різними кондиціями живої маси. Зокрема, тварини з передзабійною живою масою 80 та 140 кг відокремлюються від груп із живою масою перед забоєм 100 та 120 кг.

У цілому незалежно від генотипу простежується певна закономірність розташування груп у просторі другої та третьої Головних Компонент. За збільшення передзабійної живої маси від 80 до 100 кг зменшуються втрати маси туші після 24-годинного охолодження та зростає вихід м'яса. Подальший перехід від 100 до 120 кг супроводжується зменшенням утрат маси, але одночасним зниженням виходу м'яса. Нарешті, за зростання ПЗЖМ від 120 до 140 кг відзначається як підвищення втрат маси туші після 24-годинного охолодження, так і зниження виходу м'яса.

Висновки. Передзабійна жива маса свиней визначає основну частину варіації забійних та м'ясних ознак, істотно впливаючи на більшість досліджуваних показників ($p < 0,001$). При цьому оптимальні м'ясні показники досягаються у тварин середніх вагових кондицій, тоді як значне перевищення ваги перед забоєм може знижувати вихід м'яса та якість продукції.

Генотип свиней впливає на окремі показники продуктивності, зокрема забійний вихід, втрати маси туші, товщину шпигу та вихід м'яса. Утім, його ефект менший порівняно із впливом передзабійної маси, що свідчить про превалювання фактору фізіологічного стану над генетичним у визначенні продуктивних ознак.

Вихід м'яса з туші має криволінійну залежність від передзабійної маси, досягаючи максимальних значень за маси 100 кг і знижуючись до 50–60% за маси 140 кг. Це підтверджує доцільність визначення оптимальних вагових кондицій для забою залежно від генотипу та цільового продукту. Утрати маси туші після 24 год охолодження залежать від генотипу свиней, при цьому мінімальні втрати спостерігаються у тварин I групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂Д}$), а максимальні – у тварин II групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂П}$). Це підкреслює важливість урахування генетичної характеристики під час планування технології забою та зберігання продукції.

Комплексний аналіз Головних Компонент дав змогу виділити три ключові характеристики: «забійна маса», «втрати маси туші» та «вихід м'яса», які пояснюють понад 96% варіації м'ясних показників. Ці ознаки чітко диференціюють свиней за генотипом та передзабійною масою, що є важливим інструментом для прогнозування продуктивності та планування відгодівлі.

Установлено, що молодняк I групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂Д}$) демонструє високі забійні та м'ясні ознаки за досягнення вагових кондицій 120–140 кг. Для III групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂Мк}$) відгодівля до такої маси є недоцільною через значне зниження показників м'ясної продуктивності, тоді як молодняк II групи ($\text{♀}(\text{ВБ} \times \text{Л}) \times \text{♂П}$) показує помірне зниження показників м'ясних ознак за більшої передзабійної маси, з максимальними показниками у легших тварин (80–100 кг).

Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію передзабійної маси для різних генотипів свиней із метою підвищення забійних і м'ясних показників, розширення аналізу нових комбінацій порід та ліній, вивчення взаємозв'язку генотипу й умов утримання, оцінку економічної ефективності відгодівлі та інтеграцію інноваційних технологій моніторингу росту й здоров'я тварин для підвищення продуктивності та якості м'яса.

Список використаних джерел

1. Крамаренко С.С., Луговий С.І., Лихач А.В., Крамаренко О.С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
2. Забійні якості свиней різних генотипів / Г.О. Бірта та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2022. Вип. 4(47). С. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.11>.
3. Відомчі норми технологічного проектування. Свиноарські підприємства (комплекс, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК – 02.05. Київ : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryemstva-VNTP-APK-02.05.pdf
4. Морфологічний склад туш свиней данського і канадського походження та вплив статі й передзабійної маси на їхню якість / В. Волошинов та ін. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2024. Т. 26. № 101. С. 182–193. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10130>.
5. Коробань М.П. Підвищення продуктивності молодняку свиней різних вагових кондицій за сучасних технологій годівлі та утримання : дис. ... д-ра філософії : 204. Київ, 2025. 207 с.
6. 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.
7. Ладика В.І., Хмельничий Л.М., Повод М.Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.
8. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І.І. Ібатуліна, О.М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.
9. 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. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8>.
10. 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.

11. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г.В. Проваторова ін. Суми : Університетська книга, 2007. 488 с.
12. Лихач А.В., Лихач В.Я. Підвищення ефективності промислового виробництва свинини на основі використання етологічних факторів : монографія. Миколаїв : Іліон, 2023. 422 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. Халак В.І., Гутий Б.В., Стадницька О.І. Відгодівельні та м'ясні якості молодняку свиней різного походження та інтенсивності формування у ранньому онтогенезі. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2019. Вип. 21(91). С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9102>.
15. Відгодівельні та забійні якості свиней різних вагових категорій, дорощених у станках на полімерній та бетонній підлозі / Л.М. Хмельничий та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*, 2020. Вип. 1(40). С. 3–10.
16. Царенко О.М., Крятов О.В., Бондарчук Л.В. Ресурсозберігаючі технології виробництва свинини: теорія і практика : навчальний посібник. Суми : Універсальна книга, 2004. 269 с.
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. Feinstein A.R. *Multivariable analysis: an introduction*. Yale University Press, 1996. 613 p.
19. Li J., Yang Y., Zhan T., Zhao Q., Zhang J., Ao X., Tang C. Effect of slaughter weight on carcass characteristics, meat quality, and lipidomics profiling in longissimus thoracis of finishing pigs. *LWT*. 2021. Vol. 140. P. 110705.
20. Lykhach V., Lykhach A., Lenkov L., Chepil L., Ohienko 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.
21. Management of innovative technologies creation of bio-products: monograph / V. Lykhach, A. Lykhach, M. Duczmal, M. Janicki, M. Ohienko, A. Obozna, O. Kucher, R. Faustov. Opole – Kyiv. 2020. 223 p. 85 tab. Fig. 14.
22. Voloshynov V., Povod M., Mykhalko O., Verbelchuk T., Verbelchuk S., Koberniuk V., Lavryniuk O., Shcherbatiuk N. The efficiency of pigs from different genetic origins under industrial conditions in Ukraine. *Online J. Anim. Feed Res.* 2024. Vol. 14(4). P. 225–233. DOI: <https://dx.doi.org/10.51227/ojaf.2024.27>

Lenkov L. G.

*Candidate of Agricultural Sciences, Doctoral Student at the Department of Animal Husbandry Technologies,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: lenkov.leonid@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1596-6740

Koroban M. P.

*Doctor of Philosophy (Agricultural Sciences and Food),
Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: marikoroban@gmail.com

ORCID: 0009-0003-1763-2629

Lykhach V. Y.

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Animal Husbandry Technologies
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-9150-6730

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

Faustov R. V.*Doctor of Philosophy (Agricultural Sciences and Food), Senior Researcher at the Laboratory of Innovative Technologies and Experimental Livestock Facilities, Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine Poltava, Ukraine***E-mail:** svalker2013@gmail.com**ORCID:** 0000-0003-2732-4032

FORMATION OF MEAT CHARACTERISTICS IN PIGS DEPENDING ON GENOTYPE AND PRE-SLAUGHTER LIVE WEIGHT

Abstract

The productive performance of pigs, in particular slaughter and meat characteristics, is largely determined by the pre-slaughter live weight of animals, while the genotypic features of their development are also evident. The aim of the study was to evaluate the influence of genotype and pre-slaughter live weight (PSLW) on the formation of slaughter and meat characteristics in pigs. The experiments were conducted at the Agrofirma Mig-Service-Agro agricultural enterprise in the Mykolaiv region. Sixty young pigs were used and divided into three groups. Group I: a combination of sows (LW×L) with boars of the Duroc breed (D) of Canadian selection (Genesus), Group II: combination of sows (LW×L) with Pietrain boars (P) of French selection (Axiom) and Group III: combination of sows (LW×L) with boars of the terminal line «Maxter» (Mk) selected by France Hybrides. It has been experimentally established that the productive characteristics of animals are largely determined by their PSLW, but the manifestation of certain traits also depends on the genotype. The results of two-factor analysis of variance indicate a statistically significant effect of PSLW on slaughter weight, chilled carcass weight, carcass length, bacon half length, and muscle eye area ($p < 0.001$), while the genotype influenced the thickness of the fat, carcass weight loss after cooling, slaughter yield, and meat yield from the carcass. For most traits, a linear increase in values was observed with an increase in PSLW, but some parameters, in particular meat yield, had a curvilinear dependence with a maximum at 100 kg PSLW. Covariance analysis revealed heterogeneity in the slope coefficients of the regression lines for slaughter weight and chilled carcass weight among genotype groups, indicating specific growth rates for different breed combinations. Correlation analysis showed a high level of interdependence of most meat traits ($r > 0.8$), except for carcass weight loss and meat yield, which had a weak or no correlation with other indicators. Principal component analysis allowed us to identify three complex traits from 13 initial traits that describe more than 96% of the total variability: slaughter weight, carcass weight loss after 24 hours of cooling, and meat yield from the carcass. Ordinal analysis confirmed the differentiation of pig groups by PSLW and genotype, determining the optimal conditions for the maximum manifestation of slaughter and meat characteristics. The results obtained can be used to improve selection-genetic and technological programs in pig breeding in order to increase the efficiency of meat production and product quality.

Key words: genotype, principal components, variance analysis, meat traits, pre-slaughter live weight, productivity, pigs, technology.

References

1. Kramarenko, S.S., Lugovoy, S.I., Lykhach, A.V. & Kramarenko O.S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta seleksii tvaryn* [Analysis of biometric data in animal breeding and selection]. Mykolayiv: MNAU, 211. [in Ukrainian].
2. Birta, H.O., Burhu, Yu.H., Floka, L.V., Horiachova, O.O. & Khmelnytska Ye.V. (2022). Zabiini yakosti svynei riznykh henotypiv [Slaughter quality of pigs of different genetic types]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Seriya: Tvarynnytstvo, Vyp. 4(47). S. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.11> [in Ukrainian].
3. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svynarski pidpriemstva (kompleksi, fermi, mali fermi), VNTP-APK – 02.05*. [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK – 02.05]. K.: Minahropolityky Ukrainy, (2005), 98. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpriemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].
4. Voloshynov, V., Hutyi, B., Shostia, A., Usenko, S., Slynko, V., Fesenko, O. & Izhboldina O. (2024). Morfolohichniy sklad tush svynei danskoho i kanadskoho pokhodzhennia ta vplyv stati y peredzabiinoi masy na yikh yakist [Morphological composition of Danish and Canadian pig carcasses and the influence of sex and pre-slaughter weight on their quality]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho*. Seriya: Silskohospodarski nauky. T. 26. №101. S. 182–193. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10130> [in Ukrainian].
5. Koroban M.P. (2025). Pidvyshchennia produktyvnosti molodniaku svynei riznykh vahovykh kondytsii za suchasnykh tekhnolohii hodivli ta utrymannia [Increasing the productivity of young pigs of different weight conditions with modern feeding and housing technologies]: dys. ... d-ra filosofii : 204 / Kyiv. nats. un-t. bioresursiv. i pryrodokorys. Ukrainy. Kyiv. 207. [in Ukrainian].
6. Koroban, M.P. & Lykhach, V.Ya. (2024). Zabiini ta miasni yakosti molodniaku svynei suchasnykh henotypiv za riznykh vahovykh kondytsii v umovakh promyslovoi tekhnolohii [Slaughter and meat quality of young pigs of modern genotypes under different weight conditions in industrial technologies]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. Seriya: Silskohospodarski nauky». Vyp. 135. Ch. 1. S. 178–188. [in Ukrainian].
7. 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].
8. 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]. K., 328. [in Ukrainian].
9. Mykhalko, O.H., Povod, M.H., Kokhana, L.D. & Plechko O.S. (2020). Vidhodivelni ta zabiini yakosti svynei irlandskoho pokhodzhennia za riznoi intensyvnoyi rostu na vidhodivli [Fattening and slaughter qualities of pigs of Irish origin at different growth

intensities during fattening]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Seria: «Tvarynnytstvo», SNAU. Vyp. 4. S. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8> [in Ukrainian].

10. 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 Yustytisii Ukrainy № 206/35828. [in Ukrainian].

11. Provatorov, H.V., Ladyka, V.I., Bondarchuk, L.V., Provatorova, V.O. & Opara V.O. (2007). *Normy hodyvli, 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].

12. 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].

13. Povod, M.O., Bondarska, Lykhach, V., Zhyska, S. & Nechmilov, V., et al. (2021). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva*. [Technology of pig production: a textbook]. Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO, 360. [in Ukrainian].

14. Khalak, V.I., Hutyi, B.V. & Stadnytska, O.I. (2019). Vidhodivelni ta miasni yakosti molodniaku svynei riznoho pokhodzhennia ta intensyvnosti formuvannia u rannomu ontogenezi [Fattening and meat qualities of young pigs of different origins and intensity of formation in early ontogenesis]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho*. Seria: Silskohospodarski nauky, Vyp. 21(91). S. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32718/nlvet-a9102> [in Ukrainian].

15. Khmelnychyi, L.M., Vechorka, V.V., Shpetnyi, M.B., Bordunova, O.H., Pavlenko, Yu.M. & Opara V.O. Vidhodivelni ta zabiini yakosti svynei riznykh vahovykh katehori doroshchenykh u stankakh na polimernii ta betonni pidlozi [Fattening and slaughter qualities of pigs of different weight categories raised in pens on polymer and concrete floors]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Seria: Tvarynnytstvo, SNAU. 2020. Vyp. 1 (40). S. 3–10. [in Ukrainian].

16. 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].

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> [in English].

18. Feinstein, A.R. (1996). *Multivariable analysis: An introduction*. Yale University Press. [in English].

19. Li, J., Yang, Y., Zhan, T., Zhao, Q., Zhang, J., Ao, X. & Tang, C. (2021). Effect of slaughter weight on carcass characteristics, meat quality, and lipidomics profiling in longissimus thoracis of finishing pigs. *LWT*, 140, 110705. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110705>. [in English].

20. Lykhach, V., Lykhach, A., Lenkov, L., Chepil, L., Ohienko, M., Pokusa, F., Palimaka, D., Faustov, R., & Reznichenko, V. (2025). Increasing the efficiency of agribusiness: Strategic gene pool management and technological innovations (Monograph, 260 pp.). Opole – Kyiv: Polska. [in English].

21. Lykhach, V., Lykhach, A., Duczmal, M., Janicki, M., Ohienko, M., Obozna, A., Kucher, O. & Faustov, R. (2020). Management of innovative technologies creation of bio-products [Monograph]. Opole – Kyiv [in English].

22. Voloshynov, V., Povod, M., Mykhalko, O., Verbelchuk, T., Verbelchuk, S., Koberniuk, V., Lavryniuk, O. & Shcherbatiuk, N. (2024). The efficiency of pigs from different genetic origins under industrial conditions in Ukraine. *Online Journal of Animal Feed Research*, 14(4), 225–233. DOI: <https://dx.doi.org/10.51227/ojafr.2024.27>. [in English].

Отримано: 08.09.2025

Рекомендовано: 10.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 636.083/.084:636.52/.58

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.15>**Мельник В. В.**

доктор історичних наук,
професор кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: melnikvika@nubip.edu.ua**ORCID:** 0000-0003-2491-757X**Прокопенко Н. П.**

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: ProkopenkoNP@nubip.edu.ua**ORCID:** 0000-0001-7967-884X**Базиволяк С. М.**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій у тваринництві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: svitlanasmic@gmail.com**ORCID:** 0000-0003-1656-5754**Темченко Д. В.**

здобувач вищої освіти освітнього ступеня «Магістр»
факультету тваринництва та водних біоресурсів,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Київ, Україна

E-mail: dasha.temch@gmail.com**ORCID:** 0009-0002-9459-4569

УТРИМАННЯ ТА ГОДІВЛЯ КУРЕЙ ПОРОДИ ШАБО В УМОВАХ КИЇВСЬКОГО ЗООЛОГІЧНОГО ПАРКУ

Анотація

Кури є найпоширенішим видом свійської птиці, що вирощується у світі. Попит на яйця і м'ясо курей продовжує зростати, проте одним із негативних наслідків цієї тенденції стала перевага використання високопродуктивних гібридів, що призвело до скорочення вирощування чистопородної птиці. Водночас у загальному виробництві яєць птиці в Україні вагома частка належить присадибним господарствам, де вирощують як гібридних курей сучасних кросів, так і чистопородних.¹ Зокрема, у 2024 р. у господарствах усіх категорій було вироблено 11597,9 млн яєць свійської птиці, із них 5531,4 млн шт. – у господарствах населення (47%).

Курей, які відзначаються значним різноманіттям порід і вірізняються різною структурою оперення, його кольоровою гамою та забарвленням, утримують також із рекреаційною та естетичною метою. Аматорське та декоративне птахівництво, яке має давні традиції у світовій практиці, останніми роками демонструє тенденцію до зростання популярності. При цьому поширеними є й мініатюрні кури (бентамки). Здебільшого бентамка має розміри, що приблизно у два-три рази менші порівняно з її більшими аналогами. Проте існують породи курей, яких відносять до так званих «справжніх» бентамок, які не мають відповідників серед повнорозмірних порід. Такі різновиди формуються як самостійні породи, і до цієї групи належать, зокрема, японські бентамки (порода шабо, або чабо). Метою роботи було дослідити умови утримання та годівлі курей породи шабо в умовах Київського зоопарку.

За результатами проведених досліджень встановлено, що у Київському зоологічному парку утримують курей породи шабо, яких використовують не лише як декоративну птицю, а й для насиджування яєць фазанів і дрібних представників водоплавної орнітофауни. Їх утримання здійснюється у відкритих вольєрах, внутрішніх секціях і кліткових блоках. Оцінювання живої маси півнів і курок породи шабо свідчить, що самці характеризуються більш інтенсивним ростом. Середнє значення живої маси у півнів ста-

новило $1431 \pm 46,2$ г, тоді як у самок – $1145,0 \pm 44,6$ г. Отже, жива маса самців перевищувала аналогічний показник самок на 25%, що відповідало різниці у 286 г. Усі отримані від курей шабо яйця використовувалися для інкубації за винятком тих, що не відповідали встановленим вимогам якості. Середня маса яйця, відповідно до отриманих результатів, дорівнювала $32,6 \pm 1,03$ г.

Ключові слова: кури, бентамки, утримання, годівля, зоопарк.

Вступ. Кури, які були одомашнені та вирощені тисячі років тому з метою отримання альтернативного джерела білка для людини, сьогодні задовольняють 35% світових потреб у м'ясі та 92% потреб у яйцях. Такий високий потенціал зробив птахівництво найбільш швидкозростаючою галуззю в усьому тваринництві [8]. Окрім того, що кури є важливим джерелом білка для людини, вони відіграють важливу соціально-культурну роль, будучи моделями в мистецтві, розважальних демонстраціях та релігійних церемоніях з моменту їх одомашнення [8; 12].

За даними FAO (Food and Agriculture Organization), у світі станом на 2022 р. налічувалося 26,56 млрд курей, що майже вдвічі більше порівняно з 2000 р. (14,12 млрд курей) [13]. У 2023 р. поголів'я курей у світі становило 27,2 млрд, а в Україні налічувалося 165,5 млн голів [6].

У 2024 р., незважаючи на те що в Україні триває війна, поголів'я птиці збільшилося до 187,6 млн голів (на 13,0%) [2]. При цьому яєць свійської птиці у господарствах усіх категорій було вироблено 11597,9 млн шт., із них 5531,4 млн шт. – у господарствах населення (47%) [1].

Отже, галузь розвивається. І хоча значний відсоток від загальної кількості птиці утримується на промислових підприємствах, певна частка також припадає і на присадибні господарства. Утримання курей у домогосподарствах забезпечує власника дієтичними яйцями, поживним м'ясом та субпродуктами, а також може підтримувати психоемоційний стан господаря.

Курятина – найбільш доступна та якісна продукція за всіма параметрами. Така ситуація зумовлена тим, що птахівництво є одним із найменш затратних видів тваринництва, при цьому м'ясо птиці набагато дешевше, ніж інші види м'яса, і в останні роки відбувається зростання попиту на нього. Найбільшу та поступово зростаючу частку в поголів'ї птиці займають кури й півні, що в господарствах населення становило від 86,3% до 91,4% у різні роки [3]. Яйця є доступним та поживним продуктом харчування, визнаним як корисний компонент раціону людини [5; 7]. За даними С. Рео-Годбер та ін. [9], яйця багаті на високоякісні білки, вітаміни та мінерали, а тому дієтологи їх рекомендують уживати для покращення здоров'я. Окрім своєї основної харчової цінності, яйця також містять біологічно активні сполуки з потенційною користю для здоров'я, які викликали зростаючий науковий інтерес в останні десятиліття.

В умовах сучасної урбанізації та інтенсивного скорочення сільського населення актуалізується проблема дефіциту земельних угідь для ведення індивідуальних господарств. Обмежені розміри присадибних ділянок значною мірою ускладнюють утримання високопродуктивних курей стандартного типу. Водночас перспективним напрямом є використання декоративних і карликових порід, зокрема бентамок.

Бентамка – це різновид курей, що є зменшеним відповідником великих порід. Здебільшого кури-бентамки є приблизно у два-три рази меншими за своїх більших представників [10]. Такими є, наприклад, німецькі лангшанські бентамки [11]. Водночас існують породи, яких відносять до так званих «справжніх» бентамок, які не мають повнорозмірної альтернативи (аналогів). Такі породи формуються як самостійні [10]. До справжніх бентамок відносять, зокрема, японських бентамок (порода шабо, або чабо). Через сильно розвинуту грудну клітку голова розташована так, що майже торкається хвоста, а надто вкорочені ноги ледь помітні крізь оперення. Крила вільно спадають і сягають земної поверхні [4].

Слід зазначити, що наукові публікації щодо умов утримання, годівлі, а також продуктивності курей породи шабо в Україні відсутні.

Мета роботи – дослідити умови утримання та годівлі курей породи шабо в умовах Київського зоопарку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проведено в умовах Київського зоологічного парку. Курей породи шабо утримують у стандартних вольєрах або в клітках, установлених у приміщенні у відділі птахів, проте на експозиції вони не представлені. Годування здійснюється повнораціонними комбікормами та соковитими кормами, які щодня готують на кормокухні; склад раціону варіює залежно від віку птиці та пори року. У Київському зоопарку утримується близько 40 особин курей шабо різних забарвлень оперення та морфологічних типів. У колекції представлено два основні різновиди: європейський – із дещо вигнутим хвостом, видовженим тулубом і невеликою живою масою (близько 500–800 г) та тайський – із масивнішим корпусом, розвинутим хвостовим оперенням і масою тіла 1–1,5 кг. Більшість поголів'я курей має генотип змішаного походження, у якому переважає спадковість тайського типу (від 75% до 98,5%).

Цю птицю використовують не лише як декоративну, а й для насиджування яєць фазанів і дрібних водоплавних птахів. Водночас здійснюється селекційна робота, спрямована на відбір за стандартами породи та відтворювальними якостями. Сформовано кілька груп курей відповідно до забарвлення оперення: білого, дикого, ситцевого та полового з чорним хвостом.

У процесі дослідження було вивчено умови утримання та годівлі курей породи шабо, а також визначено живу масу курок і півнів, масу яєць та індекс їхньої форми. Проведено облік яєчної продуктивності, а для встановлення маси яєць (індивідуально) їх зважували на електронних вагах. Додатково вимірювали великий і малий діаметри яєць, за співвідношенням яких обчислювали індекс форми.

У Київському зоологічному парку птиця утримується у відкритих вуличних вольєрах, внутрішніх (у приміщенні) вольєрах та кліткових конструкціях. Зовнішні (вуличні) вольєри сконструйовані з металевого профілю та обтягнуті сіткою; по периметру закладено фундамент на глибину 30–40 см. Частина площі вольєра накрита шифером. Грунтове покриття у вольєрах у зимовий період устеляється соломом з метою запобігання обмороженню птиці. У накритій частині обладнано сідало з кількома жердинами на різних рівнях для нічного відпочинку курей. Загальні розміри вольєрів становлять 8×3×3 м. Внутрішні вольєри виготовлено з дерев'яного бруса та зварної сітки, їхні габарити – 2×1×2 м. Як підстилковий матеріал застосовують тирсу або пісок залежно від щільності посадки поголів'я.

У вольєрах, де знаходяться племінна птиця, біля задньої стінки встановлюється гніздо, де кури несуться. Для гнізда можна також використовувати пластиковий ящик, дерев'яний короб, заповнений сіном, соломом чи крупною тирсою. У клітках утримують окремі племінні пари курей породи шабо, а також запасних півнів. Кліткові конструкції зібрані з дерев'яного бруса, облицьовані фанерними листами, а дверцята виконані зі зварної сітки. Суцільна підлога застеляється тирсою, що використовується як підстилковий матеріал. Загальні розміри клітки становлять 0,5×0,8 м.

Із метою профілактики зараження курячим кліщем щорічно здійснюють обробку конструкцій вапняним розчином, а також застосовують препарати «Аграліт» та «Івермектин». Як підстилковий матеріал використовують пісок і тирсу, яка переважно застосовується у місцях із високою щільністю посадки птиці, оскільки краще поглинає вологу. Пісок настеляють у вольєрах із меншою чисельністю особин, адже він швидше забруднюється, проте одночасно сприяє гігієнічному самоочищенню птиці та забезпечує організм мінералами й гастролітами. Для відкладання яєць установлюють гніздові ящики, наповнені соломом чи сіном, або використовують пластикові голубині гнізда.

Вольєри застосовують як для племінних груп, так і для вирощування молодняку від двомісячного віку. Клітки, своєю чергою, використовують для тимчасового утримання окремих пар чи невеликих груп (наприклад, однієї самки та двох самців). Прибирання підстилки здійснюють не рідше одного разу на два тижні або за потреби. У вольєрах установлено бункерні годівниці для комбікормів та ємності для соковитих кормів, які поповнюють у міру необхідності, щоденно додають свіжі овочі. У клітках застосовують пластикові годівниці з двома секціями. Напування організовано за допомогою вакуумних напувалок у вольєрах і навісних – у клітках, які закріплюють на дверцятах.

У зоопарку відтворення поголів'я здійснюється шляхом штучної інкубації яєць. Характеристики умов утримання курчат породи шабо після виведення наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика умов утримання курчат породи шабо у брудері

Доба	Температура повітря, °С	Примітка
1	37,3-37,5	утримують в інкубаторі
2-4	35-36	утримують у брудері з килимком, годують сухим кормом
5-7	31-32	килимком прибирають, годують сухим кормом, починають додавати до раціону ¹¹ соковиті та білкові корми
8-10	28-30	годують мішанкою для молодняку
11-15	25-26	
16-20	22-23	
20 діб і далі	20	

Після виводу молодняк ще добу перебуває в інкубаторі, що важливо для розсмоктування залишкового жовтка та запобігання переохолодженню курчат. Потім курчат пересаджують у брудер – пластиковий ящик із тирсою як підстилки. Перші три доби на тирсу кладуть пластиковий трап, щоб мінімізувати травматизм курчат та уникнути проблем із ногами. На верхню частину ящика укладають кришку із сітки, на яку встановлюють захисний плафон з інфрачервоною лампою для обігріву курчат. У міру росту молодняку температуру в брудері знижують, збільшуючи відстань від дна до лампи. Для годування курчат застосовують лоткові годівниці з низьким бортом, а вологий корм замінюють 3–4 рази на добу. Напування забезпечують за допомогою вакуумних напувалок, а прибирання брудерів здійснюють залежно від щільності посадки поголів'я кожні 2–4 доби.

Годівниці у вуличних вольєрах розташовано під накриттям на землі та виготовлено з пластику або дерева, з бортами заввишки 8–12 см, щоб зменшити можливість розсипання корму птицею. У внутрішніх вольєрах комбікорм подається у бункерні годівниці, тоді як для вологих кормів передбачено окрему годівницю. Комбікорм додають у міру його поїдання, а соковиті корми оновлюють щодня.

Для молодняку застосовують лоткові годівниці, оснащені решіткою зверху, щоб запобігти розгрібанню корму. Кормову суміш замінюють 4–5 разів на добу. Напування птиці здійснюють за допомогою вакуумних напувалок різного об'єму відповідно до потреб поголів'я у воді.

У Київському зоопарку курей готують комбікормами власного виробництва, окремо задають соковиті корми, а також згодовують мармурових тарганів, мучняк, зофобас. Комбікорм виготовляють в об'ємі, котрий необхідний для годівлі птиці на добу.

Як соковитий корм для курей використовують суміш, що складається з подрібнених овочів – гарбуза, моркви, капусти, а також зелених компонентів, таких як кульбаба, листя салату, люцерна, кропива тощо. У холодну пору року замість зеленої маси курям згодовують пророщене зерно, передусім пшениці або вівса.

До раціону курей додають також продукти тваринного походження, що особливо важливо для молоді птиці. Курчат у перший період годують комбікормом, а з п'ятої доби до раціону вводять соковиті корми (подрібнену зелень салату, кульбаби, мокрецю) і білкові корми (подрібнене варене яйце, мучняк). У табл. 2 наведено орієнтовний раціон для молодняку курей породи шабо.

Таблиця 2. Орієнтований раціон годівлі молодняку курей породи шабо у Київському зоопарку, г/гол./доба

Найменування кормів	Вік молодняку курей, діб					Примітка
	1-20	21-40	41-80	81-140	141 і більше	
Комбікорм для курчат	4	12	40	45	45	
Пшениця	–	3	5	20	30	
Пшоно	2	4	4	–	–	каша
Крупа вівсяна	–	–	1	2	5	
Зерно кукурудзи	–	3	5	20	30	
Зелена маса	1	5	10	10	15	
Морква	1	5	5	10	15	терта
Яйце куряче	2	2	2	–	–	варене
Дріжджі хлібопекарські сухі	0,5	0,5	0,5	0,5	1	
Черепашка	–	0,5	1	1	1	
М'ясо-кісткове борошно	0,5	1	1	1	1	
Разом кормів, г	11	36	74,5	109,5	143	
Середня енергетична цінність раціону, ккал	25	80	186	280	357	

Кількість корму має відповідати поголів'ю птиці у вольєрі та її фізіологічним потребам. Про правильний розрахунок добової даванки свідчать залишки корму, які мають бути не більше ніж 5–8% від загального обсягу. Молодняк до 1,5-місячного віку годують досхочу та корм додають у міру його споживання. Молодняк на раціони для дорослої птиці переводять поступово.

Раціони для птиці формують з урахуванням пори року.

Травень – жовтень. Основну частину кормового раціону становлять концентровані корми (80,7%), серед яких використовують кукурудзу, пшеницю, просо та овес. До них додають овочі (19,3%), м'ясо-кісткове борошно (1,1%) та мінеральні добавки (0,7%).

Листопад – квітень. Раціон зазнає змін: кількість соковитих кормів знижується до 15,6%, а частка концентрованих кормів підвищується до 81,7%. Для компенсації дефіциту мінералів і білка використовують вітамінно-мінеральні премікси (1,5%).

Як відомо [10; 11], бентамки загалом мають невелику живу масу. В умовах Київського зоопарку ми визначили живу масу курок і півнів породи шабо.

Живу масу курей породи шабо залежно від статі представлено в табл. 3.

Таблиця 3. Жива маса курок і півнів породи шабо

Номер	Вік, місяців	Жива маса, г
Курки		
1	10	1060
2	11	980
3	11	1370
4	12	920
5	13	1320
6	13	1080
7	13	1230
8	14	1150
9	15	1160
10	20	1180
У середньому (M±m)		1145,0±44,6
Півні		
1	11	1200
2	12	1340
3	13	1260
4	13	1390
5	15	1500
6	15	1390
7	15	1470
8	16	1610
9	18	1670
10	26	1480
У середньому (M±m)		1431,0±46,2*

Примітка: * – $p < 0,001$ (різниця вірогідна відносно даних живої маси курок).

Порівняння показників живої маси півнів і курок породи шабо у різному віці виявило чітку закономірність: незалежно від віку півні стабільно перевищують курок за масою. Найбільша різниця спостерігається у віковому проміжку 12–18 місяців, що збігається із завершенням росту та розвитку птиці. У півнів зростання більш інтенсивне, із вищими початковими показниками та більш швидкою динамікою.

У курок приріст живої маси відбувається більш рівномірно, без різких коливань. Це пояснюється не лише статевими відмінностями, а й породними особливостями: у декоративних порід курей, таких як шабо, самці мають більш розвинуту мускулатуру та більшу масу тіла порівняно з курками.

У середньому жива маса курок становила $1145,0 \pm 44,6$ г, а півнів – $1431,0 \pm 46,2$ г, тобто півні вірогідно ($p < 0,001$) перевищували курок за масою на 25% (на 286 г).

Важливим показником продуктивності курей є несучість. За рік від однієї несучки породи шабо отримують 40–70 яєць. Показник яєчної продуктивності птиці визначається не лише кількістю знесених яєць, а й їхньою масою. Ми дослідили масу та інші морфологічні показники яєць курей породи шабо, яких утримують у Київському зоопарку (табл. 4).

Таблиця 4. Морфологічні показники яєць

№	Індекс форми, %	Великий діаметр, мм	Малий діаметр, мм	Маса, г
1	68,09	47	32	33,2
2	69,39	49	34	37,2
3	72,34	47	34	36,1
4	63,04	46	29	32,9
5	68,75	48	33	36,3
6	66,67	45	30	26,0
7	69,05	42	29	27,9
8	75,00	44	33	33,8
9	71,74	46	33	35,7
10	73,33	45	33	35,1
11	68,18	44	30	29,1
12	73,91	46	34	36,5
13	70,73	41	29	27,5
14	75,00	44	33	34,9
15	73,81	42	31	26,9
У середньому (M $\pm$ m)	70,6 $\pm$ 0,88	45,0 $\pm$ 0,59	31,8 $\pm$ 0,50	32,6 $\pm$ 1,03

Усі яйця, отримані від курей породи шабо, застосовують для штучного відтворення птиці за винятком тих, що не відповідають стандартам якості. Отримані результати свідчать, що індекс форми варіює у межах 63,04–75,00%, великий діаметр – 41–49 мм, малий – 29–34 мм, а маса яєць коливається від 26,0 до 37,2 г (у середньому становить $32,6 \pm 1,03$ г).

Висновки

1. У Київському зоопарку утримують близько 40 голів курей породи шабо, використовують їх як декоративних, а також для насиджування яєць невеликих водоплавних птахів і фазанів.

2. Умови утримання передбачають розміщення птиці у зовнішніх вольєрах, внутрішніх вольєрних секціях та клітках. Зовнішні вольєри споруджено з металевого профілю, обтягнутого сіткою, та обладнано бетонною основою на глибину 30–40 см. Їхні розміри становлять $8 \times 3 \times 3$ м. Внутрішні вольєри виготовлено з дерев'яного бруса та зварної сітки, мають розміри $2 \times 1 \times 2$ м. Як підстилковий матеріал застосовують пісок або тирсу.

3. Порівняння показників живої маси самців і самок курей породи шабо свідчить про інтенсивніший ріст півнів. Середня маса курок становила $1145 \pm 44,6$ г, тоді як півнів – $1431,0 \pm 46,2$ г, що забезпечує вірогідну ($p < 0,001$) перевагу самців за масою на рівні 25%.

4. Майже всі яйця, отримані від курей породи шабо, використовуються для штучної інкубації. Маса яєць варіює від 26,0 до 37,2 г (у середньому $32,6 \pm 1,03$ г), більший діаметр становить 41–49 мм, менший – 29–34 мм, а індекс форми коливається у межах 63,04–75,00%.

Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні відтворювальної здатності курей породи шабо.

Список використаних джерел

1. Виробництво продукції тваринництва за видами у 2024 році. *Державна служба статистики України*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/vpt/vpt2024.xls> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Кількість сільськогосподарських тварин на 01 січня 2025 року. *Державна служба статистики України*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2023/sg/ksgt/ksgt0125.xls>
3. Лаготюк В.О. Аналіз тенденцій розвитку галузі птахівництва в Україні. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип. 16. С. 156–163. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/16_ukr/24.pdf
4. Патрева Л.С., Коваль О.А. Технологія виробництва продукції птахівництва : курс лекцій. Миколаїв, 2018. 248 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2983/1/tehnolohiia_vyrobnystva_produktsii_ptakhivnystva.pdf
5. Adeoye A.A., Oyeleye O.O., Olorunsola R.A., Udoh J.E., Oladebo A.D. Table Egg Quality and Nutritional Composition Assessments of Different Breeds and Ages of Laying Hens. *Slovak Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 56. № 1. P. 38–45. doi:10.36547/sjas.792
6. FAOSTAT. Data: Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата звернення: 20.09.2025).
7. Gavrill R.N.R., Usturoi, M.G., Usturoi, A. Table Eggs Quality, According to the Storage Period. *Current Opinion in Biotechnology*. 2013. Vol. 24. S83. doi: 10.1016/j.copbio.2013.05.242
8. Ozdemir D. Hobby and Ornamental Chicken Breeding in Turkey. *Conference: 1st International Congress of Alternative Poultry and Ornamental Birds-2019 At. Antalya/TURKEY*, 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/339390815_

9. Réhault-Godbert S., Guyot, N., Nys, Y. The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*. 2019. Vol. 11. № 3. P. 684. doi: 10.3390/nu11030684
10. Roberts J. 12 Small Chicken Breeds (Breed Guide + Pictures). 2021. URL: <https://www.knowyourchickens.com/small-chicken-breeds/>
11. Schreiter R., Freick M. Laying performance characteristics, egg quality, and integument condition of Saxonian chickens and German Langshan bantams in a free-range system. *Journal of Applied Poultry Research*. 2023. Vol. 32. Is. 3. 100359. doi: <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100359>
12. Tajima A. Refinement of Poultry Standing in Japan Based on Recent Anthro-po-ornithological Perspectives. *The Journal of Poultry Science*. 2025. Vol. 62. jpsa.2025029. doi: 10.2141/jpsa.2025029
13. Van Niekerk T. How Many Chickens Are In The World in 2025. URL: <https://worldanimalfoundation.org/advocate/how-many-chickens-are-in-the-world/>

Melnyk V. V.

*Doctor of Historical Sciences,
Professor at the Department of Animal Husbandry Technologies,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: melnikvika@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2491-757X*

Prokopenko N. P.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Animal Husbandry Technologies,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: ProkopenkoNP@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0001-7967-884X*

Bazyvoliak S. M.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Animal Husbandry Technologies,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: svitlanasmic@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1656-5754*

Temchenko D. V.

*Student pursuing a Master's degree,
Faculty of Animal Husbandry and Aquatic Bioresources,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: dasha.temch@gmail.com
ORCID: 0009-0002-9459-4569*

KEEPING AND FEEDING SHABO CHICKENS AT THE KYIV ZOOLOGICAL PARK

Abstract

Chickens are the most common type of domestic poultry raised in the world. Demand for chicken eggs and meat continues to grow, but one of the negative consequences of this trend has been the preference for highly productive hybrids, which has led to a decline in the breeding of purebred poultry. At the same time, a significant share of total poultry egg production in Ukraine belongs to backyard farms, where both hybrid chickens of modern crosses and purebred chickens are raised. In particular, in 2024, farms of all categories produced 11597.9 million domestic poultry eggs, of which 5531.4 million were produced by private households (47%).

Chickens, which are notable for their significant diversity of breeds and differ in plumage structure, color range, and coloring, are also kept for recreational and aesthetic purposes. Amateur and decorative poultry farming, which has a long tradition in global practice, has been growing in popularity in recent years. At the same time, miniature chickens (bantams) are also common. In most cases, bantams are about two to three times smaller than their larger counterparts. However, there are breeds of chickens that are classified as «true» bantams, which have no counterparts among full-size breeds. Such varieties are formed as independent breeds, and this group includes, in particular, Japanese bantams (the Shabo or Chabo breed). The aim of the study was to investigate the conditions of keeping and feeding Shabo chickens at the Kyiv Zoo.

The results of the studies have shown that the Kyiv Zoological Park keeps Shabo chickens, which are used not only as decorative birds, but also for incubating pheasant eggs and small representatives of waterfowl. They are kept in open aviaries, indoor

sections, and cage blocks. An assessment of the live weight of Shabo roosters and hens shows that males are characterized by more intensive growth. The average live weight of roosters was 1431.0 ± 46.2 g, while that of females was 1145.0 ± 44.6 g. Thus, the live weight of males exceeded that of females by 25%, which corresponded to a difference of 286 g. All eggs obtained from Shabo chickens were used for incubation, except for those that did not meet the established quality requirements. According to the results obtained, the average egg weight was 32.6 ± 1.03 g.

Key words: chickens, bentamki, maintenance, feeding, zoo.

References

1. Vyrobnystvo produktii tvarynnystva za vydamy u 2024 rotsi. (2025). [Livestock production by type in 2024]. (2025). *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy – State Statistics Service of Ukraine*. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/vpt/vpt2024.xls> [in Ukrainian].
2. Killist silskohospodarskykh tvaryn na 01 sichnia 2025 roku. (2025). [Number of farm animals as of January 1, 2025]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy – State Statistics Service of Ukraine*. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2023/sg/ksgt/ksgt0125.xls> [in Ukrainian].
3. Lahotiuk, V.O. (2018). Analiz tendentsii rozvytku haluzi ptakhivnystva v Ukraini [Analysis of trends in the development of the poultry industry in Ukraine]. *Ekonomika i suspilstvo – Economy and society*, 16, 156–163 [in Ukrainian].
4. Patrieva, L.S., & Koval, O.A. (2018). Tekhnolohiia vyrobnystva produktii ptakhivnystva: kurs leksii [Poultry production technology: lecture course]. Mykolaiv, 248. Retrieved from: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2983/1/tekhnohiiia_vyrobnystva_produktsii_ptakhivnystva.pdf [in Ukrainian].
5. Adeoye, A.A., Oyeleye, O.O., Olorunsola, R.A., Udoh, J.E., & Oladepo, A.D. (2023). Table Egg Quality and Nutritional Composition Assessments of Different Breeds and Ages of Laying Hens. *Slovak Journal of Animal Science*, 2023, 56(1), 38–45. doi: 10.36547/sjas.792 [in English].
6. FAOSTAT. (2025). Data: Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [in English].
7. Gavril, R.N.R., Usturoi, M.G., & Usturoi, A. (2013). Table Eggs Quality, According to the Storage Period. *Current Opinion in Biotechnology*, 24, S83. doi:10.1016/j.copbio.2013.05.242 [in English].
8. Ozdemir, D. (2019). Hobby and Ornamental Chicken Breeding in Turkey. *Conference: 1st International Congress of Alternative Poultry and Ornamental Birds-2019 At Antalya/TURKEY*. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/339390815> [in English].
9. Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. *Nutrients*, 11(3), 684. doi: 10.3390/nu11030684 [in English].
10. Roberts, J. (2021). 12 Small Chicken Breeds (Breed Guide + Pictures). Retrieved from: <https://www.knowyourchickens.com/small-chicken-breeds/> [in English].
11. Schreiter R., & Freick M. (2023). Laying performance characteristics, egg quality, and integument condition of Saxonian chickens and German Langshan bantams in a free-range system. *Journal of Applied Poultry Research*, 32 (3), 100359. doi: <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100359> [in English].
12. Tajima, A. (2025). Refinement of Poultry Standing in Japan Based on Recent Anthro-ornithological Perspectives. *The Journal of Poultry Science*, 62, jpsa.2025029. doi: 10.2141/jpsa.2025029 [in English].
13. Van Niekerk, T. (2025). How Many Chickens Are In The World in 2025. Retrieved from: <https://worldanimalfoundation.org/advocate/how-many-chickens-are-in-the-world/> [in English].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 04.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 635.63:631.544.4:06.83:631.563:664.8.03
DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.16>

Мулярчук О. І.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: oksankarom777@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2072-8536

ТОВАРНА ЯКІСТЬ ТЕПЛИЧНИХ ОГІРКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ЗБЕРІГАННЯ

Анотація

У статті наведено результати досліджень впливу різних способів післязбирального зберігання тепличних огірків (*Cucumis sativus* L.) на їхню товарну та споживчу якість. Установлено, що огірки є однією з найбільш чутливих овочевих культур до умов зберігання, оскільки вже у перші дні після збирання вони швидко втрачають тургор, інтенсивне зелене забарвлення, соковитість і значну частину поживних речовин, що безпосередньо впливає на їхню привабливість для споживача та комерційну цінність.

У статті проаналізовано ефективність кількох варіантів зберігання огірків: у полімерних ящиках, у ящиках із поліетиленовими вставками, а також у герметичних і негерметичних поліетиленових пакетах 30–40 см із різною товщиною плівки (30–80 мкм). Результати досліджень свідчать, що тепличні огірки зберігають товарні та харчові якості протягом 10 днів за всіх випробуваних режимів. Тривалість зберігання може досягати 15 днів за температури від 8–10 до 18–20°C і до 20 днів – за умов 12–14 та 15–16°C. Найбільш оптимальним варіантом виявилось використання герметичної упаковки з плівки 30 мкм за температури 12–14°C, що забезпечувало збереженість плодів на рівні 93–96% після 20 днів із мінімальними втратами біологічно активних речовин. Натомість за зберігання в пакетах із плівки завтовшки 60–80 мкм відбувалася надмірна акумуляція CO₂, унаслідок чого плоди повністю втрачали товарний вигляд. Показано, що різні гібриди реагували на умови зберігання по-різному: найкраще зберігався гібрид Ленера F1 у герметичних пакетах, тоді як для гібридів Престиж F1 і Герман F1 доцільнішими були негерметичні пакети. За зберігання у ящиках із поліетиленовими вставками загальні втрати не перевищували 20%, хоча органолептичні показники значно погіршувалися. У відкритих ящиках плоди швидко набували нестандартного вигляду, що знижувало їхню ринкову привабливість.

Таким чином, упровадження ефективних технологій зберігання тепличних огірків є ключовим чинником зменшення втрат урожаю, підвищення конкурентоспроможності тепличних огірків на ринку та забезпечення стабільного постачання якісної овочевої продукції споживачам.

Ключові слова: тепличні огірки, товарна якість, спосіб зберігання, поліетиленова плівка, втрати маси.

Вступ. Свіжі овочі, зокрема тепличні огірки, посідають важливе місце у структурі харчування населення, адже вони є цінним джерелом вітамінів, мінералів, органічних кислот та біологічно активних речовин [1; 4].

Огірки (*Cucumis sativus* L.) є однією з провідних овочевих культур, що вирощуються у закритому ґрунті. Вони займають важливе місце у структурі харчування населення завдяки високому вмісту біологічно активних речовин: вітамінів, мінералів, органічних кислот, клітковини, а також цінних смакових якостей. Сучасні споживачі пред'являють підвищені вимоги до якості свіжої продукції: плоди мають бути вирівняними за розміром, мати насичений зелений колір, характерний аромат і тривалий термін зберігання без утрати товарних властивостей [6, с. 162–163].

Разом із тим огірки належать до найбільш чутливих овочевих культур, які вже у перші дні після збирання швидко втрачають тургор, соковитість, зелене забарвлення та біологічну цінність. Нестійкість до транспортування та короткий термін реалізації є одними з головних проблем сучасного тепличного овочівництва. За даними агротехнологічних досліджень, післязбиральні втрати огірків у відкритих умовах можуть сягати 25–35%, що призводить до значних економічних збитків [7, с. 29–30].

Серед сучасних напрямів зниження післязбиральних утрат ключове місце посідає застосування ефективних технологій зберігання та пакування продукції. Особливу увагу приділяють створенню модифікованого газового середовища, яке формується завдяки використанню поліетиленових плівок різної товщини та ступеня герметичності. Такі умови здатні суттєво уповільнити дихальні процеси, зменшити інтенсивність втрати вологи, а також обмежити розвиток патогенної мікрофлори [4; 8; 9].

Науковий інтерес становить також вивчення реакції різних гібридів огірка на умови зберігання, адже генетичні особливості можуть істотно впливати на тривалість збереження товарної якості. Дослідження у цьому напрямі націлені на визначення оптимальних температурних режимів і пакувальних матеріалів, які забезпечують найменші втрати та збереження органолептичних властивостей плодів [4; 10].

Свіжі овочі, зокрема тепличні огірки, займають важливе місце у структурі харчування населення, адже вони є цінним джерелом вітамінів, мінералів, органічних кислот та біологічно активних речовин [7, с. 28–29]. Однак після збирання врожаю плоди огірків дуже швидко втрачають свої природні властивості: знижується тургор, інтенсивність зеленого забарвлення, накопичуються фізіологічні та мікробіологічні пошкодження, що обмежує можливість їх тривалого зберігання та транспортування [5, с. 139–142]. Застосування упаковки й належної тари для збереження якісних показників і смакових якостей товару під час зберігання й транспортування також є одним з визначальних чинників, що збільшують строки зберігання й прибутковості товаровиробників [7; 10].

Вирішення зазначеної проблеми має велике значення як для виробників, так і для споживачів, оскільки забезпечує стабільність товарних поставок на ринок, підвищує економічну ефективність виробництва і сприяє раціональному використанню ресурсів. Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють вивченню впливу пакувальних матеріалів та мікрокліматичних умов зберігання на якість тепличних огірків різних гібридів [5–7].

Мета роботи – обґрунтування оптимальних способів післязбирального зберігання тепличних огірків залежно від температурного режиму та типу пакувального матеріалу, що забезпечує збереження їхньої високої товарної якості протягом максимально можливого терміну.

Дослідження товарної якості тепличних огірків залежно від способу зберігання проводилися в умовах закритого ґрунту тепличного блоку ЗВО «Подільський державний університет». Для досліджень використовували свіжо-зібрані огірки гібридів Ленера F1, Престиж F1 і Герман F1, відбиралися однакові за розміром та стиглістю плоди.

Дослідні партії огірків зберігали:

у полімерних ящиках;

у ящиках № 2 з поліетиленовими вставками;

у поліетиленових пакетах 30–40 см (товщина плівки – 30–80 мкм).

Виклад основного матеріалу дослідження. У процесі досліджень оцінювалася не лише тривалість зберігання, а й комплекс показників товарної якості плодів: ступінь збереження тургору, забарвлення, смакових властивостей, а також утрати маси, розвиток фізіологічних розладів та хвороб. Для отримання достовірних результатів були сформовані партії свіжозібраних огірків трьох гібридів: Ленера F1, Пестиж F1 і Герман F1, які характеризуються різною стійкістю до зовнішніх умов. Усі плоди добиралися однорідними за масою та ступенем стиглості [5, с. 141; 7, с. 129]. Зберігання здійснювалося у кількох варіантах: у полімерних ящиках (контроль); у ящиках із поліетиленовими вставками; у поліетиленових пакетах різної товщини (30–80 мкм), як герметичних, так і негерметичних. Спостереження проводили протягом 10, 15 та 20 днів зберігання за різних температурних режимів. Особливу увагу приділяли визначенню частки плодів, що залишалися придатними для реалізації, а також аналізу органолептичних показників. У табл. 1 наведено результати впливу температури зберігання на вихід стандартних плодів різних гібридів.

Таблиця 1. Вплив температурного режиму на вихід стандартних огірків

Температура зберігання, °С	Гібриди								
	Ленара F1			Престиж F1			Герман F1		
	Терміни зберігання, днів								
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
4–6	90,0	68,8	0	94,1	71,6	0	93,1	73,1	0
8–10	99,5	87,7	0	99,6	92,3	75,5	99,5	93,3	78,4
12–14	99,3	98,0	94,7	99,5	93,2	96,0	99,4	97,7	95,4
15–16	99,1	94,2	90,6	99,4	96,6	90,2	99,2	94,5	89,7
18–20	98,8	90,2	81,1	98,1	89,5	79,7	98,0	87,1	76,2

Примітка: зберігання в негерметичних пакетах (товщина плівки 30 мкм).

За результатами досліджень встановлено, що тепличні огірки зберігають товарні й харчові якості протягом 10 днів за всіх режимів зберігання, не більше 15 днів – за температури від 8–10 до 18–20°C і до 20 днів – за температурі 12–14 і 15–16°C.

Температура нижче 10°C негативно впливала на тривалість зберігання огірків. Через 10 днів за температури 4–6°C і через 15 днів за 8–10°C спостерігалися ослизнення тканин, розтріскування і потемніння шкірки, поява на стінках плодів клітинного соку. Плоди здебільшого пошкоджувалися білою гнилизною та іншими хворобами. За температури 15–16 та 18–20°C вихід товарних огірків після 20 днів зберігання був порівняно високим, у межах 76,2–90,6%, однак при цьому погіршувалися смакові якості плодів. Тепличні огірки краще зберігаються в поліетиленових пакетах за температури 12–14°C. У результаті дихання огірків складається різний газовий склад, залежно від товщини плівки. Найбільш оптимальною для зберігання огірків була герметична упаковка з плівки 30 мкм, при цьому збереженість плодів після 20 днів зберігання досягла 93–96% із мінімальними втратами поживних речовин.

У пакетах із плівки товщиною 60–80 мкм після 20 днів зберігання плоди повністю втрачали товарний вигляд унаслідок підвищення концентрації CO₂. Кращі результати отримано за зберігання гібрида Ленера F1 у герметичних пакетах, а гібридів Престиж F1 і Герман F1 – у негерметичних пакетах. Товарний вигляд плодів через 20 днів зберігання був на 28,9–30,6% вище, ніж у ящиках (контроль). За рахунок високої відносної вологості повітря і модифікації середовища в поліетиленових пакетах природні втрати маси плодів значно нижчі, ніж у ящиках (табл. 2).

Таблиця 2. Збереженість огірків

Спосіб зберігання	Вихід товарних плодів,%	Утрати під час зберігання, %			
		загальні	утрата маси	хворі плоди	в'ялі і жовті
Ленара F1					
Полімерні ящики (контроль)	65,7	31,7	11,2	8,8	14,3
Ящики із вставками	79,7	20,3	5,0	11,3	4,0
Негерметичні пакети	94,8	5,2	1,3	3,2	0,7
Герметичні пакети	96,5	3,5	0,7	2,8	0,0
Спосіб зберігання	Вихід товарних плодів, %	Утрати під час зберігання, %			
		загальні	утрата маси	хворі плоди	в'ялі і жовті
Престиж F1					
Полімерні ящики (контроль)	66,5	33,5	8,1	7,1	18,3
Ящики із вставками	82,4	17,6	3,2	7,5	6,9
Негерметичні пакети	96,1	3,9	0,9	2,7	0,3
Герметичні пакети	93,9	6,1	0,4	5,7	0,0
Герман F1					
Полімерні ящики (контроль)	64,9	35,1	9,0	6,6	19,5
Ящики із вставками	81,1	18,9	3,9	7,3	7,7
Негерметичні пакети	95,5	4,5	1,1	2,5	0,9
Герметичні пакети	92,8	7,2	0,6	6,4	0,2

За зберігання огірків у ящиках із поліетиленовими вставками хоча загальні втрати не перевищували 20%, але погіршувалися органолептичні показники. У відкритих ящиках до кінця зберігання плоди мали нестандартний вигляд унаслідок усихання, пожовтіння і пошкодження хворобами.

Висновки. Таким чином, можна зробити висновок, що тепличні огірки належать до культур, які швидко втрачають товарні та споживчі якості після збирання, тому потребують застосування ефективних методів зберігання. Найбільш оптимальними умовами зберігання є використання поліетиленових пакетів із плівки завтовшки 30 мкм за температури 12–14°C, що дає змогу зберегти до 93–96% плодів протягом 20 днів. Для гібриду Ленара F1 найбільш ефективним є герметичне пакування, тоді як для гібридів Престиж F1 і Герман F1 доцільнішими виявилися негерметичні пакети. Використання полімерних ящиків та ящиків із поліетиленовими вставками є менш ефективним, оскільки супроводжується значними втратами маси і погіршенням органолептичних властивостей.

Список використаних джерел

1. Барабаш О.Ю., Тараненко Л.К., Сич З.Д. Біологічні основи овочівництва : навчальний посібник. Київ : Арістей, 2005. 348 с.
2. Барабаш О.Ю. Овочівництво. Київ : Вища школа, 1994. 374 с.
3. Барабаш О.Ю., Семенчик П.С. Все про городництво. Київ : Вирій, 2000. 285 с.
4. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Вінниця : Нова книга, 2008. Ч. 1. 368 с.
5. Жук О.Я., Жук В.Ю., Жук А.В. Сортовий контроль за якістю насіння овочевих і баштанних культур – на рівень сучасних вимог. *Овочівництво і баштанництво*. 2004. № 40. С. 139–142.
6. Кушнірук Т.М., Мулярчук О.І. Екологічна оцінка гібридів огірка. *Збірник наукових праць Вінницького НАУ. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2012. Вип. 10(50). С. 162–169.
7. Мулярчук О.І., Козіна Т.В. Способи та методи технології зберігання плодоовочевої продукції. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 3(40). С. 28–33. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.4>
8. Післязбиральна доробка плодів, овочів і винограду : навчальний посібник / В.В. Хареба та ін. Кам'янець-Подільський : Вінниця, 2017. 293 с.
9. Способи та технічне забезпечення зберігання плодоовочевої продукції : навчальний посібник / Г.І. Подпрятков та ін. Київ : Компрінт, 2015. 199 с.
10. Пузік Л.М., Куц О.В., Бондаренко В.А., Щербина С.О. Товарознавство плодоовочевої продукції : навчальний посібник. Харків : ДБТУ, ІОБ НААН, 2022. 370 с.

Muliarchuk O. I.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: oksankarom777@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2072-8536*

COMMODITY QUALITY OF GREENHOUSE CUCUMBERS DEPENDING ON THE STORAGE METHOD

Abstract

The article presents the results of studies on the influence of different post-harvest storage methods of greenhouse cucumbers (Cucumis sativus L.) on their market and consumer quality. It was established that cucumbers are among the most sensitive vegetable

crops to storage conditions, as they rapidly lose turgor, intense green color, juiciness, and a significant portion of nutrients within the first few days after harvest. These changes directly affect their attractiveness to consumers and commercial value.

The article analyzes the effectiveness of several cucumber storage methods: in polymer boxes, boxes with polyethylene liners, and in sealed and unsealed polyethylene bags (30–40 cm) with varying film thicknesses (30–80 μm). The results indicate that greenhouse cucumbers retain their commercial and nutritional qualities for 10 days under all tested storage conditions. The storage duration can reach up to 15 days at temperatures of 8–10 to 18–20°C, and up to 20 days at 12–14°C and 15–16°C. The most optimal method was found to be sealed packaging with a 30 μm film at 12–14°C, which ensured 93–96% fruit preservation after 20 days with minimal losses of biologically active substances. Conversely, storage in thicker films (60–80 μm) led to excessive CO₂ accumulation, causing complete loss of commercial appearance.

It was shown that different hybrids responded differently to storage conditions: the Lenara F1 hybrid maintained quality best in sealed bags, while Prestige F1 and Herman F1 hybrids were more suitable for unsealed packaging. When stored in boxes with polyethylene liners, total losses did not exceed 20%, although organoleptic characteristics significantly deteriorated. In open boxes, the fruits quickly lost standard appearance, reducing their market appeal.

Thus, the implementation of effective cucumber storage technologies is a key factor in reducing post-harvest losses, enhancing the market competitiveness of greenhouse cucumbers, and ensuring a stable supply of high-quality vegetables to consumers.

Key words: greenhouse cucumbers, market quality, storage method, polyethylene film, weight loss.

References

1. Barabash, O.Yu., Taranenko, L.K., & Sych, Z.D. (2005). *Biologichni osnovy ovochivnytstva: navchal'nyy posibnyk* [Biological basis of vegetable production: Study guide]. Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
2. Barabash, O.Yu. (1994). *Ovochivnytstvo* [Vegetables]. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
3. Barabash, O.Yu., & Semenchuk, P.S. (2000). *Vse pro horodnytstvo* [Everything about gardening]. Kyiv: Vyriy [in Ukrainian].
4. Hil', L.S., Pashkovs'kyi A.I., Sulyma L.T. (2008). Suchasni tekhnolohii ovochivnytstva zakrytoho i vidkrytoho gruntu [Modern technologies of vegetable growing in closed and open ground]. Vinnytsya: Nova knyha. Ch. 1. 368 s. [in Ukrainian].
5. Zhuk, O.Ya., Zhuk, V.Yu., & Zhuk, A.V. (2004). Sortovyi kontrol' za yakistiu nasinnia ovochovykh i bashtannykh kul'tur – na riven' suchasnykh vymoh [Varietal control of the quality of vegetable and melon crop seeds – at the level of modern requirements]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo* [Vegetable and Melon Growing], No. 40, 139–142 [in Ukrainian].
6. Kushniruk, T.M., & Mulyarchuk, O.I. (2012). Ekologichna otsinka hibrydiv ohirka [Ecological evaluation of cucumber hybrids]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnyts'koho NAU, seriia sil's'kohospodars'ki nauky* [Collection of Scientific Works of Vinnytsia National Agrarian University, Agricultural Sciences Series], 10(50), 162–169 [in Ukrainian].
7. Muliarchuk, O.I., & Kozina, T.V. (2023). Sposoby ta metody tekhnolohii zberihannia plodovoovochevoi produktsii [Methods and techniques of fruit and vegetable product storage technology]. *Podil's'kyi visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika* [Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics], 3(40), 28–33. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.4> [in Ukrainian].
8. Khareba, V.V. et al. (2017). *Pisliazbyral'na dorobka plodiv, ovochiv i vynuhradu: navchal'nyi posibnyk* [Post-harvest processing of fruits, vegetables and grapes: textbook]. Kamyanets'-Podilskyi–Vinnytsya, 293 s. [in Ukrainian].
9. Podpryatov, H.I., Tsvihovs'kyi, H.K., Tahonya, V.S., Leshyshak, O.V., & Drahnyev, S.V. (2015). *Sposoby ta tekhnichne zabezpechennya zberihannya plodoovo"chevoyi produktsiyi: navchal'nyy posibnyk* [Methods and technical support of fruit and vegetable product storage: textbook]. Kyiv: TsP «Komprynt», 199 s. [in Ukrainian].
10. Puzik, L.M., Kuts, O.V., Bondarenko, V.A., & Shcherbyna, S.O. (2022). *Tovaroznavstvo plodovoovochevoi produktsii: navchal'nyi posibnyk* [Merchandising of fruit and vegetable products: textbook]. Kharkiv: DBTU, IOB NAAN, 370 s. [in Ukrainian].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 10.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 636.2.034:636.2.087.7

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.17>

Овчаренко О. О.

аспірант кафедри технології кормів та годівлі тварин,
Сумський національний аграрний університет

Суми, Україна

E-mail: oleksandr.ovcharenko@icloud.com

ORCID: 0000-0003-3243-7779

Опара В. О.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри технології кормів та годівлі тварин,
Сумський національний аграрний університет

Суми, Україна

E-mail: vopara@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8917-4423

МЕТАБОЛІЧНА АДАПТАЦІЯ КОРІВ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ У НОВОТІЛЬНИЙ ПЕРІОД ЗА РІЗНИХ СХЕМ ДОЇННЯ

Анотація

Новотільний період у корів характеризується значними метаболічними змінами, що впливають на продуктивність і здоров'я тварин. Одним із ключових технологічних факторів, який визначає ефективність адаптації у цей час, є частота доїння, адже вона безпосередньо впливає на енергетичний баланс, кальцієвий обмін та ризик післяпологових порушень. Метою дослідження було оцінити вплив різних схем доїння на перебіг метаболічної адаптації корів голштинської породи у новотільний період, зокрема на показники кальцієвого та енергетичного обміну, вміст β -гідроксибутирату (BHB), глюкози, соматичних клітин і зміни в оцінці стану тіла (BCS). Дослідження проводилося на 30 коровах віком від 21 до 49 місяців протягом 305 днів лактації. Тварини були розподілені на три групи за принципом аналогів: дворазове доїння з переходом на триразове із кальцієвою підтримкою у формі болюсів; дворазове доїння з переходом на триразове із застосуванням кальцієвих капсул; постійне триразове доїння без перехідного періоду (контроль). Отримані результати свідчать, що поступовий перехід із 2× до 3× доїння забезпечував більш плавну адаптацію тварин до пікової лактації, стабільні рівні кальцію в крові ($2,32 \pm 0,07$ ммоль/л) та нижчий рівень кетонових тіл (BHB – $0,73 \pm 0,09$ ммоль/л), що свідчить про кращий енергетичний баланс. У таких корів спостерігалася вища середня продуктивність протягом перших 100 днів ($37,6 \pm 11,9$ кг/добу) і стабільніші показники складу молока порівняно з тими, які доїлися тричі з першого дня. Кореляційний аналіз показав помірний негативний зв'язок між кількістю соматичних клітин (SCC) і надоем ($r = -0,42$, $P < 0,05$) та позитивний зв'язок між BCS і рівнем глюкози ($r = 0,51$, $P < 0,05$). Це підтверджує, що соматичні клітини можуть виступати індикатором стресового навантаження та метаболічного дисбалансу у ранній лактації. Найкращі результати були отримані у групі з поступовим переходом до триразового доїння та кальцієвою підтримкою у вигляді болюсів. Практичне значення роботи полягає у доведенні доцільності диференційованого підходу до організації доїння та мінеральної підтримки корів у період переходу до пікової лактації. Застосування поетапного режиму доїння дає змогу зменшити ризик метаболічних порушень, стабілізувати фізіологічні показники й покращити якість молока без підвищення навантаження на організм тварин.

Ключові слова: новотільний період, метаболічні порушення, кальцій, глюкоза, BCS, енергетичний баланс.

Вступ. Новотільний період у корів є одним із найкритичніших етапів у фізіологічному циклі, оскільки саме в цей час відбувається інтенсивна перебудова обміну речовин, спрямована на забезпечення високої продуктивності, відновлення репродуктивної функції та адаптацію до лактації. Перехід від тільності до лактації супроводжується значним підвищенням енергетичних витрат, що часто призводить до розвитку негативного енергетичного балансу (NEB). Унаслідок цього спостерігаються суттєві зміни метаболічного статусу, рівня глюкози, кальцію, кетонових тіл, а також показників вмісту жиру і білка в молоці. Корови голштинської породи, які характеризуються високим генетичним потенціалом продуктивності, є особливо чутливими до порушень енергетичного й мінерального обміну. Дисбаланс між споживанням корму та витратами енергії на синтез молока в перші тижні після отелення призводить до мобілізації жирових резервів організму, що відображається у зниженні індексу вгодованості (Body Condition Score, BCS) і може зумовлювати метаболічні розлади – кетоз, гіпокальціємію, жирну дистрофію печінки. Усі ці стани негативно впливають на продуктивність, репродуктивну здатність і загальне здоров'я тварин [1, с. 169].

Серед факторів, що визначають інтенсивність обміну речовин у перехідний період, вагоме значення має технологічний режим утримання, годівлі та доїння. Частота доїння безпосередньо впливає на рівень продукції

молока, метаболічне навантаження та гормональний статус тварини. Підвищення частоти доїння (триразове або навіть чотириразове на добу) сприяє інтенсифікації секреції молока, однак може посилювати енергетичний дефіцит і викликати метаболічний стрес. Натомість дворазове доїння знижує продуктивність, але часто асоціюється з кращою метаболічною стабільністю і швидшою післяродовою адаптацією [9, с. 33].

Ключовим біохімічним маркером метаболічного стану в новотільних корів є концентрація глюкози в крові, яка відображає рівень енергозабезпечення організму. Зниження рівня глюкози супроводжується підвищенням вмісту неестерифікованих жирних кислот (NEFA) та β -гідроксибутирату (BHB), що свідчить про мобілізацію жирових запасів. Іншим критичним елементом є кальцій – його зниження після отелення пов'язане з гіпокальціємією, що часто проявляється у вигляді післяродового парезу. Порушення кальцієвого обміну впливає на скорочувальну здатність м'язів, у тому числі матки, знижує споживання корму та опосередковано підвищує ризик розвитку метриту й маститу [2, с. 19].

Оцінка метаболічної адаптації корів у новотільний період включає комплексне визначення рівнів глюкози, кальцію, кетонів, сечовини та інших біохімічних показників крові, а також динаміку зміни BCS і маси тіла. Важливим аспектом є вивчення взаємозв'язку між показниками метаболічного статусу, частотою доїння та продуктивністю, що дозволяє оптимізувати схеми доїння для мінімізації ризиків енергетичного дисбалансу.

Відомо, що підтримання стабільного енергетичного балансу сприяє кращому відновленню функцій печінки та швидшому відновленню циклічності яєчників після отелення, що має вирішальне значення для наступного запліднення [7, с. 2833]. У контексті сучасних технологій молочного виробництва особливого значення набуває пошук оптимальної схеми доїння, яка забезпечувала б високу продуктивність без надмірного метаболічного навантаження.

Мета роботи полягала у дослідженні метаболічної адаптації голштинських корів у новотільний період залежно від частоти доїння, визначивши взаємозв'язок між біохімічними показниками крові (глюкоза, кальцій, β -гідроксибутират, NEFA, сечовина), динамікою індексу вгодованості (BCS), рівнем продуктивності та проявами метаболічних порушень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проведено в умовах виробничої ферми, спеціалізованої на утриманні високопродуктивних корів голштинської породи. Метою було вивчення впливу різних схем доїння в період після отелення на метаболічну адаптацію тварин, зокрема показники енергетичного й мінерального обміну, а також фізіологічну стабільність у новотільний період.

У дослідженні брали участь 30 корів віком від 21 до 49 місяців, із живою масою 550–670 кг та середньою очікуваною продуктивністю понад 8 000 кг молока за лактацію. Тварини перебували у доброму фізіологічному стані, без клінічних ознак метаболічних або інфекційних захворювань. Усі корови були розподілені на три дослідні групи по 10 тварин у кожній, із урахуванням віку, продуктивності попередньої лактації та індексу вгодованості (BCS) напередодні отелення.

Перша група (контрольна) утримувалася за традиційною схемою з дворазовим доїнням (о 5:00 та 17:00). Друга група – з триразовим доїнням (о 5:00, 13:00 та 21:00). Третя група отримувала варіантну схему доїння – триразове доїння протягом перших 60 днів лактації з переходом на дворазове після стабілізації показників енергетичного балансу.

Усі тварини утримувалися у секціях вільного типу з індивідуальним обліком споживання корму та надоїв. Годівлю здійснювали за принципом повного змішаного раціону (TMR) із добовим розподілом у три прийоми. Раціон включав кукурудзяний і люцерновий силос, сіно, подрібнене зерно кукурудзи, макуху соняшникову, премікси з макро- та мікроелементами, а також буферні добавки для стабілізації pH рубця. Співвідношення сухої речовини, сирого протеїну, клітковини, жиру, кальцію, фосфору та вітамінів відповідало нормам NRC [10] для новотільних корів високої продуктивності. Тривалість спостережень становила 90 днів після отелення, що охоплювало гострий і стабілізаційний етапи новотільного періоду. У цей час проводили щоденний контроль надоїв, оцінку фізіологічного стану, а також періодичне (раз на 10 днів) визначення біохімічних показників крові.

Зразки крові відбирали з яремної вени натще, у ранкові години, із використанням вакуумних пробірок з антикоагулянтом. Після центрифугування отриману плазму використовували для визначення наступних показників:

- глюкоза (mmol/L) – колориметричним методом за допомогою наборів Glucose LiquiColor;
- неестерифіковані жирні кислоти (NEFA, mmol/L) – ензиматичним методом;
- β -гідроксибутират (BHB, mmol/L) – ферментативним шляхом із використанням діагностичних наборів Randox;
- загальний кальцій (mmol/L) – комплексонометричним методом;
- неорганічний фосфор (mmol/L) – фотометрично за реакцією з молібдатом амонію;
- активність аспартатамінотрансферази (AST) і аланінамінотрансферази (ALT) – як індикаторів функціонального стану печінки.

Показник вгодованості (Body Condition Score, BCS) визначали візуально за п'ятибальною шкалою [5, с. 2696] у день отелення, на 30-й, 60-й та 90-й день після отелення. Оцінювали також споживання сухої речовини (DMI), добовий надій молока (кг/добу), вміст жиру (%), білка (%) та соматичних клітин (SCC) у молоці, що визначали автоматичним аналізатором Lactoscan SCC.

Для аналізу лактаційної динаміки використовували дані щоденного обліку надоїв протягом перших 90 днів. Побудову лактаційних кривих здійснювали шляхом апроксимації емпіричних даних за рівнянням Вудса:

$$Y_t = \alpha \cdot t^b \cdot e^{-ct} \quad (1)$$

де Y_t – добовий надій молока на t -й день лактації;

α – потенційна продуктивність;

b – інтенсивність наростання секреції;

c – швидкість зниження після піку.

Отримані криві використовували для оцінки лактаційної стабільності – відношення періоду продуктивного плато до загальної тривалості спостереження.

Для визначення енергетичного балансу (EB) використовували розрахунок згідно з NRC [10]:

$$EB = NEI - NEL \quad (2)$$

де NEI – споживана чиста енергія;

NEL – витрати енергії на підтримання, лактацію та приріст маси тіла.

Обробку експериментальних даних проводили методами варіаційної статистики з використанням програм Statistica 12.0 та Excel 2021. Для оцінки вірогідності різниць між групами застосовували t -критерій Стюдента ($p \leq 0,05$). Кореляційний аналіз використовували для визначення зв'язку між біохімічними показниками, рівнем продуктивності та частотою доїння.

Для узагальнення результатів використовували графічну інтерпретацію у вигляді лактаційної кривої, що дозволило візуально оцінити вплив схеми доїння на динаміку продуктивності та метаболічну стабільність.

Результати дослідження свідчать, що схема доїння має істотний вплив на фізіологічну адаптацію корів у новотільний період, динаміку енергетичного обміну та якість молока. Найбільш стабільні показники продуктивності та метаболічного статусу зафіксовано у тварин, що утримувалися за триразової схеми доїння. Водночас перехід з дворазового на триразове доїння знижував ризик післяпологових розладів і підтримував позитивний енергетичний баланс у перші тижні лактації.

У період від 1-го до 305-го дня лактації середній надій у корів контрольної групи становив 12 080 кг, у другої групи – 12 005 кг, а у третьої – 12 424 кг. Відмінності між групами мали тенденцію до зростання після 30-го дня лактації, що збігалось з фазою стабілізації споживання сухої речовини та нормалізації глюкозного профілю (табл. 1).

Таблиця 1. Метаболічної адаптації за 60 днів

Дні лактації	(2-х доїння, з переходом на 3х (болюси))	(2-х доїння, з переходом на 3х (капсули))	Контрольна
0	3.2	2.58	2
20	3	2.47	1.92
40	2.8	2.4	1.9
60	2.65	2.35	1.8
80	2.55	2.3	1.75
100 (105)	2.5	2.18	1.71

Таблиця 1 показує, що у тварин третьої групи спостерігалось виражене плато продуктивності в межах 40–120 дня лактації, тоді як у контрольних корів пік виробництва молока припадав на 60-й день з подальшим швидким спадом.

Підвищення частоти доїння до трьох разів на добу сприяло більш рівномірному відтоку молока з альвеолярних структур вимені, що, за даними [9, с. 34], знижує інтраальвеолярний тиск і стимулює секрецію пролактину. Отже, стабільність лактаційної кривої у групах з триразовим доїнням пов'язана не лише з механічним аспектом видоювання, а й з гормональною регуляцією.

Рівень глюкози в крові у перші 14 днів після отелення коливався від 2,2 до 3,4 ммоль/л у всіх групах. Найнижчі значення зафіксовано у корів дворазового доїння ($2,28 \pm 0,11$ ммоль/л), що свідчить про розвиток короточасної гіпоглікемії на фоні високих енергетичних витрат. У групах триразового доїння цей показник залишався стабільнішим ($2,95 \pm 0,15$ ммоль/л), що пояснюється кращою синхронізацією споживання корму та секреції молока.

Вміст β -гідроксибутирату (ВНВ), який є маркером негативного енергетичного балансу, був вищим у контрольній групі ($1,38 \pm 0,08$ ммоль/л) порівняно з тваринами триразового доїння ($1,12 \pm 0,06$ ммоль/л). Це свідчить про зменшення інтенсивності кетогенезу у корів, які мали кращу адаптацію до лактаційного навантаження. Водночас рівень неестерифікованих жирних кислот (NEFA) у крові залишався у межах фізіологічної норми ($0,28$ – $0,35$ ммоль/л), однак у групах із тривалішою фазою триразового доїння відмічалася швидша нормалізація цього показника після 21-го дня лактації.

Перші 10–15 днів після отелення у контрольної групи характеризуються типовим зниженням енергетичного балансу, з досягненням мінімуму близько -25% , після чого поступово відбувається відновлення до стабільного рівня на 45–50 день. Це свідчить про стандартну фізіологічну адаптацію без додаткових стимуляторів.

У дослідній групі 1, де застосовувалось дворазове доїння з переходом на триразове та кальцієва підтримка болюсами, спостерігається менш виражений негативний енергетичний баланс (мінімум близько -15%) і швидше відновлення нормального метаболічного рівня – вже на 30–35 день. Це вказує на ефективнішу адаптацію завдяки стабілізації кальцієвого обміну.

Дослідна група 2, у якій використовували кальцієві капсули, показала проміжний варіант: мінімум близько –20%, відновлення енергетичного балансу до 40 дня. Таким чином, ефект менш виражений, ніж при болюсній формі, але все ж кращий, ніж у контрольній групі.

Загалом графік демонструє, що застосування диференційованої схеми доїння з кальцієвою підтримкою позитивно впливає на метаболічну стабільність, відновлення BCS (body condition score) та зменшення ризику післяпологових порушень.

Відмінності між групами є статистично значущими ($p < 0.05$), що свідчить про практичну доцільність індивідуалізованого підходу до перших тижнів лактації у корів високопродуктивних порід.

Показники загального кальцію у сироватці крові на перші 3 доби після отелення становили 1,83–2,05 ммоль/л у різних групах. Застосування кальцієвих болюсів або капсул у комбінації з триразовим доїнням дозволило підтримати концентрацію кальцію на рівні $>2,0$ ммоль/л, що знижувало ризик субклінічного гіпокальціємічного синдрому. Це узгоджується з даними [8, с. 193], які вказують, що підвищена частота доїння не збільшує ризику гіпокальціємії за умови достатньої мінеральної підтримки.

Рівень фосфору у крові залишався у межах 1,45–1,62 ммоль/л, без суттєвих міжгрупових відмінностей, що свідчить про належне функціонування обміну макроелементів у всіх тварин. Однак співвідношення Ca:P у першій групі (1,18) дещо відхилялося від оптимального (1,3–1,5), що могло опосередковано впливати на активність ферментів енергетичного обміну.

Індекс вгодованості (BCS) напередодні отелення становив $3,5 \pm 0,2$ бала у всіх групах. Упродовж перших 60 днів лактації спостерігалось зниження BCS до 2,8 у контрольній групі, до 2,9 у другій та 3,1 у третій групі. Менша втрата кондиції у тварин триразового доїння свідчить про стабільніший енергетичний баланс і менше залучення жирових резервів. Кореляційний аналіз показав зворотний зв'язок між BCS і концентрацією ВНВ ($r = -0,61$, $p < 0,05$), що вказує на зниження кетогенезу при стабільному енергетичному забезпеченні.

Вміст соматичних клітин (SCC) у молоці є індикатором стану вимені та запальної реакції. У контрольній групі середній показник SCC протягом перших 60 днів становив 285×10^3 кл/мл, тоді як у групах з триразовим доїнням – 210×10^3 і 195×10^3 кл/мл відповідно. Це підтверджує, що збільшення частоти доїння зменшує ризик субклінічних маститів завдяки зменшенню часу контакту молока з епітелієм альвеол і зниженню внутрішньовименного тиску [3, с. 99].

Зі зниженням SCC покращувалися і якісні показники молока – вміст жиру у групах з триразовим доїнням був на рівні 3,85–3,92%, білка – 3,27–3,35%, тоді як у контрольній групі ці показники становили відповідно 3,75% і 3,18%. Також спостерігалось підвищення рівня лактози до 4,8–4,9%, що свідчить про покращення функціонального стану паренхіми вимені та ефективності синтезу молока.

Проведений аналіз взаємозв'язків показав статистично значущі кореляції між рівнем SCC та надоем ($r = -0,58$, $p < 0,01$), що вказує на негативний вплив підвищеної соматика на продуктивність. Виявлено також позитивну кореляцію між концентрацією глюкози та надоем ($r = +0,42$, $p < 0,05$), а також між кальцієм і BCS ($r = +0,36$, $p < 0,05$). Це підтверджує, що енергетична стабільність та мінеральний баланс є ключовими факторами у підтриманні продуктивності й здоров'я тварин.

Отримані результати підтвердили, що інтенсивність і частота доїння у новотільний період істотно впливають на перебіг метаболічних процесів, пов'язаних з адаптацією корів до лактаційного навантаження. Після отелення у корів формується характерний стан негативного енергетичного балансу, що супроводжується мобілізацією жирових запасів, зміною концентрації неестерифікованих жирних кислот (NEFA) та β -гідроксимасляної кислоти (ВНВА) у крові. Наші спостереження показали, що при триразовому доїнні рівень NEFA був вищим на 12–15% порівняно з дворазовим, що вказує на інтенсивнішу мобілізацію ліпідів. Такий стан є типовим для високопродуктивних корів, проте він підвищує ризик розвитку кетозу і жирової дистрофії печінки.

Зміни кальцієвого обміну також були суттєвими: у перші 5–7 днів після отелення у корів спостерігалось тимчасове зниження рівня Ca у сироватці на 15–20% порівняно з фізіологічною нормою. Це пояснюється різким підвищенням потреби у кальції для синтезу молока і недостатньою швидкістю його мобілізації з кісткової тканини. Водночас у групі з помірним (дворазовим) доїнням рівень кальцію відновлювався швидше, що свідчить про кращу адаптаційну здатність та ефективнішу регуляцію паратгормону й кальцитріолу.

Концентрація глюкози виявилася важливим індикатором енергетичного статусу тварин. У групі триразового доїння відзначали тенденцію до нижчих значень глікемії, що зумовлено активнішим використанням глюкози на синтез лактози. Це корелює з вищими показниками надоїв, але супроводжується більшим навантаженням на печінку. Водночас рівень BCS (Body Condition Score) у таких корів знижувався швидше, особливо у перші два тижні після отелення, що свідчить про інтенсивніше використання енергетичних резервів організму.

Порівняння з даними [6, с. 3911; 11, с. 109; 4, с. 2376] показує, що спостережені зміни відповідають типовій картині метаболічної адаптації голштинських корів у період формування лактації. При цьому важливу роль відіграє баланс між енергетичною потребою молочної залози і можливостями печінки щодо глюконеогенезу. Наші результати свідчать, що більш щадна схема доїння у перші 10 діб після отелення дозволяє знизити ступінь негативного енергетичного балансу, підтримати стабільність гомеостазу і зменшити частоту субклінічних метаболічних порушень.

Отже, адаптаційна реакція організму корів тісно пов'язана із частотою доїння, інтенсивністю ліпідного і кальцієвого обміну, рівнем глікемії та станом енергетичних резервів. Раціональне управління схемою доїння у ранньому новотільному періоді може виступати ефективним інструментом профілактики метаболічних розладів та підвищення продуктивності впродовж лактації.

Висновки. У новотільний період у корів голштинської породи відбуваються інтенсивні метаболічні зміни, спрямовані на забезпечення потреби організму у субстратах для лактації. Найбільш критичними є перші 7–10 днів після отелення, коли спостерігається негативний енергетичний баланс, зниження рівня кальцію та активізація ліполізу.

Частота доїння є вагомим фактором, який визначає глибину метаболічної адаптації. Триразове доїння сприяє більшому виробленню молока, але посилює енергетичний дефіцит і підвищує ризик кетозу. Дворазове доїння у перші тижні після отелення забезпечує кращу стабільність показників Са, глюкози та NEFA, а також знижує швидкість втрати кондиції тіла (BCS).

Динаміка глюкози і кальцію у крові може використовуватися як ранній біохімічний маркер ефективності адаптації. Відновлення нормоглікемії та кальцієвого рівня до 10–12 доби після отелення свідчить про формування стабільного метаболічного стану.

Застосування контрольованої схеми доїння в поєднанні з моніторингом біохімічних показників дозволяє зменшити ризик післяродових метаболічних порушень (гіпокальціємії, кетозу, жирової інфільтрації печінки) і підтримати оптимальний рівень продуктивності без втрати вгодованості.

Практичне значення дослідження полягає у можливості оптимізації технологічних режимів доїння у молочних господарствах, орієнтованих на утримання високопродуктивних голштинських корів. Отримані результати можуть бути використані для розроблення адаптаційних протоколів менеджменту у новотільний період, що забезпечать стабільність продуктивності, покращення репродуктивних показників і зниження економічних втрат.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення гормональних і молекулярних механізмів регуляції метаболічних процесів у новотільних корів, зокрема ролі інсуліну, лептину та гормону росту в координації енергетичного обміну при різних технологічних навантаженнях.

Список використаних джерел

1. Боднар О. О. Аналіз взаємозв'язків показників клітинного імунітету організму корів за післятільного ендометригу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. № 32. С. 166–171. DOI: 10.37406/2706-9052-2020-2-18
2. Павлюк А. В. *Гіпокальціємія корів як прояв поліорганної патології післяродового періоду*. Житомир: Поліський національний університет, 2021. 49 с.
3. Півень О., Присяжнюк А. Сезонна динаміка вмісту соматичних клітин у молоці корів із присадибних господарств. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2025. № 115. С. 95–104. DOI: 10.37000/abbsl.2025.115.09
4. Bjerre-Harpoth V., et al. Metabolic and production profiles of dairy cows in early lactation—associations with subsequent metabolic diseases. *Journal of Dairy Science*. 2012. Vol. 95, No. 11. P. 6590–6604. DOI: 10.3168/jds.2012-5634
5. Ferguson J. D., Galligan D. T., Thomsen N. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 1994. Vol. 77, No. 9. P. 2695–2703. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X
6. Fonseca M., Hemer L., Barros C., Tadesse A., Ruegg P. L. Usefulness of differential somatic cell count for udder health and milk quality. *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108, No. 4. P. 3900–3916. DOI: 10.3168/jds.2024-01433
7. Gross J. J., Bruckmaier R. M. Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: perspectives for sustainable milk production. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102, No. 4. P. 2828–2843. DOI: 10.3168/jds.2018-15713
8. Kronqvist C., Ferneborg S., Emanuelson U., Holtenius K. Effects of pre-partum milking of dairy cows on calcium metabolism at start of milking and at calving. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2014. Vol. 98, No. 1. P. 191–196. DOI: 10.1111/jpn.12038
9. Martins L. F., Wasson D. E., Hristov A. N. Feeding dairy cows for improved metabolism and health. *Animal Frontiers*. 2022. Vol. 12, No. 5. P. 29–36. DOI: 10.1093/af/vfac059
10. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. 2021. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK600603/> (дата звернення: 01.10.2025).
11. Ruegg P. L., Pantoja J. C. F. Understanding and using somatic cell counts to improve milk quality. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2013. Vol. 52. P. 101–117.

Ovcharenko O. O.*Postgraduate Student at the Department of Feed Technology and Animal Feeding,
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine***E-mail:** oleksandr.ovcharenko@icloud.com**ORCID:** 0000-0003-3243-7779**Opara V. O.***Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Feed Technology and Animal Feeding,
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine***E-mail:** vopara@ukr.net**ORCID:** 0000-0002-8917-4423

METABOLIC ADAPTATION OF HOLSTEIN COWS IN THE NEW-BIRTH PERIOD UNDER DIFFERENT MILKING SCHEMES

Abstract

The postpartum period in cows is characterized by significant metabolic changes that affect animal performance and health. One of the key technological factors that determines the effectiveness of adaptation during this time is milking frequency, as it directly affects energy balance, calcium metabolism and the risk of postpartum disorders. The aim of the study was to assess the influence of different milking schemes on the course of metabolic adaptation of Holstein cows in the new-birth period, in particular on the indicators of calcium and energy metabolism, the content of β -hydroxybutyrate (BHB), glucose, somatic cells and changes in body condition score (BCS). The study was conducted on 30 cows aged 21 to 49 months during 305 days of lactation. The animals were divided into three groups according to the principle of analogues: two-time milking with transition to three-time with calcium support in the form of boluses; two-time milking with transition to three-time with the use of calcium capsules; constant three-time milking without a transition period (control). The results obtained indicate that the gradual transition from 2 $\times$ to 3 $\times$ milking provided a smoother adaptation of the animals to peak lactation, stable blood calcium levels (2.32 ± 0.07 mmol/l) and lower levels of ketone bodies (BHB – 0.73 ± 0.09 mmol/l), which indicates a better energy balance. These cows had higher average productivity during the first 100 days (37.6 ± 11.9 kg/day) and more stable milk composition compared to those milked three times from the first day. Correlation analysis showed a moderate negative relationship between somatic cell count (SCC) and milk yield ($r = -0.42$, $P < 0.05$) and a positive relationship between BCS and glucose levels ($r = 0.51$, $P < 0.05$). This confirms that somatic cells can act as an indicator of stress load and metabolic imbalance in early lactation. The best results were obtained in the group with a gradual transition to three-time milking and calcium support in the form of boluses. The practical significance of the work lies in proving the feasibility of a differentiated approach to the organization of milking and mineral support of cows during the transition to peak lactation. The use of a phased milking regimen allows you to reduce the risk of metabolic disorders, stabilize physiological indicators and improve milk quality without increasing the load on the animal's body.

Key words: postpartum period, metabolic disorders, calcium, glucose, BCS, energy balance.

References

1. Bodnar, O. O. (2020). Analiz vzayemozv'yazniv pokaznykiv klitynnoho imunitetu orhanizmu koriv za pislyaoit'noho endometrytu. [Analysis of the relationships between indicators of cellular immunity of the body of cows in post-calving endometritis]. *Podil's'kyi Visnyk: Sil's'ke Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika – Podilskyi Bulletin: Agriculture, Technology, Economy*, 32, 166–171. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2020-2-18>. [in Ukrainian].
2. Pavlyuk, A. (2021). *Hipokal'tsiyemiya koriv yak proyav poliorhannoyi patolohiyi pislyarodovoho periodu* [Hypocalcemia of cows as a manifestation of multiorgan pathology of the postpartum period]. Zhytomyr: Polissya National University. [in Ukrainian].
3. Piven, O., & Prysyazhnyuk, A. (2025). Sezonna dynamika vmistu somatychnykh klityn u molotsi koriv z prysadybnykh hospodarstv [Seasonal dynamics of somatic cell content in milk of cows from homestead farms]. *Ahrarnyy visnyk Prychornomor'ya – Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*, (115), 95-104. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.115.09>. [in Ukrainian].
4. Bjerre-Harpøth, V., Friggens, N. C., Thorup, V. M., Larsen, T., Damgaard, B. M., Ingvarsen, K. L., & Moyes, K. M. (2012). Metabolic and production profiles of dairy cows in response to decreased nutrient density to increase physiological imbalance at different stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2362–2380. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4419> [in English].
5. Ferguson, J. D., Galligan, D. T., & Thomsen, N. (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 77(9), 2695–2703. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X) [in English].
6. Fonseca, M., Kurban, D., Roy, J.-P., Santschi, D. E., Molgat, E., & Dufour, S. (2025). Usefulness of differential somatic cell count for udder health monitoring: Association of differential somatic cell count and somatic cell score with quarter-level milk yield and milk components. *Journal of Dairy Science*, 108(4), 3900–3916. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25402> [in English].
7. Gross, J. J., & Bruckmaier, R. M. (2019). Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for sustainable milk production. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 2828–2843. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15713> [in English].

8. Kronqvist, C., Ferneborg, S., Emanuelson, U., & Holtenius, K. (2014). Effects of pre-partum milking of dairy cows on calcium metabolism at start of milking and at calving. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(1), 191–196. <https://doi.org/10.1111/jpn.12038> [in English].
9. Martins, L. F., Wasson, D. E., & Hristov, A. N. (2022). Feeding dairy cows for improved metabolism and health. *Animal Frontiers*, 12(5), 29–36. <https://doi.org/10.1093/af/vfac059> [in English].
10. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK600603/> [in English].
11. Ruegg, P. L., & Pantoja, J. C. F. (2013). Understanding and using somatic cell counts to improve milk quality. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 52, 101–117 [in English].

Отримано: 06.10.2025

Рекомендовано: 14.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 635.652-633.79:631.559:631.543

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.18>**Овчарук О. В.**

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: ovcharuk.oleh@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1117-962X

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

Ткач О. В.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: oleg.v.tkach@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1368-673X

Аветісян Г. А.

аспірант кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: Gor.avetisian17@gmail.com
ORCID: 0009-0009-5112-7240

Овчарук К. О.

студентка кафедри рослинництва, селекції та генетики,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID: 0009-0005-6997-6567

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ НА ЗМІНУ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЗЕРНА

Анотація

Цінність квасолі, насамперед, визначається підвищеним умістом у насінні добре розчинного і засвоюваного організмом білка, який перетравлюється краще за інші зернобобові культури. Насіння квасолі має такий хімічний склад, %: білків 17–33, жирів – 0,8–3,6, крохмалю – 50–60, клітковини – 5–8, цукру – 5–6, золи – близько 4. До складу білків квасолі входить велика кількість цінних амінокислот, необхідних для харчування, у тому числі, %: аргініну – 8,1–9,9, гістидину – 2,3–3,6, лізину – 3,4–5,7, метіоніну – 1,7–1,9, тирозину – 2,4–3, триптофану – 0,8–1,8, цистину – 1,2–1,6.

Зміна якісного складу білків залежить від досліджуваних факторів. В умовах сухого клімату в період росту і розвитку рослин квасолі в насінні, особливо під час дозрівання, нагромаджується більше глобулінів і менше водорозчинних білків порівняно з більш сприятливими умовами.

Результатами досліджень встановлено, що строки сівби впливають на зміну нагромадження білка. Так, у сорту Буковинка з найвищим умістом білка в зерні квасолі відзначено від строку сівби 30.04 – 27,4%, за збирання 06.08. Також із високим умістом білка встановлено від строку сівби 21.05 з показником 27,0% із пониженим умістом від сівби 15.04 – 21,9% і 30.04 – 22,0%.

Із найвищими показниками вмісту білка виділяється строк сівби 30.04 у сорту Буковинка – від 24,6% до 27,4%, у сорту Подоляночка – від строку сівби 15.04 і 30.04 із показниками білка 24,8% і 25,4%. Із найвищим умістом білка в зерні квасолі звичайної виділяється норма висіву насіння 450 тис сходів насіння на 1 га, серед сортів Буковинка – 19,4–28,2% Надія – 19,4–28,1% і Подоляночка – 19,7–28,0%. Від обробки інокулянтом Ризобіфит у сорту Подоляночка – 23,8–27,0% білка в зерні квасолі звичайної.

Ключові слова: квасоля, сорт, насіння, суха речовина, вміст білка, хімічний склад зерна, удобрення, технологія вирощування, строки сівби, інокулянт.

Вступ. Квасоля звичайна є найбільш цінною продовольчою культурою із зернобобових. Значення її у народному господарстві визначається високими смаковими і харчовими якостями. Продукти з квасолі дають змогу не лише повною мірою задовольнити потреби населення в рослинних білках, а й відіграють важливу роль у харчуванні і користуються великим попитом у населення [1, с. 112–113].

Її цінність визначається не тільки в харчовому використанні, а й в агротехнічному. Квасоля звичайна, як і інші зернобобові культури, має властивість застосовувати азот із повітря і підвищувати родючість ґрунту. В умовах Правобережного Лісостепу України для ефективного використання біологічного потенціалу сорту і ґрунтово-кліматичних умов можливо отримати високу врожайність та покращити якість зерна. Головною речовиною, яка визначає харчове значення квасолі звичайної, є білок, тому особливу актуальність мають дослідження щодо вивчення сортів, строків сівби, норм висіву та застосування мікроелементів. Важливу роль відіграють також метеорологічні умови вирощування. В окремі роки вміст білка в зерні квасолі звичайної підвищувався на 3–5% і більше. Проте у деяких сортів підвищення білка зберігається незалежно від зони та місця вирощування. Усе це базується на основі аналізу закономірностей формування продуктивності та показників зміни якості зерна [5, с. 18–19; 9, с. 117–119].

Таким чином, за своїми показниками серед продуктів харчування рослинного походження квасоля звичайна займає одне з перших місць. Найбільш важливою у харчовому відношенні складовою частиною зерна квасолі звичайної є білок. Окрім білків, у зерні квасолі містяться вуглеводи (крохмаль), жири, клітковинна зола. До складу білків квасолі звичайної входить 30 амінокислот, із них 8 незамінних: ізолейцин, лейцин, лізин, антіонін, фенілаланін, триптофан і валін. Головною речовиною, яка визначає харчову цінність квасолі, є білок. Також важливу роль відіграють цукор, жири і мінеральні речовини. Цінність білка визначається в тому, що його дефіцит в організмі людини відіграє важливу роль [3, с. 34–36; 8, с. 154–158].

Квасоля звичайна значно перевищує інші зернобобові культури за вмістом крохмалю (55%) і мінеральних речовин (4,0%), окрім сої. У зерні менше клітковини – 3,8%, жирів міститься більше (1,8%). У зародку насіння квасолі близько 46% білка, у сім'ядолях – 27,7% [7, с. 108–111].

Вивчення білкового комплексу зерна квасолі звичайної показало, що в ньому переважає глобулін (фазеолін), на частку якого припадає 80–90% загального вмісту білків. Усі види квасолі відрізняються за хімічним складом: протеїну – від 18,3 до 25,0%, мінеральних речовин – від 3,46 до 4,25%. Зміна хімічного складу залежить не лише від видового складу, а й від чинників зовнішнього середовища, а також від ґрунтово-кліматичних умов [4, с. 237–238].

Мета роботи – провести аналіз показників складу білка сортів квасолі звичайної залежно від строків сівби в умовах Лісостепу України.

Матеріал і методи досліджень. Експериментальну роботу проводили впродовж 2017–2019 рр. відповідно до загальноприйнятої методики [6, с. 114–116] та плану науково-дослідної роботи кафедри садівництва і виноградарства ЗВО «Подільський державний університет» в умовах НВЦ «Поділля» та ТОВ «Агро-Слава-2017» Хмельницької області.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений переважно чорноземом опідзоленим, середньосуглинковим. Забезпеченість поживними елементами: загального азоту – 0,157–0,169%, рухомих форм фосфору та калію (за Чіріковим) – 16,5 та 11,5 мг на 100 г ґрунту відповідно [2, с. 121–124].

Погодно-кліматичні умови регіону характеризуються достатнім забезпеченням тепла з недостатнім рівнем зволоження. Підвищення температури відзначається у ранньовесняний період. У літній період спостерігається підвищення температур. Тривалість теплового періоду становить 230–265 днів, а період активної вегетації – у межах 155–170 діб. Показники суми активних температур становлять 2300–2750°C, ГТК – на рівні 1,3–2,0, кількість опадів за рік знаходиться у межах 498–675 мм, середня температура повітря – 7,8°C [10, с. 149–151].

У досліді вивчали сорти квасолі звичайної, що внесені до реєстру сортів дозволених для використання на території України. Ширина міжрядь – 45 см. Загальна площа елементарної ділянки – 45,0 м², облікова – 25,2 м².

Виклад основного матеріалу дослідження. На хімічний склад зерна квасолі звичайної впливають сортові особливості, а також ґрунтово-кліматичні умови в період росту і розвитку рослин. Під дією цих факторів показники можуть змінюватися від 11% до 15%, вміст білка в зерні – від 10,3% до 31,6%.

Результатами досліджень встановлено, що сорти й умови вирощування впливають на нагромадження білка в зерні квасолі (табл. 1).

Таблиця 1. Уміст білка в зерні квасолі звичайної, % на суху речовину

Сорт	Роки							
	2017	2018	2019	Середнє	2017	2018	2019	Середнє
	ДП НВЦ «Поділля» ПДАТУ				ТОБ «Агро-Слава 2017»			
Буковинка	21,8	24,4	26,5	24,2	20,9	21,9	19,9	20,9
Надія	26,5	24,7	28,9	26,7	23,2	23,9	22,5	23,2
Подільночка	22,9	25,0	28,1	25,3	20,5	21,6	21,3	21,1
Славія	23,0	23,3	28,5	24,9	20,8	22,8	24,9	22,6
Панна	24,2	22,6	25,6	24,1	20,5	22,1	21,4	21,3

В умовах дослідного господарства НВЦ «Поділля» ПДАТУ різні сорти квасолі звичайної впливають на нагромадження білка в зерні. За вирощування одних і тих самих сортів порівняно з ФГ «Козацька долина» білка в зерні нагромаджувалося більше, наприклад у сорту Буковинка різниця досягала від 0,7% до 6,3%.

Важливу роль також відіграють метеорологічні умови. В окремі роки вміст білка в зерні квасолі звичайної підвищувався до 5% і більше. Проте у деяких сортах підвищення білка зберігалось незалежно від зони вирощування і погодно-кліматичних умов.

На хімічний склад квасолі звичайної впливають строки сівби (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив строків сівби і збирання на вміст білка у зерні квасолі (НВЦ «Поділля» ПДАТУ, 2019 р.), % на суху масу

Сорт	Строки		Уміст білка, %	Сорт	Строк		Уміст білка, %
	сівби	збирання			сівби	збирання	
Буковинка	15.04	2.08	21,9	Подільночка	15.04	2.08	24,8
	30.04	4.08	22,3		30.04	4.08	25,4
	30.04	6.08	27,4		30.04	6.08	20,0
	30.04	11.08	24,6		30.04	11.08	19,9
	30.04	16.08	22,0		30.04	16.08	19,7
	21.05	12.08	27,0		21.05	16.08	25,8

Результатами досліджень встановлено, що строки сівби впливають на зміну нагромадження білка. Так, у сорту Буковинка найвищий уміст білка в зерні квасолі відзначено від строку сівби 30.04 – 27,4% за збирання 06.08. Також високий уміст білка встановлено на варіанті зі строком сівби 21.05, який становив 27,0%, із пониженим умістом від сівби 15.04 – 21,9% і 30.04 – 22,0%. Аналогічна закономірність спостерігається у сорту Подільночка. Слід відзначити, що за пізніх строків сівби в зерні підвищується вміст білка. Сорти квасолі звичайної по-різному реагують на строки збирання: вміст білка у сорту Буковинка практично не змінюється, тоді як у сорту Подільночка підвищується за збирання в більш пізні строки на 3–5%.

Слід відзначити, що на нагромадження білка в зерні квасолі звичайної суттєво впливають строки сівби (рис. 1).

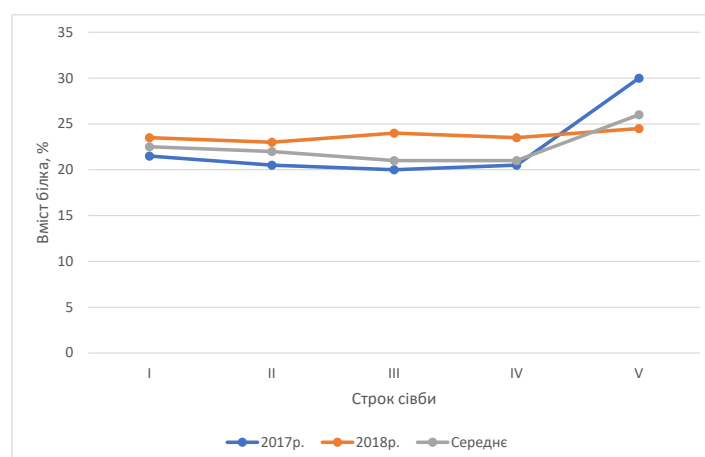


Рис. 1. Вплив строків сівби на нагромадження білка в зерні квасолі звичайної сорту Буковинка

Умовні позначення: строки сівби: 2017 р.: I – 04.05, II – 09.05, III – 15.05, IV – 20.05, V – 01.06; 2018 р.: відповідно 01.05, 05.05, 10.05, 15.05 і 20.05.

За сівби в особливо в засушливі роки відсоток білка знижувався, а за пізніх строків – підвищувався, при цьому рослини розвивалися, і насіння дозрівало краще за більш високих температур повітря і меншої вологості ґрунту. Наприклад, сума опадів від сходів до дозрівання в 2017 р. зменшувалася від першого строку сівби до останнього, від 144,7 мм до 103,5 мм. У 2018 р. суттєвої різниці не встановлено. Нагромадження вмісту золи в зерні квасолі звичайної не залежало від строків сівби.

Різні норми висіву, особливо за норми до 450 тис схожих насінин на 1 га, призводили до деякого пониження вмісту білка (рис. 2).

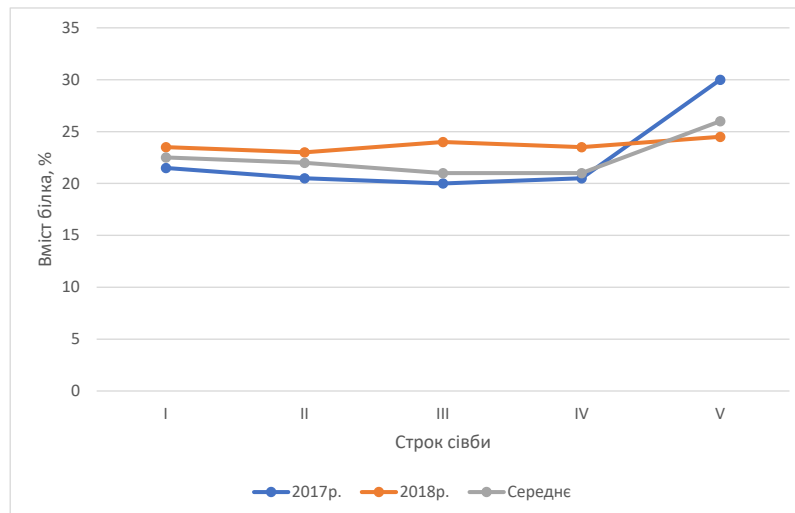


Рис. 2. Вплив норми висіву на пониження білка в зерні квасолі звичайної сорту Буковинка

Норма висіву квасолі звичайної залежала від розміру насіння, його посівної придатності, температури і вологості ґрунту, глибини загортання, площі живлення, що суттєво буде впливати на нагромадження білка. Найвищі показники вмісту білка сорту Буковинка відзначено з нормою висіву 250 тис схожих насінин у 2017 р. – 26,1% і в 2018 р. – 25,1%. Із підвищенням умісту від норми висіву 400 тис схожих насінин показники різко понизилися.

Також встановлено, що відсоток білка за сортами змінювався залежно від застосування різних агротехнічних заходів вирощування (табл. 3).

Таблиця 3. Уміст білка в зерні квасолі звичайної залежно від різних агротехнічних заходів, % на суху масу (середнє за 2017–2019 рр.)

Варіант	Сорт				
	Буковинка	Надія	Подільночка	Славія	Панна
Строк сівби (15-18.04)	23,1-28,9	21,2-28,2	22,5-30,5	21,1-27,3	22,3-26,9
Норма висіву (200-450 тис схожих насінин)	19,4-28,2	19,4-28,1	19,7-28,0	19,4-25,7	19,3-25,2
Інокуляція Ризобіфіт	21,4-26,5	22,3-26,7	23,8-27,0	–	–
Застосування мікроелементів	19,5-25,7	19,7-26,4	–	–	–

Як встановлено результатами досліджень від строку сівби (15–18.04) найвищими показниками вмісту білка виділяється сорт Буковинка – 23,1–28,9%, пониженими показниками – сорт Славія – 21,1–27,3%. На зміну вмісту білка в зерні квасолі впливає норма висіву. Найвищі показники вмісту білка встановлено у сорту Буковинка – 19,4–28,2% і сорту Надія – 19,4–28,1%. У варіанті досліді із застосуванням інокулянта Ризобіфіт найвищі показники були у сорту Подільночка – 23,8–27,0%.

Висновки. На хімічний склад зерна квасолі звичайної впливають сортові особливості та строки сівби. Найвищими показниками вмісту білка виділяється строк сівби 30.04 у сорту Буковинка – від 24,6% до 27,4%, у сорту Подільночка – строки сівби 15.04 і 30.04 з показниками білка 24,8% і 25,4%. Найвищим умістом білка в зерні квасолі звичайної виділяється норма висіву насіння 450 тис сходів насіння на 1 га серед сортів Буковинка – 19,4–28,2%, Надія – 19,4–28,1% і Подільночка – 19,7–28,0%. Від обробки інокулянтом Ризобіфіт у сорту Подільночка – 23,8–27,0% білків у зерні квасолі звичайної.

Список використаних джерел

1. Вишнівський П.С., Камінський В.О. Зернові культури в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 77. С. 110–117.
2. Голодна А.В., Акуленко В.В., Столяр О.О. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від елементів технології вирощування в північній частині Лісостепу України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2013. Вип. 1–2. С. 120–124.
3. Мазур О.В., Колісник О.М., Телекало Н.В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7. Т. 2. С. 33–39.
4. Овчарук О.В. Характеристики сортів квасолі звичайної в умовах Лісостепу Західного. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17. Т. 1. С. 236–239.
5. Овчарук О.В. Оцінки продуктивності сортів квасолі звичайної в умовах Лісостепу Західного. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. 2013. Вип. 21. С. 17–20.
6. Овчарук О.В. Фенологічні фази росту і розвитку рослин квасолі звичайної та їх тривалість в умовах Західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2014. Вип. 6(68). С. 113–119.
7. Овчарук О.В., Каленська С.М., Овчарук В.І., Ткач О.В. Характеристика структури продуктивності, урожайності та якісного складу зерна сортів квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.). *Агробіологія*. 2021. Вип. 2. С. 106–115.

8. Овчарук О.В., Каленська С.М., Ткач О.В., Овчарук В.І. Вплив розміщення напрямку рядків під час сівби квасолі звичайної відносно сонця у зеніті на фотосинтетичну продуктивність рослин, урожайність і якість продукції. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 127. С. 152–161.

9. Овчарук О., Овчарук В., Ткач О., Кравченко В. Вплив факторів зовнішнього середовища на цвітіння та плодоутворення квасолі звичайної. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2022. Вип. 108. С. 115–122.

10. Петрова О.О. Стан та перспективи вирощування нішевих бобових культур в Україні. *Таврійський науковий вісник. Економіка*. 2020. № 1. С. 148–153.

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*

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*

Tkach O. V.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: oleg.v.tkach@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1368-673X*

Avetisyan G. A.

*Postgraduate Student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: Gor.avetisian17@gmail.com
ORCID: 0009-0009-5112-7240*

Ovcharuk K. O.

*Student at the Department of Crop Production, Selection and Seed Production,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
ORCID: 0009-0005-6997-6567*

INFLUENCE OF THE MAIN ELEMENTS OF THE TECHNOLOGIES OF GROWING COMMON BEAN ON THE CHANGE IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE GRAIN

Abstract

The value of beans is primarily determined by the high content of soluble and easily digestible protein in the seeds, which is better digested than other legumes. Bean seeds have the following chemical composition, %: proteins 17–33, fats – 0,8–3,6, starch – 50–60, fiber – 5–8, sugar – 5–6, ash – about 4. Bean proteins include a large number of valuable amino acids necessary for nutrition, including, %: arginine – 8,1–9,9, histidine – 2,3–3,6, lysine – 3,4–5,7, methionine – 1,7–1,9, tyrosine – 2,4–3, tryptophan – 0,8–1,8, cystine – 1,2–1,6.

The change in the qualitative composition of proteins depends on the factors under study. In dry climates, during the growth and development of bean plants, more globulins and less water-soluble proteins accumulate in seeds, especially during ripening, compared to more favorable conditions.

The results of the studies have shown that the sowing dates affect the change in protein accumulation. Thus, in the Bukovynka variety, the highest protein content in bean grains was noted from the sowing date of 30.04 – 27,4%, when harvested on 6.08. Also, a high protein content was established from the sowing date of 21.05 with an indicator of 27.0%, with a reduced content from sowing 15.04 – 21,9% and 30.04 – 22,0%.

The highest protein content is distinguished by the sowing date of 30.04 in the Bukovynka variety from 24,6 to 27,4% in the Podolyanochka variety from the sowing date of 15.04 and 30.04 with protein indicators of 24,8 and 25,4%. The highest protein content in common bean grain is distinguished by the seed sowing rate of 450 thousand seed shoots per 1 ha, among the Bukovynka varieties – 19,4–28,2%, Nadiya – 19,4–28,1% and Podolyanochka – 19,7–28,0%. From treatment with the inoculant Rhizobofit in the Podolyanochka variety – 23,8–27,0% protein in common bean grain.

Key words: beans, variety, seeds, dry matter, protein content, chemical composition of grain, fertilizer, growing technology, sowing dates, inoculant.

References

1. Vyshnivskiy, P.S., & Kaminskyi, V.O. (2013). Zernovi kultury v umovakh zminy klimatu [Cereal crops under climate change conditions]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, (77), 110–117. [in Ukrainian].
2. Holodna, A.V., Akulenko, V.V., & Stoliar, O.O. (2013). Formuvannia produktyvnosti kvasoli zvychnoi zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia v pivnichnii chastyni Lisostepu Ukrainy [Formation of common bean productivity depending on cultivation technology elements in the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, (1–2), 120–124. [in Ukrainian].
3. Mazur, O.V., Kolisnyk, O.M., & Telekalo, N.V. (2017). Henotypni vidminnosti sortozrazkiv kvasoli zvychnoi za tekhnolohichnistiu [Genotypic differences of common bean accessions in terms of technological characteristics]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 7(2), 33–39. [in Ukrainian].
4. Ovcharuk, O.V. (2013). Kharakterystyky sortiv kvasoli zvychnoi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Characteristics of common bean varieties under Western Forest-Steppe conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 17(1), 236–239. [in Ukrainian].
5. Ovcharuk, O.V. (2013). Otsinky produktyvnosti sortiv kvasoli zvychnoi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Evaluation of common bean varieties productivity under Western Forest-Steppe conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats PDATU*, (21), 17–20. [in Ukrainian].
6. Ovcharuk, O.V. (2014). Fenolohichni fazy rostu i rozvytku roslyn kvasoli zvychnoi ta yikh tryvalist v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Phenological growth and development phases of common bean and their duration in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU*, 6(68), 113–119. [in Ukrainian].
7. Ovcharuk, O.V., Kalenska, S.M., Ovcharuk, V.I., & Tkach, O.V. (2021). Kharakterystyka struktury produktyvnosti, urozhainosti ta yakisnoho skladu zerna sortiv kvasoli zvychnoi (*Phaseolus vulgaris* L.) [Characteristics of productivity structure, yield and grain quality composition of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.)]. *Ahrobiolohiia*, (2), 106–115. [in Ukrainian].
8. Ovcharuk, O.V., Kalenska, S.M., Tkach, O.V., & Ovcharuk, V.I. (2022). Vplyv rozmishchennia napriamku riadkiv pry sivbi kvasoli zvychnoi vidnosno sentsia u zeniti na fotosyntetychnu produktyvnist roslyn, urozhainist i yakist produktsii [Effect of row orientation during common bean sowing relative to zenithal sun position on photosynthetic productivity, yield and product quality]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk*, (127), 152–161. [in Ukrainian].
9. Ovcharuk, O., Ovcharuk, V., Tkach, O., & Kravchenko, V. (2022). Vplyv faktoriv zovnishnoho seredovyscha na tsvitinnia ta plodoutvorennia kvasoli zvychnoi [Influence of environmental factors on flowering and fruit formation of common bean]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskooho NUS*, (108), 115–122. [in Ukrainian].
10. Petrova, O.O. (2020). Stan ta perspektyvy vyroshchuvannia nishovykh bobovykh kultur v Ukraini [State and prospects of growing niche legume crops in Ukraine]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk. Ekonomika*, (1), 148–153. [in Ukrainian].

Отримано: 26.09.2025

Рекомендовано: 04.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633.88:582.998.16:631.559:631.5(477.4)
DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.19>

Падалко Т. О.

доктор філософії зі спеціальності 201 «Агрономія»,
доцент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: padalkoto@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-9299-3721

СПІВВІДНОШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ШЛЯХОМ СЕЛЕКЦІЇ ТЕТРАПЛОЇДНИХ ФОРМ РОМАШКИ ЛІКАРСЬКОЇ З ВИСОКИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ

Анотація

Ромашка лікарська (*Matricaria chamomilla* L.) – відома лікарська рослина, яка має велике економічне та лікувальне значення. Незважаючи на її значний потенціал, нині немає комерційно доступних сортів, спеціально адаптованих до низькоінтенсивних систем землеробства. Метою цього дослідження було використання генетично покращеної популяції у низькоінтенсивних умовах. Досліджено вирощування тетраплоїдних сортів ромашки лікарської Перлина Лісостепу та Zloty Lan в умовах Правобережного Лісостепу України в період досліджень (2018–2025 рр). У роки проведення експериментальних досліджень сортів ромашки лікарської вивчено селекційний процес, який спрямований на специфічні комерційні ознаки ромашки лікарської, що сприяв покращенню висоти рослин, кількості листків, пагонів та морфології суцвіть. Установлено, що досліджувані сорти ромашки лікарської мали досить високі показники, уміст етерної олії залишався стабільним в обох популяціях: вищий – 0,78% – у сорту Перлина Лісостепу і нижчий – 0,59% – у сорту Zloty Lan. Реалізовані значення з кожним роком перевищували 0,5 для всіх ознак, що підтверджує сильний генетичний контроль. Популяція, що розмножується, продемонструвала значні спостережувані порівняно з початковою популяцією. Суха маса 1 000 насінин збільшилася до 87,06%, уміст α -бісабололу – до 36,80%, а вміст хамазулену – до 22,03%. Загалом ці результати демонструють, що традиційна селекція за ефективного застосування місцевих ресурсів може покращити як агрономічну продуктивність, так і профіль етерної олії. Хоча загальний уміст етерної олії суттєво не відрізнявся, помітне збільшення, особливо α -бісабололу, залежало від сорту та умов середовища. Доведено, що застосування високоефективних селекційних прийомів напряму залежить від ефективності рівня врожайності та якості сировини.

Ключові слова: ромашка лікарська, сорт, селекційні ознаки, урожайність, якість.

Вступ. Ромашка лікарська (*Matricaria chamomilla* L.) – високорентабельна лікарська рослина, яка займає значну нішу на світовому ринку. В етерній олії та екстрактах досліджуваної рослини міститься понад 120 компонентів, які застосовуються у фармацевтичній, косметичній, парфумерній, агрохімічній, біопестицидній та харчовій промисловості [8]. Серед них найважливішими вважаються α -бісаболол і хамазулен. Ромашку лікарську включено до Фармакопіїв 26 країн світу [3; 4; 9].

Окрім свого економічного значення, ромашка лікарська привертає значну увагу своєму потенційному внеску в екологічну стійкість. Таким чином, необхідність упровадження комплексних та ефективних адаптивних сільськогосподарських технологій має вирішальне значення. Такі заходи повинні пріоритизувати ринок альтернативних культур через їхню стійкість, використання генетичних ресурсів для селекційних програм, спрямованих на розроблення нових сортів. Більшість культивованих сортів ромашки лікарської є диплоїдними, але є також деякі тетраплоїдні, що робить їх досить гетерогенними зі значним рівнем мінливості фенотипових ознак [8; 10].

Відповідно до дослідів, проведених М. В. Глазовим та А. А. Шелудько (1975), перевищення вмісту хамазулену тетраплоїдної форми над умістом диплоїдної становило 14–22%, досягаючи 32% у роки з підвищеним температурним режимом, перевага за врожайністю – 15–30%. Суттєві відмінності ґрунтово-кліматичних умов не чинили різкого впливу на врожайність та якість сировини, тому тетраплоїдну форму доцільно вирощувати як вихідний селекційний матеріал у різних екологічних умовах [3].

Селекцію ромашки лікарської було розпочато в 1953 р. на Українській зональній дослідній станції. Основним напрямом селекційної роботи було поліпшення її за господарсько-цінними ознаками шляхом масового добору з перевіркою виділених рослин із батьківських форм. Найкращі об'єднувалися для подальшого розмноження та виробництва насінницької еліти. Сьогодні у селекції ромашки лікарської не застосовується масовий відбір, а використовується у насінництві під час вирощування еліти. Останній сорт вітчизняної селекції було допущено до використання у 1984 р. Селекційну роботу з ромашкою лікарською припинено у ВЛІАР у 1990 р., хоча у 2009 р. було відновлено та спрямовано на створення високопродуктивних сортів із підвищеною якістю сировини [3; 7].

Селекціонери дослідної станції лікарських рослин у Лубнах вважають, що більшість селекційних зусиль із ромашки лікарської традиційно зосереджено на відборі місцевих сортів або поліплоїдизації, залишаючи прогалину для систематичних багаторічних підходів до селекції, які використовують місцеві генетичні ресурси в реалістичних умовах із низькими витратами [6]. М. І. Бахмат і Т. О. Падалко [9], провівши низку досліджень, наголошують на строках сівби, щоб знизити пікове навантаження, коли під час чергового збору індукується експресія генів, відповідальних за морфогенетичну програму утворення квітки, за умови використання тетраплоїдних сортів еліти.

Мета роботи – визначити і порівняти оцінку врожайності та якості сировини ромашки лікарської шляхом селекції сортів із вищими показниками продуктивності.

Матеріали та методи. Як вихідний матеріал використовували місцеву популяцію ромашки лікарської упродовж 2018–2025 рр. у зоні Правобережного Лісостепу України (дослідне поле (ФОР Прудивус) з урахуванням усіх вимог методики дослідної справи. Схема дослідження включала: фактор А – сорт: Перлина Лісостепу, Zloty Lan, які включено до Державного реєстру сортів рослин України і Польщі, за оптимальної норми висіву насіння 0,006 тис схож. нас/га та температури ґрунту 6–8°C і глибини загортання насіння 0,5 см; фактор В – строки сівби: весняний (01–03.04 (контроль); 15–18.04; 01– 04.05) та осінній (15–18.09; 01– 04.11; 15–18.11); фактор В – фон елементів живлення: без добрив (контроль).

Сорти ромашки лікарської Перлина Лісостепу і Zloty Lan (4x) – тетраплоїди, високоврожайні. Урожайність сировини (суцвіть) – від 0,76 до 2,1 т/га, насіння – близько 200,0 кг/га. Уміст етерної олії у сировині – 0,7%, хамазулену – 12,3%, також містяться похідні даних сполук [1].

Ґрунти – сірі лісові середньосуглинкові на карбонатному лесі. Уміст гумусу (за Тюрнімом) низький, у шарі ґрунту 0–20 см становив 1,99%. Уміст легкогідролізованого азоту (за Конфілдом) становив 68 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 152 мг/кг ґрунту, обмінного калію (за Чиріковим) – 98 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину коливалася в межах 5,2–5,5 рН. Зволоження відбувалося відповідно до атмосферних опадів, оскільки рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині 10–15 м [5].

Обробка культур відповідала принципам органічного землеробства. Гербіциди та добрива не використовувалися, боротьба з бур'янами проводилася вручну та за допомогою механічного міжрядного обробітку.

Було розроблено двофазну програму селекції для покращення як агрономічних показників, так і якості етерної олії з низькими витратами. Перший етап (Фаза І) був зосереджений на розробленні покращеного селекційного матеріалу ромашки лікарської – селекційної популяції шляхом багаторічного процесу відбору; другий етап (Фаза ІІ) включав оцінку в реальних сільськогосподарських умовах. Агрономічну ефективність оцінювали шляхом вимірювання сухої маси суцвіть, які є основним компонентом урожаю. Сушили в тіні, низька вологість та кімнатна температура (20–25°C). Елітні рослини (250 штук) були відібрані з посівів насінницької еліти за морфологічними ознаками, а також масою суцвіть та продуктивністю. На другому етапі селекційної програми додатково вимірювали морфологічні характеристики. Були оцінені біометричні показники, які пов'язані з урожайністю та вмістом етерної олії [7].

Усі вимірювання проводилися на стадії повного цвітіння на окремій рослині за винятком другої фази селекційної програми, де суху масу суцвіть оцінювали на 1 м². Збір урожаю проводили, коли було розкрито понад 50% трубчастих квіток. Статистичну обробку результатів проводили методом дисперсійного аналізу з використанням сучасних програмних пакетів, таких як Agrostat та Statistica 10.0. [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. У перший рік відбір базувався на основній агрономічній характеристиці ромашки – сухій масі суцвіть, а наступні роки склад ефірної олії став додатковим критерієм відбору, починаючи з другого року, для рослин, які щороку демонстрували найкращі агрономічні показники, проводився подальший процес відбору на основі їхніх якісних ознак, щоб визначити найперспективніші рослини (табл. 1).

У загальному виході подрібненої сировини ромашки лікарської значною мірою переважали дискові суцвіття, які становили 81,08–87,06 г трав'яної сировини. Третій строк сівби (01–03.11) показав середні дані за фактором

Таблиця 1. Показники врожайності суцвіть ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* (L.) залежно від сорту, строку сівби без внесення добрив, т/га (середнє за 2018–2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Строк сівби (фактор В)		Показники	
			Суха маса суцвіть, г	Урожайність суцвіть, т/га
Перлина Лісостепу (контроль)	Весняний (контроль)	1 – 3.04	83,07	1,08
		15 – 18.04	85,14	1,24
		1 – 4.05	84,60	1,38
	Осінній	15 – 18.09	85,22	1,33
		1 – 3.11	87,06	1,64
		15 – 18.11	86,23	1,47
Zloty Lan	Весняний	1 – 3.04	81,08	1,03
		15 – 18.04	84,29	1,18
		1 – 4.05	83,06	1,41
	Осінній	15 – 18.09	84,22	1,26
		1 – 3.11	85,09	1,51
		15 – 18.11	83,12	1,38
НІР _{0,5}		5,63	0,49	

А сорту Перлина Лісостепу: урожайність 1,64 т/га була вища, ніж у сорту Zloty Lan, майже до 1%, що доводить ідентичність тетраплоїдних сортів за селекційно-генетичними ознаками. Це пов'язано з тим, що за річний цикл фаз вегетації рослини їх певна кількість пошкоджується і гине під впливом природних абіотичних чинників.

Оцінка двох ключових компонентів якості – α -бісабололу та хамазулену – етерної олії ромашки лікарської виявила значний генетичний приріст. Зокрема, для обох біоактивних компонентів реалізована спадковість була вище 0,5 з 0,603 для α -бісабололу та 0,818 для хамазулену. Ці значення не лише відображають високий якісний профіль завдяки високому вмісту хамазулену та α -бісабололу, а й узгоджуються з дослідженнями, які показали сильну спадковість для цих двох компонентів; що стосується якості етерної олії, сорт Перлина Лісостепу мав найвищий відсоток α -бісабололу та хамазулену (табл. 2).

Таблиця 2. Якісні показники в рослинних зразках ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* (L.) (середнє за 2018–2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Строк сівби (фактор В)		Маса 1000 насінин, г	Склад та компоненти етерної олії		
				Уміст етерної олії (%)	α -Бісаболол (%)	Хамазулен (%)
Перлина Лісостепу (4×) (контроль)	Весняний (контроль)	1 – 3.04	0,059	0,59	28,89	15,82
		15 – 18.04	0,062	0,61	32,07	18,53
		1 – 4.05	0,057	0,43	24,68	13,98
	Осінній	15 – 18.09	0,063	0,62	33,47	20,83
		1 – 3.11	0,067	0,78	36,80	22,03
		15 – 18.11	0,060	0,48	26,78	18,08
Zloty Lan (4×)	Весняний	1 – 3.04	0,053	0,44	20,76	13,02
		15 – 18.04	0,057	0,58	31,00	15,54
		1 – 4.05	0,051	0,49	22,68	11,08
	Осінній	15 – 18.09	0,058	0,55	23,49	17,03
		1 – 3.11	0,060	0,59	29,87	20,13
		15 – 18.11	0,055	0,51	21,08	15,68

За найвищими показниками вміст етерної олії залишався стабільним в обох популяціях (0,78%) і був нижчим, ніж у Zloty Lan (0,59%). Щодо двох основних компонентів ефірної олії ромашки лікарської результати були більш переконливими, підтверджуючи, що процес відбору під час першої фази шляхом селекції продуктивного сорту призвів до бажаного спостережуваного приросту. Зокрема, уміст α -бісабололу майже подвоївся (36,80%) порівняно з періодом розпаду. Показник хамазулену сягав 22,03%.

Послідовний відбір рослин призвів до отримання нового біорізноманіття зі значно вищою масою сухого суцвіття. Ця ознака переважно контролюється генетично, а не навколишнім середовищем, що робить можливим одночасне схрещування на врожайність суцвіть та етерну олію.

Висновки. Це дослідження продемонструвало, що ромашка лікарська демонструє значне збільшення урожайності суцвіть та якості ефірної олії. Супутнє збільшення висоти рослин та розміру суцвіть ще раз підтвердило ефективність методології. Ці результати забезпечують міцну основу для розроблення високоврожайних та енергійних ліній культури, придатних для систем сталого землеробства з низькими витратами. Для посилення його перспектив новий матеріал шляхом селекції сорту на продуктивність слід випробовувати впродовж багатьох років та на різних ділянках, що дасть змогу оцінити його потенціал урожайності та якості.

Список використаних джерел

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік. *Офіційний перелік сортів, придатних для поширення в Україні*. Київ, 2024. 449 с. URL: <https://data.gov.ua/dataset/ccf95f4a-8238-4b18-a4d3-002444876325> (дата звернення: 10.09.2025).
2. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.
3. Мельничук Р.В., Богуславський Р.Л. Генетичне різноманіття ознакової колекції роду *Calendula* L. як джерело вихідного матеріалу для селекції. *Генетичні ресурси рослин*. 2013. № 12. С. 41–52.
4. Падалко Т.О. Ромашка лікарська: інтенсивна технологія вирощування: монографія. Кам'янець-Подільський: Друкарня «Рута», 2022. 240 с. ISBN 978-617-8021-93-1.
5. Паньків З.П. Ґрунти України: навчально-методичний посібник. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2017. С. 22.
6. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник: у 2-х кн. Кн. 1. Харків: Майдан, 2016. С. 167–169.
7. Chauhan R, Singh S, Kumar V, Kumar A, Kumari A, Rathore S, Kumar R, Singh S. A. Comprehensive Review on Biology, Genetic Improvement, Agro and Process Technology of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Plants* (Basel). 2021. Dec 23; 11(1):29. <https://doi.org/10.3390/plants11010029>. PMID: 35009033; PMCID: PMC8747680.
8. Khazanekha M., Zandrahimi F., Sadatmoosawi A., Salarpour S., Karegar-Borzi H., Tayedini O., Arvan H., Raiszadeh M., Raiszadeh A. A review of scientific publications on chamomile (*Matricaria chamomilla*) research: A bibliometric analysis. *Journal of Scientometric Research*. 2024. Vol. No. 13 (2). P. 604–614. <https://doi.org/10.5530/jscires.13.2.47>
9. Padalko T.O., Bakhmat M.I., Krachan T.M., Tkach O.V., Pantsyryeva H., Tkach L. V. 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* (JEE), 2023. Vol. no. 24(8). P. 250–259. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/16655> (date of access: 19.08.2023). ISSN 2299-8993 (IF 2022 = 1,3).
10. Tselvelika N., Milonas I., Ninau E., Mavromatis A., Sarrou E., Irakli M., Hatsopoulou P. A strategic breeding approach to improve the local Greek chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) population for high yield and optimized chemical profile under low-cost Mediterranean conditions. *Agriculture*. 2025. Vol. No. 15(18):1915. <https://doi.org/10.3390/agriculture15181915>

Padalko T. O.

Doctor of Philosophy in specialty 201 "Agronomy",
Associate Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: krivapadalko@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9299-3721

THE RELATIONSHIP BETWEEN YIELD AND QUALITY INDICATORS THROUGH SELECTION OF TETRAPLOID FORMS OF CHAMOMILE WITH HIGH PRODUCTIVITY INDICATORS

Abstract

Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) is a well-known medicinal plant that has great economic and medicinal value. Despite its significant potential, there are currently no commercially available varieties specifically adapted to low-intensity farming systems. The aim of this study was to use a genetically improved population in low-intensity conditions. The cultivation of tetraploid chamomile varieties *Perlyna Lisostepu* and *Zloty Lan* in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine during the research period (2018–2025) was studied. During the years of experimental research on chamomile varieties, the selection process was studied, which was aimed at specific commercial traits of chamomile, which contributed to improving plant height, number of leaves, shoots and inflorescence morphology. It was found that the studied varieties of chamomile had quite high indices, the essential oil content remained stable in both populations (0.78%) in the *Perlyna Lisostepu* variety and lower in the *Zloty Lan* variety (0.59%). The realized heritability values exceeded 0.5 for all traits, confirming strong genetic control. The breeding population showed significant observed improvements compared to the initial population, in particular, the dry weight of 1000 seeds increased to 87.06%, the α -bisabolol content to 36.80%, and the chamazulene content to 22.03%. Overall, these results demonstrate that traditional breeding, when effectively applied to local resources, can improve both agronomic productivity and essential oil profile. The newly created breeding population provides a solid basis for the future development of varieties adapted to the global temperature fluctuations of sustainable farming systems. Although the total essential oil content did not differ significantly, a noticeable increase, especially of α -bisabolol, depended on the variety and environmental conditions. It has been proven that the main direction of use of chamomile raw materials remains the pharmaceutical industry, which is focused on the processing of medicinal plant raw materials in accordance with European standards for qualitative and quantitative indicators.

Key words: medicinal chamomile, variety, breeding characteristics, yield, quality.

References

1. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnykh dlja poshyrennja v Ukraini u 2024 roci [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine in 2024]. (2024). *Ministerstvo aghrarnoji polityky ta prodovoljstva Ukrainy* – Ofitsiyni perelik sortiv, prydatnykh dlja poshyrennja v Ukraini. Kyjiv. Retrieved from. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian].
2. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dyspersiyni i koreliatsiyni analiz u zemlerobstvi ta roslynnytstvi navchalnyi posibnyk* [Dispersion and correlation analysis in agriculture and plant growing, textbook]. Kherson: Ailant. [in Ukrainian].
3. Meljnychuk, R.V. & Kucenko, N.I. (2015). Ocinka riznomanittja rodu *Calendula* dlja formuvannja kolekciji sortiv z etalonnymi oznakamy [Evaluation of the diversity of the genus *Calendula* for the formation of a collection of varieties with reference characteristics]. *Sortovyvchennja ta okhrona prav na sorty roslyn – Varietal research and protection of rights to plant varieties*, 3–4 (28–29), 18–23 [in Ukrainian].
4. Padalko, T.O. (2022). Romashka likarska: Intensyvna tekhnologija vyroshchuvannja: monohrafiia [Medicinal chamomile: Intensive growing technology: monograph]. Kamianets-Podilskyi: TOV Drukarnia Ruta [in Ukrainian].
5. Panjkiv, Z.P. (2017). *Gruntj Ukrainy: navchaljno-metodychnyj posibnyk* [Soils of Ukraine: educational and methodological manual]. Ljviv: LNU imeni Ivana Franka, 22 [in Ukrainian].
6. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K. & Kalensjka, S.M. (2016). Doslidna sprava v aghronomiji: navch. posib: u 2 kn. Kn. 1 [Research case in agronomy: teaching. manual: in 2 books Book 1]. *Teoretychni aspekty doslidnoji spravy – Theoretical aspects of the research case*. Kharkiv: Majdan, 167–169 [in Ukrainian].
7. Chauhan, R., Singh, S., Kumar, V., Kumar, A., Kumari, A., Rathore, S., Kumar, R., & Singh, S. (2021). A Comprehensive Review on Biology, Genetic Improvement, Agro and Process Technology of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Plants (Basel, Switzerland)*, 11(1), 29. <https://doi.org/10.3390/plants11010029> [in English].
8. Khazanekha, M., Zandrahimi, F., Sadatmoosawi, A., Salarpour, S., Karegar-Borzi, H., Tayedini, O., Arvan, H., Raiszadeh, M., & Raiszadeh, A. (2024). A review of scientific publications on chamomile (*Matricaria chamomilla*) research: A bibliometric analysis. *Journal of Scientometric Research*, 13 (2), 604–614. <https://doi.org/10.5530/jscires.13.2.47> [in English].
9. Padalko, T., Bakhmat, M., Krachan, T., Tkach, O., Pantsyрева H., & Tkach, L. (2023). Formation of *Matricaria recutita* yield and *Sychorium intybus* nutritional value indicators using technological methods of co-cultivation in the garden interrows. *Journal of Environmental Engineering (JEE)*, 24(8), 250–259 [in English].
10. Tsivelika, N., Milonas, I., Ninau, E., Mavromatis, A., Sarrou, E., Irakli, M., and Hatsopoulou, P. (2025). A strategic breeding approach to improve the native Greek chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) population for high yield and optimized chemical profile under low-cost Mediterranean conditions. *Agriculture*, 15 (18), 1915. <https://doi.org/10.3390/agriculture15181915> [in English].

Отримано: 30.09.2025

Рекомендовано: 03.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 582.546.11: 631.56

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.20>**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**Азуркін В. О.***кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
старший науковий співробітник,
Інститут кормів та сільського господарства Поділля
Національної академії аграрних наук України
Вінниця, Україна***E-mail:** v.a.imexagroua@gmail.com**ORCID:** 0009-0001-5390-747X**Кричковський В. Ю.***доктор філософії з агрономії,
старший викладач кафедри рослинництва та садівництва,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна***E-mail:** 2112kv@gmail.com**ORCID:** 0000-0003-4415-0708;

ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВАРІАНТІВ УДОБРЕННЯ

Анотація

У статті приведено результати вивчення впливу системи удобрення та обробки біологічними препаратами насіння пшениці озимої на формування елементів структури врожаю та врожайності. Метою дослідження було визначення впливу мінеральних добрив та обробки насіння біологічними препаратами на формування продуктивності й урожайності пшениці озимої сорту РЖТ Реформ у Лісостеповій зоні України. Польові дослідження проводили у 2023–2024 рр. на дослідному полі ТОВ «Органік-Д» (с. Сутиски, Вінницька область) на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах у триразовій повторності. У досліді вивчали два фактори: систему удобрення (без добрив та $N_{90}P_{60}K_{60}$) і обробку насіння біопрепаратами (контроль, Biostim – 1,0 л/т, Polimix – 1,0 л/т, Microstim Гумат калію – 1,0 л/т).

Результати досліджень свідчать, що висота рослин варіювала від 97,0 до 103,0 см залежно від варіанту досліді. Внесення добрив забезпечувало приріст висоти на 3,5 см, тоді як обробка насіння біопрепаратами сприяла збільшенню цього показника на 3,5–6,0 см порівняно з контролем. Довжина колоса під впливом добрив зросла з 8,0 до 8,5 см, а біопрепаратів – у середньому на 0,5 см. Кількість зерен у колосі становила 26,0–27,5 шт., при цьому Biostim та Polimix забезпечували приріст на 0,3–0,4 шт. Маса зерна з колоса коливалася у межах 1,1–1,2 г, що на 0,04–0,09 г вище контролю. Маса 1000 зерен залежала від агрозаходів у межах 41,9–44,3 г, зокрема біопрепарати підвищували її на 0,3–0,9 г.

Уміст білка в зерні на контролі без добрив становив 11,8–11,9%, тоді як на варіанті $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 12,7%, а обробка насіння біопрепаратами сприяла підвищенню цього показника на 0,2–0,8%. Урожайність зерна сорту РЖТ Реформ коливалася від 4,88 до 7,76 т/га залежно від системи удобрення та обробки насіння. Внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ забезпечило приріст урожайності на 1,53 т/га (28,0%), а застосування біопрепаратів – на 0,39–1,34 т/га (6,3–21,5%) порівняно з контролем. Найвищі показники врожайності одержано на варіантах Biostim (6,90 т/га) та внесення $N_{90}P_{60}K_{60}$ (7,00 т/га).

Ключові слова: пшениця, зерно, елементи продуктивності, урожайність, бактеріальні препарати, обробка насіння, сорт, маса 1 000 зерен.

Вступ. Забезпечення високих обсягів виробництва якісного зерна в Україні залишається ключовим пріоритетом аграрної політики. У структурі зернових культур домінує пшениця озима, яка займає близько 45% посівних площ і формує більше ніж половину загального валового збору зерна країни [14; 35]. Вагомий внесок у зростання виробництва зерна належить пшениці озимій. Вона вважається однією з найцінніших зернових культур і за рівнем урожайності та обсягами отриманого продовольчого зерна стабільно займає провідне місце серед інших культур [6].

Одним із ключових чинників підвищення врожайності та покращення якісних показників насіння та зерна є ретельно побудована технологія вирощування, що передбачає біологізацію, зокрема застосування бактеріальних препаратів. Рациональне управління агротехнічними прийомами забезпечує формування оптимальної структури посівів пшениці озимої з достатнім рівнем продуктивного стеблостою, що в підсумку дає змогу отримати максимальну врожайність та високу якість продукції [17; 40].

Озима пшениця належить до найцінніших зернових культур і в Україні займає провідну позицію серед інших завдяки найвищим показникам урожайності та валового збору продовольчого зерна [8]. Попри те, що сучасні сорти озимої пшениці мають значний потенціал формувати врожайність на рівні 10–15 т/га, в Україні реальні показники залишаються значно нижчими – у межах 3,5–4,5 т/га. До того ж отримане зерно нерідко не відповідає стандартам продовольчої промисловості через недостатні якісні характеристики [35].

Забезпечення внутрішнього ринку зерном та розвиток експортного потенціалу України є актуальними завданнями, що вирішуються через виробництво високоякісного зерна пшениці озимої [25]. Підвищення ефективності виробництва зерна досягається завдяки вдосконаленню технологічних прийомів та впровадженню нових адаптивних сортів, що забезпечують високі врожаї якісної продукції [15].

Із метою підвищення продуктивності озимої пшениці, зниження негативного впливу агровиробництва на довкілля, економії енергетичних ресурсів і пристосування до кліматичних змін необхідним є постійне вдосконалення технологічних прийомів її вирощування [11]. Підвищення продуктивності пшениці озимої дуже важко здійснювати без аналізу елементів структури врожаю. Структура врожайності озимих зернових культур визначається низкою показників, серед яких ключовими є кількість продуктивних стебел на одиницю площі, довжина та озерненість колоса, а також число колосків у ньому. Збільшення кількості продуктивних стебел, як правило, сприяє підвищенню врожайності. Водночас на біологічний урожай озимої пшениці впливають не лише показники густоти стеблостою, а й рівень продуктивності колоса, що формується за рахунок кількості зерен у ньому та маси 1 000 зерен. Науково доведено, що оптимальне формування структурних елементів продуктивності колосових культур, зокрема пшениці озимої, тісно пов'язане з певними фазами її органогенезу [21; 36].

Досягнення високої продуктивності посівів пшениці озимої можливе лише за умови оптимального балансу між компонентами врожайності, які визначаються на ранніх стадіях розвитку рослин та формуються протягом усього періоду вегетації [34; 38].

Ключовими чинниками, що визначають підвищення врожайності, є інтенсивне кущення, число зерен у колосі та маса зерна з одного колоса [24]. Елементи структури врожайності значною мірою визначаються сортовими особливостями та умовами вегетації. Кількість продуктивних стебел коливалася від 463 до 487 шт./м² залежно від сорту, число зерен у колосі – від 33 до 41, а маса зерен у колосі – від 1,4 до 2,1 г. Найвищі значення продуктивних стебел, числа зерен у колосі, маси зерна з колоса та маси 1 000 зерен спостерігалися за умов посухи [10].

Формування елементів урожайності насіння пшениці озимої визначається низкою чинників, насамперед ґрунто-кліматичними умовами, сортовими особливостями та складниками технології вирощування культури [26; 33].

Біологічна врожайність насіння пшениці озимої залежала як від коефіцієнта продуктивного кущення, кількості продуктивних стебел та маси зерен з одного колоса, так і від сортових особливостей. Було встановлено, що сорти по-різному реагували на застосовану технологію вирощування. Сорти середньо-ранньостиглі за базової технології реалізували 77,1% свого фактичного потенціалу врожайності, за енергонасиченої – 76,0%, а за енергонасиченої технології з елементами біологізації – 76,8%. Для середньостиглих сортів ці показники становили відповідно 77,5%; 76,7% та 79,0% [25].

Формування розмірів колоса розпочинається вже на третьому етапі органогенезу. Його довжина є одним із ключових елементів продуктивності, оскільки перебуває у тісній залежності від погодних умов та істотно варіює залежно від біологічних особливостей сорту [28], але за даними інших науковців не спостерігається чіткої залежності врожайності зернових від довжини колоса [32].

Період початку виходу в трубку вважається надзвичайно важливим для озимих культур, адже рівень забезпеченості вологою й поживними речовинами безпосередньо впливає на формування кількості зернин у колосі [16]. Кількість колосків є вирішальним показником озерненості колоса. Збільшення цього параметра забезпечує більшу кількість зерен і масу зерна з одного колоса, що, своєю чергою, зумовлює підвищення врожайності [20]. Разом із тим, аналізуючи структурні елементи колоса, виникає низка важливих аспектів. Наприклад, якщо колоски розташовані рідко, навіть значна довжина колоса не гарантує високої озерненості. Окрім того, на продуктивність колоса суттєво впливає ступінь ураження рослин шкідниками [4].

Важливим компонентом структури врожаю є маса 1 000 зерен, яка належить до сортових ознак і водночас чутлива до впливу погодних умов та застосованих агротехнічних прийомів. Формування маси зернівки відбувається у короткі терміни, і зменшення цього показника не може бути компенсоване іншими елементами врожаю [9].

На формування врожайності значний вплив чинять різноманітні чинники, серед яких вирішальне значення мають режим живлення, сортові особливості та погодні умови. Використання мінеральних добрив сприяє збільшенню як загальної кількості стебел, так і числа продуктивних. При цьому ефективність внесення добрив багато в чому визначається вибраним сортом культури [29]. Внесення добрив сприяє збільшенню числа колосків у колосі та кількості зерен у ньому. Водночас озерненість колоса та загальна кустистість рослин перебувають у зворотній залежності: велика

вегетативна маса потребує значних обсягів поживних речовин, і до моменту формування колоса в найбільш розкущених рослин їх запас може виявитися недостатнім для повноцінного розвитку врожаю [23].

Кількість зерен у колосі пшениці озимої збільшується за використання якісних попередників, дотримання оптимальних строків сівби та зниження норми висіву насіння до 3,0–4,0 млн шт./га. Строки сівби істотно впливають на формування структури врожаю: пізніший посів призводить до зменшення числа зерен у колосі, тоді як маса 1 000 зерен може, навпаки, зростати [5; 31]. Найвищі показники довжини колоса, числа зерен у колосі та маси зерен у колосі спостерігалися за сівби пшениці озимої після ріпаку озимого [26].

Динаміка росту та формування вегетативної маси визначаються комплексною взаємодією агротехнічних заходів, кліматичних умов і біологічних чинників. При цьому важливу роль відіграють сортові особливості, ступінь кущення, висота рослин та морфологія листя [1; 39]. Підвищення продуктивності сортів можливо лише за умови оптимального формування їхньої структури, що значною мірою визначається особливостями використаних технологічних прийомів [18; 19]. Урожайність і якість зерна пшениці озимої визначаються генетичним потенціалом сорту та його взаємодією з ґрунтово-кліматичними умовами вирощування [13].

Комплексна оцінка насіння, що відображає його генетичні властивості та різноякісність, сформовану під впливом вирощування, збирання, зберігання та підготовки до сівби, є ключовим критерієм ефективності технологічних рішень у насінницькій практиці [3]. Отже, головним завданням агротехнологічних заходів є забезпечення максимально сприятливих умов для росту та розвитку рослин. Використання інтенсивних систем у виробництві зерна дає змогу суттєво підвищити врожайність, проте супроводжується великими енерговитратами та посиленням негативного впливу на довкілля [12; 23].

У зв'язку із цим вивчення даної проблематики має широкі межі та є дуже актуальним завданням сучасної аграрної науки.

Мета роботи – вивчити вплив різних систем удобрення та застосування сучасних бактеріальних препаратів на формування елементів структури врожаю пшениці озимої.

Виклад основного матеріалу досліджень. Польові дослідження виконувалися протягом 2023–2024 рр. на дослідному полі ТОВ «Органік-Д», розташованому в центральній частині Вінницької області, у селі Сутиски. Ґрунти дослідної ділянки представлено сірими лісовими середньосуглинковими на лесовидних суглинках.

Дослід проводився у триразовій повторності з рандомізованим розташуванням ділянок. Площа посівної ділянки становила 5 га, а облікової – 26 м².

У досліді вивчалися два чинника: перший, система удобрення, передбачав варіанти без внесення добрив та з нормою N₉₀P₆₀K₆₀; другий – застосування біопрепаратів, що включало контроль без обробки, обробку насіння Biostim у дозі 1,0 л/т, Polimix – 1,0 л/т та Microstim Гумат калію – 1,0 л/т.

Для дослідження було вибрано середньостиглий сорт пшениці озимої РЖТ Реформ, який із 2017 р. включено до Державного реєстру сортів України. Цей сорт належить до французької лінійки компанії RAGT, підходить як для інтенсивних, так і для традиційних технологій вирощування з потенційною врожайністю понад 10 т/га. Він відзначається стабільно високою якістю зерна, доброю зимостійкістю, міцним стеблом із високим рівнем стійкості до вилягання (9 балів) та широкою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов. Висока стійкість до вилягання сприяє зменшенню втрат врожаю під час збирання. Сорт рекомендовано для вирощування в Лісостеповій, Поліській та Степовій зонах України. Маса 1 000 зернин варіювала в межах 45–49 г, уміст білка у зерні становив 13,5–14,2%, клейковини – 28–31%, а сила борошна (W) – 320–350 од.

Сорт пшениці озимої РЖТ Реформ висівали нормою 5,0 млн схожих насінин на гектар у рекомендовані строки сівби для цього сорту – із 20 вересня до 5 жовтня. Попередником у досліді виступав ріпак озимий.

Biostim насіння – це комплексний препарат для передпосівної обробки насіння озимих і ярих зернових злакових, бобових культур та гречки, який активізує їхню біологічну життєздатність. До складу препарату входять спори бактерій *Bacillus spp.* та продукти їхнього метаболізму, серед яких – фітогормони (ауксини, гібереліни, цитокініни), амінокислоти, вітаміни, мікроелементи та поверхнево-активні речовини. Титр бактерій становить щонайменше 1×10⁷ КУО/мл.

Polymix містить спори бактерій *Bacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis* та *Azotobacter chroococcum*, а також продукти їхнього метаболізму, серед яких – фітогормони ауксинового, гіберелінового та цитокінінового типів, амінокислоти та вітаміни. Загальний титр бактерій становить щонайменше 1,0×10⁸ КУО/г (мл).

Microstim Гумат калію є стимулятором росту рослин, отриманим із леонардиту. Препарат містить гумінові кислоти – 100 г/л, фульвокислоти – 60 г/л, P₂O₅ – 30 г/л, K₂O – 40 г/л, а також фітогормони та мікроелементи.

Внесення мінеральних добрив у нормі N₉₀P₆₀K₆₀ передбачало під час сівби внесення тукоsumіші в рядки з розрахунку 20 кг/га діючої речовини, а також основне удобрення нітроамофоскою та аміачною селітрою.

Насіння пшениці озимої сорту РЖТ Реформ обробляли за 15–20 днів до посіву інсектицидно-фунгіцидним протруйником Тібарі (діючі речовини: дифеноконазол – 25 г/л, флудіоксаніл – 25 г/л, імідаклопрід – 350 г/л) у нормі 1,5 л/т. Бактеріальні препарати додавали у бакові суміші та застосовували одночасно з протруєнням насіння цим засобом, що забезпечувало комплексну захисно-стимулюючу дію.

Збирання врожаю пшениці озимої здійснювали мінікомбайном Samro окремо для кожного повторення досліді. Після завершення обмолоту роботу молотильного апарата припиняли, а зібране зерно зважували та перераховували з урахуванням стандартної вологості (14%) і чистоти (100%) [27].

Оцінку елементів структури врожаю проводили відповідно до Методики сортовипробування сільськогосподарських культур [2]. Масу 1 000 насінин визначали відповідно до чинного національного стандарту ДСТУ 4138-2002 [22].

Отримані в ході досліджень цифрові дані піддавалися статистично-математичній обробці, для цього використовували методи дисперсійного, кореляційного та варіаційного аналізу із застосуванням програмного забезпечення Microsoft Excel та Agrostat [30; 37] з використанням методичних рекомендацій [7].

Ріст і розвиток пшениці озимої, як і інших сільськогосподарських культур, є ключовими чинниками формування надземної біомаси та досягнення високого рівня продуктивності. Фактори, що обмежують ефективність вирощування, значною мірою залежать від генетичних характеристик сорту, а також від застосованих агротехнічних заходів і погодних умов.

Елементи продуктивності є полігенними ознаками зі складною структурою та часто супроводжуються небажаними кореляційними взаємозв'язками, ігнорування яких може зменшити ефективність селекційної роботи. Вплив варіанту удобрення та обробки насіння бактеріальними препаратами на формування основних елементів технології приведено в табл. 1.

Таблиця 1. Елементи продуктивності пшениці озимої сорту РЖТ Реформ залежно від варіанту удобрення та внесення біопрепаратів (середнє за 2023–2024 рр.)

Варіант удобрення	Обробка насіння	Висота рослин, см	Довжина колоса, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з одного колоса, г	Маса 1000 зерен, г	Уміст білка в зерні, %
Без удобрення	Контроль – без обробки	96	7,6	25,6	1,06	41,4	11,5
	Biostim насіння – 1,0 л/т	101	8,4	26,4	1,12	42,4	12,1
	Polimix – 1,0 л/т	100	8,2	26,2	1,10	42,0	11,9
	Microstim Гумат калію – 1,0 л/т	99	7,7	25,8	1,08	41,8	11,7
$N_{90}P_{60}K_{60}$	Контроль – без обробки	98	8,1	26,9	1,17	44,0	12,2
	Biostim насіння – 1,0 л/т	105	8,9	28,1	1,25	44,9	13,2
	Polimix – 1,0 л/т	105	8,8	27,8	1,23	44,2	12,9
	Microstim Гумат калію – 1,0 л/т	102	8,2	27,2	1,20	44,1	12,4
HP_{05}		4,03	0,23	1,07	0,05	1,92	0,49
Фактор А		4,58	0,45	0,95	0,03	2,05	0,52
Фактор В		4,71	0,58	1,21	0,07	2,24	0,61
Взаємодія АВ							

Висота рослин у досліджуваного сорту пшениці озимої РЖТ Реформ залежала від варіанту удобрення та обробки насіння біологічними препаратами. Зокрема, у середньому по досліді висота рослин на варіанті без удобрення становила 99,0 см, а на варіанті із внесенням добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) вона збільшилася на 3,5 см та становила 102,5 см. Проведення обробки насіння бактеріальними препаратами забезпечило зростання висоти рослин на 3,5–6,0 см порівняно з контрольним варіантом. Висота рослин у середньому по досліді на варіанті з обробкою насіння пшениці озимої біологічним препаратом Biostim насіння (1,0 л/т) – 103,0 см, Polimix (1,0 л/т) – 102,5 см та Microstim Гумат калію (1,0 л/т) – 100,5 см. Тоді як на контрольному варіанті без обробки насіння бактеріальними препаратами висота рослин у середньому становила 97,0 см.

Довжина колоса на варіанті без удобрення у середньому становила 8,0 см, а на варіанті $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 8,5 см. Довжина колоса на контрольному варіанті без обробки насіння біологічними препаратами у середньому становила 7,9 см, а на варіанті з обробкою насіння вона збільшилася і становила 8,4 см. Окрім того, довжина колоса на варіанті з обробкою насіння пшениці озимої біологічним препаратом Biostim насіння (1,0 л/т) – 8,7 см, Polimix (1,0 л/т) – 8,5 см та Microstim Гумат калію (1,0 л/т) – 8,0 см.

Кількість зерен у колосі на варіанті без удобрення у середньому становила 26,0 шт., а на варіанті $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 27,5 шт. Кількість зерен к колосі на контрольному варіанті без обробки насіння біологічними препаратами у середньому становила 26,3 шт., а на варіанті з обробкою насіння вона збільшилася і становила 26,9 шт. На варіанті з обробкою насіння пшениці озимої біологічним препаратом Biostim насіння (1,0 л/т) кількість зерен у колосі становила 27,3 шт., Polimix (1,0 л/т) – 27,2 шт. та Microstim Гумат калію (1,0 л/т) – 26,5 шт. Отже, обробка насіння

бактеріальними препаратами сприяла зростанню кількості зерен у колосі у середньому на 0,3–0,4 шт. порівняно з контрольним варіантом (без обробки), де кількість зерен у колосі становила 26,9 шт.

Маса зерна з одного колоса на варіанті без удобрення у середньому по досліді становила 1,1 г, а на варіанті із внесенням мінеральних добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) – 1,2 г. Маса зерна з одного колоса на контрольному варіанті без обробки насіння біологічними препаратами у середньому становила 1,1 г, а на варіанті з обробкою насіння вона збільшилася і становила 1,15 г. На варіанті з обробкою насіння пшениці озимої біологічним препаратом Biostim насіння (1,0 л/т) маса зерна з одного колоса становила 1,2 г, Polimix (1,0 л/т) – 1,2 г та Microstim Гумат калію (1,0 л/т) – 1,14 г. Отже, обробка насіння бактеріальними препаратами сприяла зростанню маси зерна з одного колоса у середньому на 0,04–0,09 г порівняно з контрольним варіантом (без обробки), де маса зерна з одного колоса становила 1,1 г.

Маса 1 000 зерен також істотно змінювалася залежно від системи удобрення та обробки насіння бактеріальними препаратами. Так, на варіанті без удобрення маса 1 000 зерен у середньому по досліді становила 41,9 г, а на варіанті із внесенням добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) вона зросла на 2,4 г і становила 44,3 г. Маса 1 000 зерен на контрольному варіанті без обробки насіння біологічними препаратами у середньому становила 42,7 г, а варіанті з обробкою насіння вона збільшилася і становила 43,4 г. На варіанті з обробкою насіння пшениці озимої біологічним препаратом Biostim насіння (1,0 л/т) маса 1 000 зерен становила 43,7 г, Polimix (1,0 л/т) – 43,5 г та Microstim Гумат калію (1,0 л/т) – 43,0 г. Отже, обробка насіння бактеріальними препаратами сприяла зростанню маси 1 000 зерен у середньому на 0,3–0,9 г порівняно з контрольним варіантом (без обробки), де маса 1 000 зерен становила 42,7 г.

Уміст білка в зерні на варіанті без удобрення у середньому по досліді становив 11,8%, а на варіанті із внесенням добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) він збільшився на 0,9% і становив 12,7%. Уміст білка на контрольному варіанті без обробки насіння біологічними препаратами у середньому становив 11,9%, а на варіанті з обробкою насіння він збільшився і становив 12,4%. На варіанті з обробкою насіння пшениці озимої біологічним препаратом Biostim насіння (1,0 л/т) уміст білка становив 12,7%, Polimix (1,0 л/т) – 12,6% та Microstim Гумат калію (1,0 л/т) – 12,1%.

Отже, внесення мінеральних добрив та обробка насіння бактеріальними препаратами сприяють покращенню формування елементів структури врожаю та збільшенню вмісту білка у зерні пшениці озимої сорту РЖТ Реформ.

Урожайність зерна пшениці озимої сорту РЖТ Реформ істотно змінювалася залежно від внесення добрив та застосування обробки насіння бактеріальними препаратами (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив системи удобрення та обробки насіння бактеріальними препаратами на врожайність пшениці озимої сорту РЖТ Реформ, т/га (середнє за 2023–2024 рр.).

Варіант удобрення (А)	Обробка насіння (В)	Урожайність зерна, т/га	Приріст урожайності, +/-					
			до контролю		до фону		взаємодії факторів	
			т/га	%	т/га	%	т/га	%
Без удобрення	Контроль – без обробки	4,88	-	-	-	-	-	-
	Biostim насіння – 1,0 л/т	6,04	1,16	23,7	1,16	23,7	-	-
	Polimix – 1,0 л/т	5,72	0,84	17,2	0,84	17,2	-	-
	Microstim Гумат калію – 1,0 л/т	5,23	0,35	7,17	0,35	7,17	-	-
$N_{90}P_{60}K_{60}$	Контроль – без обробки	6,24	1,36	27,9	-	-	1,36	27,9
	Biostim насіння – 1,0 л/т	7,76	2,88	59,0	1,52	24,4	1,72	28,5
	Polimix – 1,0 л/т	7,31	2,43	49,8	1,07	17,1	1,59	27,8
	Microstim Гумат калію – 1,0 л/т	6,67	1,79	36,7	0,43	6,9	1,44	27,5
НІР ₀₅ , т/га		0,249						
Фактор А		0,372	–	–	–	–	–	–
Фактор В		0,415						
Взаємодія АВ								

Із даних табл. 2 видно, що врожайність зерна пшениці озимої сорту РЖТ Реформ у середньому по досліді коливалася в межах 4,88–7,76 т/га. При цьому на варіанті без удобрення у середньому вона становила 5,47 т/га, а на варіанті із внесенням добрив ($N_{90}P_{60}K_{60}$) вона збільшилася на 1,53 т/га і становила 7,00 т/га. Обробка насіння біологічними препаратами сприяла зростанню урожайності на 0,78–1,01 т/га, до 5,66–7,25 т/га, тоді як на контролі вона знаходилася у межах 4,88–6,24 т/га. На варіанті з обробкою насіння пшениці озимої біологічним препаратом Biostim насіння (1,0 л/т) урожайність зерна у середньому становила 6,90 т/га, Polimix (1,0 л/т) – 6,52 т/га та Microstim Гумат калію (1,0 л/т) – 5,95 т/га, тоді як на контролі вона становила 5,56 т/га.

Отже, проведення обробки насіння біологічними препаратами та внесення добрив позитивно впливають на врожайність пшениці озимої, збільшуючи її на варіанті із внесенням добрив на 0,36–1,72 т/га, або на 27,5–28,5%

та на варіанті з обробкою насіння біологічними препаратами – на 0,39–1,34 т/га, або на 6,3–21,5% порівняно з контрольним варіантом.

Висновки. Проведені дослідження дають можливість сформулювати такі висновки. Система удобрення та передпосівна обробка насіння біологічними препаратами мають істотний вплив на ростові процеси, формування елементів структури врожайності та якості зерна пшениці озимої сорту РЖТ Реформ.

Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{90}P_{60}K_{60}$ забезпечило збільшення висоти рослин на 3,5 см, довжини колоса – на 0,5 см, маси 1 000 зерен – на 2,4 г та підвищення вмісту білка в зерні – на 0,9%, що в результаті сприяло зростанню урожайності на 1,53 т/га порівняно з неудобреним варіантом.

Обробка насіння біологічними препаратами (Biostim насіння, Polimix, Microstim Гумат калію) позитивно впливала на морфометричні показники рослин, збільшуючи висоту на 3,5–6,0 см, довжину колоса – на 0,5 см, кількість зерен у колосі – на 0,3–0,4 шт., масу зерна з колоса – на 0,04–0,09 г та масу 1 000 зерен – на 0,3–0,9 г. Найбільш ефективним серед біопрепаратів виявився Biostim насіння (1,0 л/т), що забезпечив найвищі показники якості та врожайності зерна (6,90 т/га), перевищивши контроль на 1,34 т/га.

Поєднання мінерального удобрення та передпосівної обробки насіння біопрепаратами сприяло підвищенню урожайності пшениці озимої на 0,39–1,72 т/га, або на 6,3–28,5% порівняно з контролем.

Отримані результати свідчать про доцільність інтегрованого використання мінеральних добрив та біологічних препаратів для підвищення продуктивності та якості зерна пшениці озимої сорту РЖТ Реформ у зоні проведення досліджень.

У подальшому планується провести вивчення хімічного складу зерна пшениці озимої залежно від системи удобрення та застосування біологічних препаратів.

Список використаних джерел

1. Вожегова Р.А., Белов Я.В. Динаміка накопичення надземної біомаси гібридами кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та удобрення за вирощування в умовах зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 109(1). С. 3–9. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.109-1.1.
2. Волкодав В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ, 2000. Вип. 1. 100 с.
3. Волощук І.С. Вплив зміни клімату на вирощування насіння пшениці озимої в зоні Західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С. 3–17.
4. Годаницький В., Годаницька О. Формування продуктивності колоса в зернових. *Пропозиція*. 2017. № 4. С. 78–80.
5. Гусенкова О.В., Тищенко В.М. Формування і мінливість структурних елементів урожайності пшениці озимої в умовах контрольованого середовища. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 100–103. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.14>.
6. Дорофєєв О.В. Напрями нарощення експортного потенціалу підприємств зернової галузі України. *Український журнал прикладної економіки*. 2020. № 2. Т. 5. С. 197–205. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-2-24>.
7. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.
8. Єрашова М.В. Формування елементів структури врожайності різних сортів пшениці озимої залежно від умов вирощування. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 86–92. DOI: 10.31210/visnyk2021.02.11.
9. Жемела Г.П., Бараболя О.В., Татарко Ю.В., Антоновський О.В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 32–39. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.03.
10. Жемела Г.П., Кузнецова О.А. Вплив сортових властивостей на продуктивність та якість пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 23–25.
11. Зубець М.В. Роль сільськогосподарської науки в розвитку агропромислового комплексу України. *Економіка АПК*. 2006. № 12. С. 18–29.
12. Камінський В.Ф. Наукові засади біологічного землеробства в умовах зміни клімату. *Вісник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства»*. 2016. Вип. 1. С. 3–15.
13. Карашук Г.В., Федоненко Г.Ю. Урожайність сортів пшениці озимої твердої залежно від технологічних прийомів вирощування на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 73. С. 35–38. DOI: 10.32848/0135-2369.2020.73.6.
14. Коломієць Л.А. Формування адаптивних ознак між сортовими гібридами озимої пшениці. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2007. № 6. С. 26–34.
15. Лисікова В.Н., Лисікова В.Н., Шовгун О.П. Нові сорти озимої пшениці – нові можливості. *Пропозиція*. 2013. № 8. С. 62–65.
16. Лихочвор В.В. Оптимальні параметри структури врожаю озимої пшениці. *Агробізнес сьогодні*. 2011. № 14. С. 213.
17. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Івашук П.В. Зерновиробництво. Львів : Українські технології, 2008. 624 с.
18. Марковська О.Є., Гречишкіна Т.А. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. *Агробіологія*. 2020. № 1. С. 96–103. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-96-103.
19. Сучасні сорти та системи живлення і захисту пшениці озимої / В.В. Моргун та ін. Київ : Вістка, 2022. Вид. XI. 105 с.
20. Моторний В.А. Формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від строків сівби. *Збірник наукових праць Національного наукового центру*. 2013. № 3–4. С. 46–52.
21. Назаренко М.М., Горшар В.І. Мінливість за врожайністю та якістю зерна колекції сортів пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 108–115. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.12>
22. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 173 с.
23. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Паламарчук О.Д., Шуберанський В.Е. Інноваційні технології в рослинництві : підручник. Вінниця : Друк, 2024. 582 с.

24. Поліщук В.В., Коновалов Д.В. Елементи структури врожаю та біологічна врожайність залежно від технології вирощування насіння пшениці озимої. *Агробіологія*. 2022. № 2. С. 193–199. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-193-199>.
25. Поліщук В.В., Коновалов Д.В. Елементи структури врожаю пшениці озимої залежно від технології вирощування насіння. *Агробіологія*. 2024. № 1. С. 18–24. DOI: [10.33245/2310-9270-2024-187-1-18-24](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-18-24).
26. Поліщук В.В., Притула Ю.М. Формування елементів структури врожаю пшениці озимої залежно від сортових особливостей та попередників. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 139. Ч. 2. С. 17–22. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.3>.
27. Дослідна справа в агрономії / А.О. Рожков та ін. *Статистична обробка результатів агрономічних досліджень : навчальний посібник* / за ред. А.О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 342 с.
28. Скронний С., Антомонова Л. Мікроелементи рятують урожай, або Як упоратися з наслідками спекотної весни. *Зерно*. 2018. № 5(146). С. 72–88.
29. Смірнова І.В. Урожайність та якість сортів пшениці озимої залежно від умов мінерального живлення. Наукові праці. Екологія. 2015. Т. 244. Вип. 256. С. 81–84.
30. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.
31. Чутрій Г.А. Формування продуктивності сортів пшениці озимої залежно від строків сівби в умовах Донецької області. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 178–185. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.24>.
32. Шакалій С.М., Ласло О.О. Управління формуванням продуктивності пшениці озимої за оптимізації системи удобрення. *Наукові основи сучасних агротехнологій* : матеріали VI науково-практичної Інтернет-конференції, м. Полтава, 25–26 квітня 2018 р. Полтава, 2018. С. 89–92. URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/5793>
33. Шувар А.М., Беген Л.Л., Тимкув М.Ю., Войтович Р.М. Формування врожаю й якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 161–173.
34. Юла В.М., Олійник К.М. Управління продукційними процесами пшениці за агробіологічним контролем розвитку елементів продуктивності. Збірник наукових праць Національного наукового центру. 2013. № 3–4. С. 36–45.
35. Ямковий В.Ю., Буняк О.І., Ящук Н.О. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення в Лівобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 101–107. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2021.5.16>.
36. Harasim E., Wesolowski M., Kwiatkowski C., Harasim P., Staniak M., & Feledyn-Szewczyk B. The contribution of yield components in determining the productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrobotanica*. 2016. № 69(3). P. 1–10. doi: 10.5586/aa.1675
37. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
38. Macholdt J., Honermeier B. Yield stability in winter wheat production: a survey on German farmers and advisors views. *Agronomy*. 2017. № 7(3(45)). P. 1–18. DOI: [10.3390/agronomy7030045](https://doi.org/10.3390/agronomy7030045).
39. Miroshnychenko M.M., Zvonar A.M., Panasenko E.V. Assimilation of nutritive elements by winter wheat plants of Ukrainian and European selection after the resumption of spring vegetation. *Agrology*. 2021. № 4(1). P. 3–9. DOI: [10.32819/021001](https://doi.org/10.32819/021001).
40. Tsyliuryk A.I., Tkalič Yu.I., Masliov S.V., Kozachko V.I. Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. № 7(4). P. 511–516. DOI: [10.15421/2017_153](https://doi.org/10.15421/2017_153).

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

Azurkin V. O.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher,
Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of National Academy of Agrarian Sciences of The Ukraine
Vinnytsia, Ukraine*

E-mail: v.a.imexagroua@gmail.com

ORCID: 0009-0001-5390-747X

Krychkovskiy V. Yu.

*Doctor of Philosophy in Agronomy, Senior Lecturer at the Department of Crop Production and Horticulture.
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine*

E-mail: 2112kv@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4415-0708;

FORMATION OF YIELD STRUCTURE ELEMENTS OF WINTER WHEAT DEPENDING ON FERTILIZATION OPTIONS

Abstract

The article presents the results of studying the effect of fertilization systems and seed treatment with biological preparations on the formation of yield structure elements and productivity of winter wheat. The aim of the research was to determine the effectiveness of mineral fertilizers and biological seed treatments in enhancing the productivity and grain yield of the winter wheat variety RGT Reform in the Forest-Steppe zone of Ukraine. Field experiments were carried out in 2023–2024 at the experimental field of LLC «Organik-D» (Sutysky village, Vinnytsia region) on grey forest medium loamy soils with three replications. The experiment included two factors: fertilization system (without fertilizers and N90P60K60) and seed treatment with biological preparations (control, Biostim – 1.0 L/t, Polimix – 1.0 L/t, Microstim Potassium Humate – 1.0 L/t).

The results showed that plant height ranged from 97.0 to 103.0 cm depending on the treatment. Fertilizer application increased plant height by 3.5 cm, while biological seed treatments enhanced it by 3.5–6.0 cm compared to the control. Spike length increased from 8.0 to 8.5 cm with fertilizer application, while biological treatments raised it by an average of 0.5 cm. The number of grains per spike ranged from 26.0 to 27.5, with Biostim and Polimix increasing this indicator by 0.3–0.4 grains. Grain weight per spike varied within 1.1–1.2 g, which was 0.04–0.09 g higher than the control. The thousand-kernel weight ranged from 41.9 to 44.3 g, with biological treatments improving it by 0.3–0.9 g.

The protein content in grain under the control without fertilizers was 11.8–11.9%, while the application of $N_{90}P_{60}K_{60}$ increased it to 12.7%. Biological seed treatments raised protein content by 0.2–0.8%. Grain yield of the variety RGT Reform ranged from 4.88 to 7.76 t/ha depending on fertilization system and seed treatment. The application of $N_{90}P_{60}K_{60}$ provided a yield increase of 1.53 t/ha (28.0%), while biological preparations raised yield by 0.39–1.34 t/ha (6.3–21.5%) compared to the control. The highest yield levels were obtained with Biostim (6.90 t/ha) and $N_{90}P_{60}K_{60}$ fertilization (7.00 t/ha).

Key words: wheat, grain, yield components, productivity, bacterial preparations, seed treatment, variety, thousand-kernel weight.

References

1. Vozhehova, R.A., & Bielov, Ya.V. (2019). Dynamika nakopychennia nadzemnoi biomasy hibrydamy kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia roslin ta udobrennia za vyroshchuvannia v umovakh zroshennia [Dynamics of aboveground biomass accumulation by maize hybrids depending on plant density and fertilization under irrigation conditions]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Tavriyskyi scientific bulletin]*, 109(1), pp. 3–9. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.109-1.1 [in Ukrainian]
2. Volkodav, V. (2000). Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Kyiv, V. 1. 100 p. [in Ukrainian]
3. Voloshchuk, I.S. (2017). Vplyv zminy klimatu na vyroshchuvannia nasinnia pshenytsi ozymoi v zoni Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Impact of climate change on winter wheat seed production in the western Forest-Steppe zone of Ukraine]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytsystvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]*, V. 62, pp. 3–17. [in Ukrainian]
4. Hodanytskyi, V., & Hodanytska, O. (2017). Formuvannia produktyvnosti kolosa v zernovykh [Formation of spike productivity in cereals]. *Propozytsiia [Propozytsiya]*, 4, pp. 78–80. [in Ukrainian]
5. Husenkova, O.V., & Tyshchenko, V.M. (2018). Formuvannia i minlyvist strukturnykh elementiv urozhainosti pshenytsi ozymoi v umovakh kontrolovanoho seredovyshcha [Formation and variability of structural elements of winter wheat yield under controlled conditions]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Visnyk of Poltava state agrarian academy]*, 4, pp. 100–103. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.04.14> [in Ukrainian]

6. Dorofiev, O.V. (2020). Napriamy naroshchennia eksportnoho potentsialu pidpriemstv zernovoi haluzi Ukrainy [Directions for increasing the export potential of grain industry enterprises in Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky [Ukrainian journal of applied economics]*, 2, 5, pp. 197–205. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-2-24>. [in Ukrainian]
7. Ermantraut, E.R., Prisyazhniuk, O.I., & Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6. Metodychni vkazivky [Statistical analysis of agronomic Research data using STATISTICA 6. Methodological guidelines]. K., 55 p. [in Ukrainian]
8. Yerashova, M.V. (2021). Formuvannia elementiv struktury vrozhaivosti riznykh sortiv pshehytsi ozymoi zalezno vid umov vyroshchuvannia [Formation of yield structure elements of different winter wheat varieties depending on growing conditions]. *Visnyk PDAA [Visnyk of PDAA]*, 2, pp. 86–92. DOI: 10.31210/visnyk2021.02.11 [in Ukrainian]
9. Zhemela, H.P., Barabolia, O.V., Tatarko, Yu.V., & Antonovskiy, O.V. (2020). Vplyv sortovykh osoblyvosti na yakist zerna pshehytsi ozymoi [Influence of variety traits on grain quality of winter wheat]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Visnyk of Poltava state agrarian academy]*, 3, pp. 32–39. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.03 [in Ukrainian]
10. Zhemela, H.P., & Kuznetsova, O.A. (2012). Vplyv sortovykh vlastyvosti na produktyvnist ta yakist pshehytsi miakoi ozymoi [Influence of variety traits on productivity and quality of soft winter wheat]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Visnyk of Poltava state agrarian academy]*, 3, pp. 23–25. [in Ukrainian]
11. Zubets, M.V. (2006). Rol silskohospodarskoi nauky v rozvytku ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy [The role of agricultural science in the development of ukraine's agro-industrial complex]. *Ekonomika APK [Ekonomika APK]*, 12, pp. 18–29. [in Ukrainian]
12. Kaminskyi, V.F. (2016). Naukovi zasady biolohichnoho zemlerobstva v umovakh zminy klimatu [Scientific principles of biological farming under climate change Conditions]. *Visnyk nauk. prats NNTs Instytut zemlerobstva [Bulletin of scientific works of the NSC Institute of agriculture]*, V. 1, pp. 3–15. [in Ukrainian]
13. Karashchuk, H.V., & Fedonenko, H.Yu. (2020). Urozhainist sortiv pshehytsi ozymoi tverdoi zalezno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia na pivdni Ukrainy [Yield of hard winter wheat varieties depending on cultivation techniques in southern Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated agriculture]*, V. 73, pp. 35–38. DOI: 10.32848/0135-2369.2020.73.6 [in Ukrainian]
14. Kolomiets, L.A. (2007). Formuvannia adaptivnykh oznak mizh sortovymy hibrydamy ozymoi pshehytsi [Formation of adaptive traits in interspecific hybrids of winter wheat]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roshlyn [Variety study and plant variety rights protection]*, 6, pp. 26–34. [in Ukrainian]
15. Lysikova, V.N., Lysikova, V.N., & Shovhun, O.P. (2013). Novi sorty ozymoi pshehytsi – novi mozhlyvosti [New winter wheat varieties – new opportunities]. *Propozytsiia [Propozytsiya]*, 8, pp. 62–65. [in Ukrainian]
16. Lykhochvor, V.V. (2011). Optymalni parametry struktury vrozhaivu ozymoi pshehytsi [Optimal parameters of winter wheat yield structure]. *Informatsiino-analitychna hazeta «Ahrobiznes Sohodni» [Information-analytical newspaper «Agrobusiness today»]*, 14, pp. 213. [in Ukrainian]
17. Lykhochvor, V.V., Petrychenko, V.F., & Ivashchuk, P.V. (2008). Zernovyrobnytstvo [Grain production]. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii», 624 p. [in Ukrainian]
18. Markovska O.Ye., Hrechyskyna T.A. (2020). Produktyvnist sortiv pshehytsi ozymoi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Productivity of winter Wheat varieties depending on cultivation technology elements under southern steppe conditions of Ukraine]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, 1, pp. 96–103. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-96-103. [in Ukrainian]
19. Morhun, V.V. ta in. (2022). Suchasni sorty ta systemy zhyvlennia i zakhystu pshehytsi ozymoi [Modern varieties and systems of nutrition and protection of winter wheat]. Kyiv: Vistka, Vyd. Khl. 105 p. [in Ukrainian]
20. Motornyi, V.A. (2013). Formuvannia elementiv struktury vrozhaivu pshehytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivby [Formation of winter wheat yield structure elements depending on sowing dates]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru [Collection of scientific works of the national scientific center]*, 3–4, 46–52. [in Ukrainian]
21. Nazarenko, M.M., & Horshchar, V.I. (2019). Minlyvist za vrozhaivnistiu ta yakistiu zerna kolektsii sortiv pshehytsi ozymoi [Variability in grain yield and quality of the winter wheat variety collection]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Visnyk of Poltava state agrarian academy]*, 1, pp. 108–115. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.12> [in Ukrainian]
22. Natsionalnyi standart Ukrainy (2002). Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti: DSTU 4138-2002 [National standard of Ukraine. Seeds of agricultural crops. Methods for quality determination: DSTU 4138-2002]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2002. 173 p. [in Ukrainian]
23. Palamarchuk, V.D., Krychkovskiy, V.Yu., Palamarchuk, O.D., & Shuberanskyi, V.E. (2024). Innovatsiini tekhnolohii v roslynnytstvi: pidruchnyk [Innovative technologies in crop production: Textbook]. Vinnytsia: TOV «Druk», 582 p. [in Ukrainian]
24. Polishchuk, V.V., & Kononov, D.V. (2022). Elementy struktury urozhaivu ta biolohichna urozhainist zalezno vid tekhnolohii vyroshchuvannia nasinnia pshehytsi ozymoi [Yield structure elements and biological yield depending on winter wheat seed production technology]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, 2, pp. 193–199. [in Ukrainian]
25. Polishchuk, V.V., & Kononov, D.V. (2024). Elementy struktury urozhaivu pshehytsi ozymoi zalezno vid tekhnolohii vyroshchuvannia nasinnia [Yield structure elements of winter wheat depending on seed production technology]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*, 1, pp. 18–24. doi: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-18-24 [in Ukrainian]
26. Polishchuk, V.V., & Prytula, Yu.M. (2024). Formuvannia elementiv struktury urozhaivu pshehytsi ozymoi zalezno vid sortovykh osoblyvosti ta poperednykhiv [Formation of yield structure elements of winter wheat depending on variety traits and predecessors]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Tavriyskyi scientific bulletin]*, 139, 2, pp. 17–22. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.3> [in Ukrainian]
27. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., & Kalenska, S.M. ta in. (2016). Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk: Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzen [Experimental work in agronomy: textbook. Statistical processing of agronomic research results] / Za red. A.O. Rozhkova. Kharkiv: Maidan, 342 p. [in Ukrainian]
28. Skromnyi, S., & Antomonova, L. (2018). Mikroelementy riatiut urozhaiu abo yak vporatysia z naslidkami spekotnoi vesny [Microelements save the crop: how to cope with the consequences of a hot spring]. *Zerno [Zerno]*, 5(146), pp. 72–88. [in Ukrainian]
29. Smirnova, I.V. (2015). Urozhainist ta yakist sortiv pshehytsi ozymoi zalezno vid umov mineralnoho zhyvlennia [Yield and quality of winter wheat varieties depending on mineral nutrition conditions]. *Naukovi pratsi. Ekolohiia [Scientific works. Ecology]*, T. 244, Vyp. 256, pp. 81–84. [in Ukrainian]

30. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). Dyspersiyni i koreliatsiyni analiz u zemlerobstvi ta roslynnystvi: navchalnyi posibnyk [*Variance and correlation analysis in agriculture and crop production: textbook*]. Kherson: Ailant, 272 p. [in Ukrainian]
31. Chuhrii, H.A. (2019). Formuvannia produktyvnosti sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivy v umovakh Donetskoi oblasti [*Formation of winter wheat variety productivity depending on sowing dates in the Donetsk region*]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Tavriyskyi scientific bulletin]*, 107, pp. 178–185. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.24> [in Ukrainian]
32. Shakalii, S.M., & Laslo, O.O. (2018). Upravlinnia formuvanniam produktyvnosti pshenytsi ozymoi za optymizatsii systemy udobrennia [*Management of winter wheat productivity formation through optimization of fertilization systems*]. *Naukovi osnovy suchasnykh ahrotekhnologii: materialy VI naukovo-praktychna internet-konferentsiia [Scientific foundations of modern agrotechnologies: proceedings of the vi scientific-practical online conference]*. PDAA, Poltava 25–26 kvitnia 2018. Poltava, 2018. pp. 89–92. URL: <http://dSPACE.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/5793> [in Ukrainian]
33. Shuvar, A.M., Behen, L.L., Tymkuv, M.Yu., & Voitovych, R.M. (2018). Formuvannia urozhaiu i yakosti zerna pshenytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivy ta rivnia zhyvlennia [*Formation of winter wheat yield and grain quality depending on sowing dates and nutrient levels*]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]*, V. 63, pp. 161–173. [in Ukrainian]
34. Yula, V.M., & Oliinyk, K.M. (2013). Upravlinnia produktsiynymy protsesamy pshenytsi za ahrobiolohichnym kontrolem rozvytku elementiv produktyvnosti [*Management of wheat productivity processes based on agrobiological control of yield component development*]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru [Collection of scientific works of the national scientific center]*, 3–4, pp. 36–45. [in Ukrainian]
35. Yamkovyi, V.Yu., Buniak, O.I., & Yashchuk, N.O. (2021). Produktyvnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [*Productivity and grain quality of winter wheat depending on foliar fertilization in the left-bank Forest-steppe of Ukraine*]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian innovations]*, 5, pp. 101–107. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.16> [in Ukrainian]
36. Harasim, E., Wesołowski, M., Kwiatkowski, C., Harasim, P., Staniak, M., & Feledyn-Szewczyk, B. (2016). The contribution of yield components in determining the productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrobotanica*, 69 (3), pp. 1–10. doi: 10.5586/aa.1675 [in English]
37. Fisher, R.A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 354 p. [in English]
38. Macholdt, J., & Honermeier, B. (2017). Yield stability in winter wheat production: a survey on German farmers and advisors views. *Agronomy*, 7 (3 (45)), pp. 1–18. doi: 10.3390/agronomy7030045 [in English]
39. Miroshnychenko, M.M., Zvonar, A.M., & Panasenko, E.V. (2021). Assimilation of nutritive elements by winter wheat plants of Ukrainian and European selection after the resumption of spring vegetation. *Agrology*, 4(1), pp. 3–9. DOI: 10.32819/021001. [in English]
40. Tsyliryuk, A.I., Tkalic, Yu.I., Masliov, S.V., & Kozechko, V.I. (2017). Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), pp. 511–516. DOI: 10.15421/2017_153 [in English]

Отримано: 01.09.2025

Рекомендовано: 07.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633.88.582: 998.2:631.55 (477.4)

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.21>

Созикін А. В.

аспірант кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: homina13@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0674-4222

СОРТОВА РЕАКЦІЯ ВАСИЛЬКІВ СПРАВЖНІХ НА СТРОК СІВБИ ТА ВИСАДКИ РОЗСАДИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Анотація

Пряні зелені культури сьогодні все частіше використовуються людиною в раціоні. Попри це поряд із високою харчовою цінністю низку культур успішно використовує офіційна та народна медицина. Васильки справжні (*Ocimum basilicum* L.) – одна з відомих пряних та лікарських рослин, що характеризується широким спектром застосування, проте займає незначні площі. Причиною є мало-вивченість основних елементів технології вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Важливим чинником у підвищенні врожайності є сорт. Висока врожайність та якість продукції, стійкість до хвороб і шкідників є першими й основними технологічними характеристиками сорту, які він реалізує за оптимальних умов вирощування, коли існує пряма відповідність до потреб у факторах життєдіяльності у поєднанні з місцевими природно-кліматичними умовами та технологічними чинниками.

Статтю присвячено вивченню впливу окремих технологічних чинників на ріст, розвиток та продуктивність васильків справжніх під час вирощування в умовах Правобережного Лісостепу. Нами підібрано для вивчення три сорти васильків справжніх: Маріан, Філософ та Кіра. Вивчалися різні строки висаджування розсади (III декада квітня, I, II та III декади травня). Розсаду висаджували з кількістю рослин на один метр погонного рядка: 3, 4, 5 штук. Другий дослід включав висів насіння у відкритий ґрунт сортів Маріан та Філософ у три строки: III декада квітня, I та II декади травня.

У результаті спостережень і обліків визначено, що досліджувані сорти васильків справжніх по-різному реагували на строк висаджування розсади. Для сорту Маріан кращим виявився контрольний строк висаджування у першій декаді травня, отримавши 43,5% листків, а для сорту Кіра кращим строком була III декада квітня з показником 52,8% листків. Сівба насінням кращою була для обох сортів у першій декаді травня. Оптимальну врожайність забезпечив сорт Кіра за розсадного способу розмноження та висаджування рослин у третій декаді квітня: урожайність становила в середньому за три роки досліджень 15,4 т/га. Слід аргументувати, що вирощування розсадою дає можливість швидше отримати врожай листків, але врожай листків за сезон за розмноження насінням не поступається врожаю від розсадного способу вирощування.

Ключові слова: васильки справжні, сорт, спосіб вирощування, строк сівби, строк висаджування розсади, урожайність листків.

Вступ. Пряні зелені культури сьогодні все частіше використовуються людиною в раціоні. Попри це поряд із високою харчовою цінністю низку культур успішно використовує офіційна та народна медицина [10]. Перспективною пряно-ароматичною овочевою та лікарською рослиною є васильки справжні (*Ocimum basilicum* L.), або базилик. Проте вирощують культуру не в такій кількості, як хотілося б. Низка авторів відзначає, що причиною такого стану є недостатня поінформованість населення про цінні якості рослини, а також недостатня вивченість технологічних факторів вирощування культури [7; 8]. Слід аргументувати той факт, що з віднедавна поряд із традиційними зеленими культурами (салат, шпинат, петрушка, кріп) спостерігається збільшення площ під пряними, зокрема під васильками справжніми. Це пояснюється певною зацікавленістю аграріїв у вирощуванні нішевих культур, таких як васильки справжні, у зв'язку із затребуваністю культури як прянощів. Окрім цього, медичне застосування є також досить вагомим аргументом. Васильки справжні характеризуються множинними терапевтичними ефектами: адаптогенними, антимікробними, протизапальними, кардіо- та гепатопротекторними, імуномодуючими, метаболічними протираковими, антиоксидантними, радіозахисними, антидіабетичними, спазмолітичними [2, с. 8; 5].

Одними з найважливіших чинників високої продуктивності васильків справжніх є правильний вибір способу і строку вирощування, особливо розсади [3; 9]. За використання розсадного способу врожай васильків отримують на 10–25 дів раніше, ніж за безрозсадного способу вирощування [4]. Отже, стає цілком зрозумілою актуальність проблеми як для виробників пряних культур, так і для споживачів. Важливими питаннями підвищення продуктивності васильків справжніх є строки висадки розсади, вирощування адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, сортів, густота висаджування розсади та ін. Формування продуктивності різних сортів васильків справжніх залежно від комплексу агротехнічних заходів обґрунтувала низка науковців: В. В. Хареба, О. В. Хареба, О. В. Позняк, Т. С. Казчук та ін. [1; 6].

Мета роботи – обґрунтування комплексу технологічних заходів під час вирощування різних сортів васильків справжніх за вирощування в умовах Правобережного Лісостепу.

Нами підібрано для вивчення три сорти васильків справжніх: Маріан, Філософ та Кіра. Вивчалися різні строки висаджування розсади (III декада квітня, I, II та III декади травня). Розсаду висаджували з кількістю рослин на один метр погонного рядка: 3, 4, 5 штук. Другий дослід включав висів насіння у відкритий ґрунт сортів Маріан та Філософ у три строки: III декада квітня, I та II декади травня.

Виклад основного матеріалу дослідження. У результаті виконаних досліджень проведено порівняльну оцінку за продуктивністю трьох сортів васильків справжніх, які різняться за морфологічними та біологічними показниками. Оптимальні показники врожайності листків забезпечив сорт васильків справжніх Кіра з урожайністю в межах 12,9–15,4 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 0,4–2,4 т/га (табл. 1).

Таблиця 1. Урожайність листків васильків справжніх залежно від сорту, строку висаджування розсади та кількості рослин на 1 метр погонний, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Сорт (А)	Строк садіння розсади (В)	Кількість рослин на 1 метр погонний, шт (С)	Урожайність листків	
			фактична	± до контролю
Маріан	III декада квітня	3	11,9	-1,1
		4	12,3	-0,7
		5	12,2	-0,8
	I декада травня	3	12,5	-0,5
		4 (контроль)	13,0	-
		5	12,7	-0,3
	II декада травня	3	12,2	-0,8
		4	12,7	-0,3
		5	12,5	-0,5
	III декада травня	3	11,7	-1,3
		4	12,0	-1,0
		5	11,9	-1,1
Філософ	III декада квітня	3	12,4	-0,6
		4	13,0	0
		5	14,0	1,0
	I декада травня	3	12,9	-0,1
		4	13,6	-0,6
		5	14,5	1,5
	II декада травня	3	12,0	-1,0
		4	12,8	-0,2
		5	13,1	0,1
	III декада травня	3	11,9	-1,1
		4	12,1	-0,9
		5	12,4	-0,6
Кіра	III декада квітня	3	14,7	1,7
		4	15,4	2,4
		5	14,9	1,9
	I декада травня	3	14,1	1,1
		4	15,0	2,0
		5	14,2	1,2
	II декада травня	3	13,2	0,2
		4	14,6	1,6
		5	13,5	0,5
	III декада травня	3	12,3	-0,7
		4	13,4	0,4
		5	12,9	-0,1

Дещо менш урожайним був сорт васильків Філософ із показниками в межах 11,9–14,5 т/га.

Строки висаджування розсади та площа живлення по-різному впливали на формування продуктивності досліджуваних сортів васильків справжніх. Щодо строків висадки розсади експериментально встановлено, що для сортів Маріан і Філософ найбільш ефективним був строк у I декаду травня, для сорту Кіра – III декада квітня.

Урожайність листків васильків справжніх залежала від сортових особливостей, зокрема висоти рослин, форми куща та кількості гілок на рослині. Відповідно, потреба у площі живлення для досліджуваних сортів була різною. Сорти васильків справжніх Маріан та Кіра максимальні показники врожайності забезпечила кількість рослин на метр погонного рядка – 4 штуки, а сорт Філософ – 5 штук. За висаджування розсади всіх досліджуваних сортів у II та III декадах травня спостерігалася тенденція до зниження урожайності листків.

Тест Дункана свідчить про істотну різницю в урожайності сортів Маріан, Філософ та Кіра. Показники Маріан і Філософ з урожайністю відповідно 12,3 та 12,9 т/га були в одній гомогенній групі, що свідчить про те, що різниця в урожайності знаходилася в межах похибки (табл. 2).

Таблиця 2. Залежність урожайності листків васильків справжніх від сорту за тестом Дункана (2023–2025 рр.)

Сорт (А)	Урожайність, т/га	Гомогенні групи	
		I	II
Маріан	12,3	***	
Філософ	12,9	***	
Кіра	14,0		***

Фактор В (строк висадки розсади) мав істотний вплив на врожайність листків васильків справжніх, за тестом Дункана показники розподілилися так: у першій гомогенній групі варіант висаджування розсади у III декаді квітня та I декаді травня із середніми значеннями 13,4 та 13,6 т/га, а у другій групі – висаджування у II та III декадах травня з показниками відповідно 12,9 та 12,3 т/га, між якими різниця виявилася не істотною (табл. 3).

Таблиця 3. Залежність урожайності листків васильків справжніх від строку висадки розсади за тестом Дункана (2023–2025 рр.)

Строк висадки розсади (В)	Урожайність листків, т/га	Гомогенні групи	
		I	II
III декада квітня	13,4	***	
I декада травня	13,6	***	
II декада травня	12,9		***
III декада травня	12,3		***

Тест Дункана за фактором С (кількість рослин на 1 метр погонний) показав, що середні значення врожайності листків васильків справжніх знаходилися в межах 12,6–13,3 т/га (табл. 4).

Таблиця 4. Залежність урожайності листків васильків справжніх від кількості рослин на 1 метр погонний за тестом Дункана (2020–2024 рр.)

Кількість рослин на 1 метр погонний (С)	Урожайність листків, т/га	Гомогенні групи	
		I	II
3	12,6		***
4	13,3	***	
5	13,2	***	

Розподіл за гомогенними групами показав, що різниця в урожайності за кількістю рослин 4 та 5 штук на 1 метр погонний була не істотною.

Сівба насінням кращою була для обох сортів у першій декаді травня. Оптимальну врожайність забезпечив сорт Кіра за розсадного способу розмноження та висаджування рослин у третій декаді квітня, урожайність становила в середньому за три роки досліджень 15,4 т/га. Слід аргументувати, що вирощування розсадою дає можливість швидше отримати врожай листків, але врожай листків за сезон за розмноження насінням не поступається врожаю від розсадного способу вирощування.

Висновки. У результаті спостережень і обліків визначено, що досліджувані сорти васильків справжніх по-різному реагували на строк висаджування розсади. Для сорту Маріан кращим виявився контрольний строк висаджування розсади у першій декаді травня, отримавши 43,5% листків, а для сорту Кіра кращим строком була III декада квітня з показником 52,8% листків. Оптимальні показники врожайності листків забезпечив сорт васильків справжніх Кіра з урожайністю в межах 12,9–15,4 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 0,4–2,4 т/га.

Список використаних джерел

1. Казчук Т.С. Продуктивність васильків справжніх залежно від сорту в умовах ННБВ Уманського НУС. *Збірник студентських наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч. II: Сільськогосподарські і біологічні науки. Умань, 2011. С. 58–63.
2. Біологічні особливості і вирощування малопоширених овочів / О.І. Улянич та ін. Умань : Візаві, 2018. 280 с.
3. Улянич О.І., Воробйова Н.В., Кучер І.О. Установлення оптимального строку висаджування розсади васильків справжніх та його вплив на врожайність. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Ч. I. Сільськогосподарські науки. 2020. Вип. 96. С. 508–519. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-508-519.
4. Улянич О.І., Рогова О.В. Сортова технологія – важливий фактор підвищення урожайності васильків справжніх. *Сучасні інтенсивні сорти та сортові технології у виробництві* : матеріали наукової конференції, присвячено 120-річчю від дня народження І.М. Єремєєва. Умань : ДАУ, 2007. С. 32–34.
5. Малопоширені овочеві рослини / В.В. Хареба та ін. Харків : Плеяда, 2012. Ч. 2. 44 с.
6. Хареба В.В., Хареба О.В., Позняк О.В. Поповнення ринку сортів овочевих рослин України: васильки справжні (*Ocimum basilicum* L.). *Овочівництво і баштанництво*. 2012. № 58. С. 387–390. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Oib_2012_58_61
7. Хоміна В.Я. Застосування біогенних чинників під час вирощування васильків справжніх – шлях до екологізації лікарського рослинництва. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2012. Вип. 20. С. 43–47.
8. Havrilyuk M., Fedorenko V., Ulianych O., Kucher I., Yatsenko V., Vorobiova N. and Lazarev O. Effect of superabsorbent on soil moisture, productivity and some physiological and biochemical characteristics of basil. *Agronomy Research*. 2021. № 19(2). P. 394–407. <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8911>

9. Kucher I.O. Adaptive variability of basil (*Ocimum basilicum* L.) varieties. *Plant Varieties Studying and protection*, 2021. T. 17. № 4. P. 267–272. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.248975>

10. Pedro A.C., Moreira F., Granato D., Rosso N.D. Extraction of bioactive compounds and free radical scavenging activity of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaf extract as affected by temperature and time. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 2016. № 88. P. 1055–1068. DOI: 10.1590/0001-3765201620150197.

Sozykin A. V.

*Postgraduate Student at the Department of Plant Production, Breeding and Seed Production,
Higher educational institution "Podilskyi State University"*

Kamyanets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: hominal3@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0674-4222

VARIETAL RESPONSE OF SWEET BASIL (*OCIMUM BASILICUM* L.) TO SOWING TIME AND TRANSPLANTING DATE UNDER THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

Abstract

*Aromatic and spicy herbs are becoming increasingly common in the human diet. Along with their high nutritional value, many of these crops are successfully used in both official and traditional medicine. Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) is one of the best-known aromatic and medicinal plants, characterized by a wide range of applications; however, it still occupies relatively small cultivation areas. The main reason for this is the insufficient study of the key elements of cultivation technology under specific soil and climatic conditions. The choice of variety is a crucial factor in increasing yield. High productivity and quality of produce, as well as resistance to diseases and pests, are essential technological traits of a variety, which are best expressed under optimal growing conditions – when biological needs are harmonized with local environmental and technological factors.*

The research article focuses on studying the effect of certain technological factors on the growth, development, and productivity of sweet basil grown in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Three basil varieties – Marian, Philosopher, and Kira – were selected for study. Different transplanting dates were tested: the third decade of April, and the first, second, and third decades of May. Seedlings were transplanted at plant densities of 3, 4, and 5 plants per linear meter of row. A second experiment examined direct seeding of Marian and Philosopher varieties at three sowing times: the third decade of April, and the first and second decades of May.

The results of observations and yield assessments revealed that the studied basil varieties responded differently to the timing of transplanting. For the Marian variety, the best result was obtained with transplanting in the first decade of May (43.5% leaf yield), while for Kira, the most favorable time was the third decade of April, yielding 52.8% leaves. For direct seeding, the optimal sowing period for both varieties was the first decade of May. The highest average leaf yield over three years of research (15.4 t/ha) was recorded for the Kira variety under the transplanting method, with planting in the third decade of April.

It was established that growing basil through seedlings allows for an earlier harvest, while the total seasonal leaf yield obtained from direct seeding does not significantly differ from that of the transplanting method.

Key words: sweet basil, variety, cultivation method, sowing time, transplanting date, leaf yield.

References

1. Kazchuk, T.S. (2011). Produktivnist vasyľ'kiv spravzhnykh zalezchno vid sortu v umovakh NNVV Umanskoho NUS [Productivity of true basil depending on variety under the conditions of the experimental base of Uman National University of Horticulture]. *Zbirnyk students'kykh naukovykh prats' Umanskoho natsional'noho universytetu sadyvnyystva* [Collection of Student Scientific Works of Uman National University of Horticulture], Ch. II. Sil'skohozyaystvens'ki i biolohichni nauky, 58–63. [in Ukrainian].
2. Ulianych, O.I., Vdovenko, S.A., Kovtuniuk, Z.I., Ketskalo, V.V., Slobodanyk, H.Ya., Vorobiova, N.V., Soroka, L.V., Didenko, I.A., Kravchenko V.S. (2018). Biolohichni osoblyvosti i vyroshchuvannya maloposhyrenykh ovochiv [Biological features and cultivation of rare vegetable crops]. Uman': Vizavi. [in Ukrainian]
3. Ulianych, O.I., Vorob'iova, N.V., Kucher, I.O. (2020). Vstanovlennia optymal'noho stroku vysaduvannya roslady vasyľ'kiv spravzhnykh ta yoho vplyv na urozhainist' [Determination of the optimal transplanting time of true basil seedlings and its influence on yield]. *Zbirnyk naukovykh prats' Umanskoho natsional'noho universytetu sadyvnyystva* [Bulletin of Uman National University of Horticulture], Ch. I. Sil'skohozyaystvens'ki nauky, (96), 508–519. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-508-519. [in Ukrainian].
4. Ulianych, O.I., & Rohova, O.V. (2007). Sortova tekhnolohiia – vazhlyvyi faktor pidvyshchennia urozhainosti vasyľ'kiv spravzhnykh [Variety-specific technology – an important factor in increasing the yield of true basil]. Suchasni intensyvni sorty ta sortovi tekhnolohiyi u vyrobnytstvo: materialy naukovoyi konferentsiyi, prysviacheno 120-richchiu vid dnia narodzhennia I.M. Yermeyeva [Modern intensive varieties and varietal technologies in production: Proceedings of the scientific conference dedicated to the 120th anniversary of I.M. Yermeyev], Uman': DAU, 32–34. [in Ukrainian].
5. Khareba, V.V., Korniienko, S.I., Khareba, O.V., Pozniak, O.V., Unuchko, O.O. (2012). Maloposhyreni ovochovi roslyny [Rare vegetable plants]. Kharkiv: Pleiada. Ch. 2, 44 p. [in Ukrainian].
6. Khareba, V.V., Khareba, O.V., Pozniak, O.V. (2012). Popovnennia rynku sortiv ovochovykh roslin Ukrainy: vasyľ'ky spravzhni (*Ocimum basilicum* L.) [Replenishment of the Ukrainian vegetable variety market: true basil (*Ocimum basilicum* L.)]. *Ovochevnyystvo i bashtannyystvo* [Vegetable and Melon Growing], (58), 387–390. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Oib_2012_58_61 [in Ukrainian]
7. Khomina, V.Ya. (2012). Zastosuvannya bioghennykh chynnykiv pry vyroshchuvanni vasyľ'kiv spravzhnykh – shliakh do ekolohizatsii likarskoho roslynyystva [Application of biogenic factors in true basil cultivation – a way to the ecologization of

medicinal plant growing]. *Zbirnyk naukovykh prats' Podil'skoho derzhavnoho ahrarno-tekhnichnoho universytetu* [Collection of Scientific Works of Podilskyi State Agrarian-Technical University], (20), 43–47. [in Ukrainian].

8. Havrilyuk, M., Fedorenko, V., Ulianych, O., Kucher, I., Yatsenko, V., Vorobiova, N., & Lazariev, O. (2021). Effect of superabsorbent on soil moisture, productivity and some physiological and biochemical characteristics of basil. *Agronomy Research*. №19(2), 2021. P. 394–407. <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8911> [in English].

9. Kucher, I.O. (2021) Adaptive variability of basil (*Ocimum basilicum* L.) varieties. *Plant Varieties Studying and protection*, T. 17, № 4. P. 267–272. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.248975> [in English].

10. Pedro, A.C., Moreira, F., Granato, D., Rosso, N.D. (2016). Extraction of bioactive compounds and free radical scavenging activity of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaf extract as affected by temperature and time. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 88. P. 1055–1068. DOI: 10.1590/0001-3765201620150197. [in English].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 12.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 633.853.494;631.547.47

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.22>

Товпи́га М. Л.

здобувач наукового ступеня доктора філософії,
Миколаївський національний аграрний університет
Миколаїв, Україна

E-mail: maksim.tovpiga@technotorg.com

ORCID: 0009-0009-5958-8359

Домарацький Є. О.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
заступник директора з наукової та інноваційно-інвестиційної роботи,
Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортівивчення
Одеса, Україна

E-mail: jdomar1981@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3912-1611

ДИНАМІКА НАРОСТАННЯ НАДЗЕМНОЇ БІОМАСИ ОЗИМОГО РІПАКУ РІЗНИХ СТРОКІВ СІВБИ ПІД ВПЛИВОМ СТИМУЛЯТОРА РОСТУ «ХЕЛАФІТ»

Анотація

У статті наведено результати наукових досліджень, спрямованих на визначення впливу обробітків рослин озимого ріпаку різних строків сівби стимулятором росту біологічного походження «Хелафіт» на динаміку наростання надземної біомаси. Польовий двофакторний дослід було закладено впродовж 2022–2025 рр. у незрошуваних умовах землекористування ТОВ «Добробут» у Миколаївській області Миколаївського району с. Михайлівка на чорноземі звичайному малогумусному з умістом органічної речовини 3,1%. Факторами дослідів були: внесення препарату у фазу 2–3 справжніх листків, у фазу бутонізації, внесення дворазово в зазначені фази та контрольний варіант, який не передбачав таких обробітків узагалі, а також різні строки сівби (ранній – 15.08; оптимальний – 05.09; пізній – 25.09). Посів озимого ріпаку проводили гібридом «ЛГ Конструктор» (оригіна́тор – французька компанія «Лімагрейн»), який належить до середньоранньої групи стиглості, нормою висіву 500 тис схожих насінин/га по попереднику чорний пар. Результатами польового дослідів встановлено в усіх випадках (за винятком 2024 р.), перевага по цьому показнику відзначалася за раннім строком сівби: у середньому за три роки було сформовано 5,33 т/га сухої біомаси, тоді як за оптимального строку сівби – 4,93, а за пізнього – 3,92 т/га. «Хелафіт» за всіх випадків сприяв зростанню врожаю надземної біомаси. Ефективність застосування «Хелафіту» була найвищою у варіантах посіву пізнього строку (14,2% приросту порівняно з варіантом без препарату, тоді як на тлі раннього строку ця прирост становила лише 9,3%). Застосування рістрегулюючого препарату дає змогу не лише збільшити врожай надземної біомаси, а й змінити її структуру, тобто співвідношення у масі стебел, листя і квітконосів у бік зростання частки листя і квітконосів у загальній масі: без препарату на частку стебла припадало 41%, листя – 39%, квітконосів – 20%. За дворазового внесення «Хелафіту» ці показники становили відповідно 36%, 40% та 24%.

Ключові слова: озимий ріпак, стимулятор росту, урожай, надземна біомаса, строки сівби, квітконоси, стебло.

Вступ. Важливою передумовою реалізації генетичного потенціалу сорту чи гібриду і формування врожаю сільськогосподарських культур є накопичення значної кількості вегетативної маси рослин починаючи з початкових етапів органогенезу. Абсолютний приріст надземної біомаси (сира маса і суха речовина) значною мірою залежить від умов навколишнього середовища (температурний режим, вологозабезпеченість, відносна вологість повітря) [3; 7]. Основним реагентом на будь-які фактори життя рослин є листовий апарат, який має широкий спектр коливань, але розмір площі листя має знаходитися в оптимальному діапазоні, як недорозвинена листова поверхня, так і гіпертрофована є явищем негативним [4; 10]. У разі недорозвиненості листового апарату низький індекс листової поверхні адекватно має невисокий рівень фотосинтетичної продуктивності, а за гіпертрофованого розвитку спостерігається дисбаланс між вегетативною масою рослин і генеративними органами [2].

Величина врожаю, сформованого конкретним агроценозом, визначається ступенем інтенсивності розвитку надземної біомаси, а також здатністю фотосинтетичного апарату накопичувати органічну речовину [9]. Для оптимального протікання фотосинтетичних процесів посіви сільськогосподарських культур, у тому числі й озимого ріпаку, повинні мати оптимальну площу листової поверхні. Зайва облиствленість не гарантує формування високої урожайності культури, оскільки частина листового апарату нижніх ярусів затінена листям верхнього ярусу, як результат, затінені листки не матимуть змоги в повному обсязі сприяти фотосинтезу, а для підтримання їхньої життєдіяльності і формування буде використана певна частина поживних речовин [5].

Мета роботи – установлення впливу позакореневих обробіток рослин стимулятором росту біологічного походження «Хелафіт» на наростання надземної біомаси озимого ріпаку різних строків сівби.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети впродовж 2022–2025 рр. на землекористуванні ТОВ «Добробут» у Миколаївській області Миколаївського району с. Михайлівка було закладено двофакторний польовий дослід, де фактором А виступали позакореневі обробки рослин препаратом «Хелафіт» (внесення препарату у фазу 2–3 справжніх листків; внесення у фазу бутонізації; внесення дворазово в зазначені фази та контрольний варіант, який не передбачав таких обробіток узагалі) і фактором В – різні строки сівби (ранній – 15.08; оптимальний – 05.09; пізній – 25.09). Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем звичайний мало-гумусний з вмістом гідролізованого нітрогену 1,4–1,7, легкозасвоюваного фосфору 4,0–6,9 та обмінного калію 12–14 мг/100 г ґрунту та вмістом гумусу 3,1%. До складу комбінованого препарату «Хелафіт» входять мікро-елементи – менше 20 г/л, комплекс вільних амінокислот – менше 20 г/л, гумати – менше 40 г/л, жирні кислоти – менше 20 г/л і т. ін. Також «Хелафіт» у своїй формуляції містить спори і клітини культур-продуцентів із роду *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Agrobacterium* та їх метаболітний комплекс для захисту рослин від комплексу грибних і бактеріальних хвороб; він є безпечним для людини, теплокровних тварин, птахів, риб, бджіл і для навколишнього середовища. Норма витрат препарату становила 1 л/га, а вилив робочої рідини – 100 л/га.

Посів озимого ріпаку проводили гібридом «ЛГ Конструктор» (оригінація – французька компанія «Ліма-грейн»), який належить до середньоранньої групи стиглості, нормою висіву 500 тис схожих насінин/га по попереднику чорний пар. Агротехніка в досліді була загальноприйнятою для незрошуваних умов зони Степу України і передбачала повний комплекс фунгіцидного та інсектицидного захисту рослин упродовж вегетаційного періоду. Дослідні ділянки розташовували послідовно у трьох повтореннях. Площа дослідної ділянки становила 2520 м², а облікової – 600 м². Облік урожаю проводили комбайновим методом. Аналіз експериментальних даних здійснювався відповідно до методу багатofакторного дисперсійного аналізу за В. О. Ушкаренка [8] та за допомогою ліцензійного програмного інструменту Statistica 8.0.

Урожай надземної біомаси – це результат комплексної роботи листової поверхні (фотосинтез) і кореневої системи (водозабезпечення і мінеральне живлення) [6]. Тому здебільшого розмір площі листя є показником, який визначає рівень нагромадження усієї біомаси, а сама біомаса визначає рівень розвитку генеративної частини врожаю [1]. Але це все відбувається за ідеальних умов, сприятливих для функціонування рослинного організму. За несприятливих умов можливі будь-які комбінації, що може докорінно змінити кінцевий результат. Для того щоб мати дані з урожаю надземної біомаси, було визначено двічі за вегетацію цей показник за всіма варіантами досліді (табл. 1–3).

Таблиця 1. Формування врожаю надземної біомаси озимого ріпаку в 2023 р., т/га

Строк сівби	Препарат	Початок цвітіння		Плодоутворення	
		сиря	абсолютно суха	сиря	абсолютно суха
15.08	без препарату	11,8	2,95	15,3	5,96
	Хелафіт, 2-3 листа	12,8	3,20	15,6	6,04
	Хелафіт, бутонізація	13,0	3,25	16,4	6,40
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	13,7	3,43	17,0	6,63
05.09	без препарату	10,0	2,60	13,8	5,52
	Хелафіт, 2-3 листа	10,6	2,76	14,4	5,76
	Хелафіт, бутонізація	10,9	2,83	14,7	5,88
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	11,4	2,96	17,9	5,96
25.09	без препарату	7,1	1,92	10,6	4,34
	Хелафіт, 2-3 листа	7,7	2,08	10,9	4,47
	Хелафіт, бутонізація	8,2	2,26	11,4	4,67
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	9,0	2,59	12,0	4,92
НІР ₀₅ , т/га		0,37	–	0,41	–

2023 р. за умовами був відносно сприятливим, типовим для півдня зони Степу, тому врожай біомаси знаходився на максимальному рівні. За строками сівби цього року спостерігався певний баланс, хоча все ж таки перевага раннього строку була помітною. Ще більш вирівняним за строками сівби цей показник був у 2024 р. (табл. 2).

Таблиця 2. Формування врожаю надземної біомаси озимого ріпаку в 2024 р., т/га

Строк сівби	Препарат	Початок цвітіння		Плодоутворення	
		сиря	абсолютно суха	сиря	абсолютно суха
15.08	без препарату	5,5	1,38	8,4	3,19
	Хелафіт, 2-3 листа	5,8	1,45	9,0	3,50
	Хелафіт, бутонізація	6,2	1,55	9,6	3,65
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	6,7	1,68	10,0	3,80
05.09	без препарату	4,8	1,25	8,2	3,28
	Хелафіт, 2-3 листа	5,2	1,35	8,6	3,44
	Хелафіт, бутонізація	5,5	1,43	8,9	3,56
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	5,7	1,48	9,5	3,80
25.09	без препарату	4,8	1,3	7,7	3,15
	Хелафіт, 2-3 листа	4,9	1,32	8,1	3,32
	Хелафіт, бутонізація	5,4	1,46	8,6	3,53
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	5,9	1,59	9,2	3,68
НІР ₀₅ , т/га		0,44	–	0,71	–

Саме в 2024 р. спостерігалася мінімальна за роки досліджень густота рослин, тому ранні строки не мали переваги перед пізнім, але ефективність обробіток рослин «Хелафітом» із погляду формування надземної біомаси була на високому рівні за всіх строків сівби – від 15,0% до 19,1%. Найбільш неочікуваними були результати 2025 р., коли умови зовнішнього середовища коливалися за періодами – від сприятливих до вкрай несприятливих (табл. 3).

Таблиця 3. Формування врожаю надземної біомаси озимого ріпаку в 2025 р., т/га

Строк посіву	Препарат	Початок цвітіння		Плодоутворення	
		сира	абсолютно суха	сира	абсолютно суха
15.08	без препарату	12,6	3,02	14,7	5,59
	Хелафіт, 2-3 листа	12,8	3,03	15,2	5,92
	Хелафіт, бутонізація	13,2	3,16	15,7	5,97
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	13,5	3,24	15,9	6,04
05.09	без препарату	9,2	2,30	13,7	5,34
	Хелафіт, 2-3 листа	9,5	2,37	13,9	5,42
	Хелафіт, бутонізація	9,7	2,43	13,9	5,42
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	10,0	2,50	14,4	5,62
25.09	без препарату	5,8	1,51	8,8	3,52
	Хелафіт, 2-3 листа	5,9	1,53	9,1	3,64
	Хелафіт, бутонізація	6,4	1,66	9,8	3,84
	Хелафіт, 2-3 листа + бутонізація	6,7	1,74	9,9	3,96
НІР ₀₅ , т/га		0,22	–	0,33	–

Аналізуючи результати польового досліду в 2025 р., необхідно зазначити, що перші два строки сівби дали травостій із непоганою густотою, і навесні посіви мали добрий стан. Але тривала відсутність опадів (із середини квітня до середини травня) пригальмувала ріст рослин, і в цілому сирій біомаси сформувалося на рівні 2023 р. Для пізнього строку умови були несприятливі, тому ці посіви суттєво поступалися раннім строкам сівби.

Стосовно реакції рослини на внесення рістрегулюючого препарату й у цьому році відзначено високий рівень позитивного впливу. Особливо це стосується пізнього строку посіву. Так, якщо на ранньому строку прибавка врожаю сухої біомаси становила 8,1%, то на оптимальному цей показник зменшився до 5,2%, а на пізньому він зріс до 12,5%. Тут чітко знайшло підтвердження вірності нашого гіпотетичного уявлення про зростання ефективності рістрегулюючих препаратів у разі погіршення умов життя рослин. Це твердження дає змогу в окремих випадках корегувати ріст рослин та їхню продуктивність.

Це корегування може мати суттєвий позитив, але повністю вирівняти посів за ступенем розвитку з посівами за оптимальних параметрів, зрозуміло, неможливо, тому йдеться про одержання задовільного результату. Вивчені агрозаходи вплинули не лише на розмір надземної біомаси, а й повною мірою змінили співвідношення основних органів рослин (рис. 1, 2).

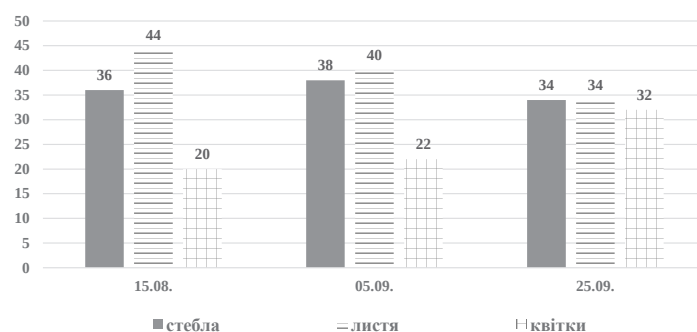


Рис. 1. Співвідношення стебел, листя та квіток у рослин озимого ріпаку за різних строків сівби, %

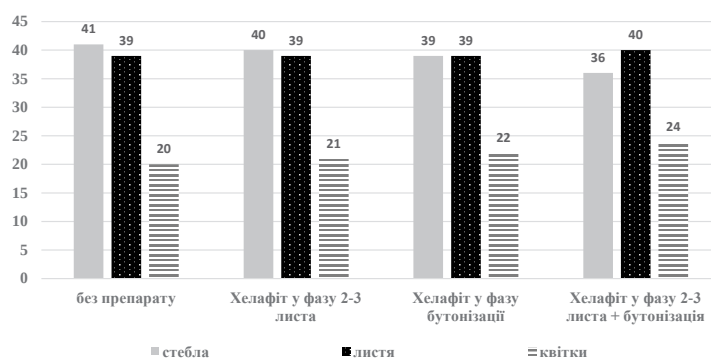


Рис. 2. Співвідношення стебел, листя та квіток у рослин озимого ріпаку залежно від застосування стимулятора росту «Хелафіт» за оптимального строку сівби

Якщо за раннього строку сівби маса стебла у два рази перевищувала масу квітконосів, то за пізнього строку всі органи мали майже однакову масу, тобто відбулася перебудова у форматі рослин у бік збільшення генеративної частини. Аналогічний процес перебудови відбувався і під впливом рістстимулюючого препарату, який призвів до зростання частки листя і квітів. За дворазового застосування «Хелафіту» частка листя не лише зрівнюється зі стеблами, а й перевищує їх. Щодо частки квітконосів, то вони також збільшують свою питому вагу з 20% до 24%.

Висновки. Аналізуючи ріст і розвиток рослин упродовж весняно-літньої вегетації, можна зробити такі висновки:

– урожай сухої надземної біомаси суттєво різнився по роках: від 3,2–3,8 у 2024 р. до 4,3–6,6 т/га у 2023 р. У всіх випадках (за винятком 2024 р.) перевага за цим показником відзначалася за раннім строком сівби: у середньому за три роки було сформовано 5,33 т/га сухої біомаси, тоді як за оптимального строку сівби – 4,93, а за пізнього – 3,92 т/га. «Хелафіт» за всіх випадків сприяв зростанню врожаю надземної біомаси. Ефективність застосування «Хелафіту» була найвищою у варіантах посіву пізнього строку (14,2% приросту порівняно з варіантом без препарату, тоді як на тлі раннього строку ця прирост становила лише 9,3%);

– застосування рістрегулюючого препарату дає змогу не лише збільшити врожай надземної біомаси, а й змінити її структуру, тобто співвідношення у масі стебел, листя і квітконосів у бік зростання частки листя і квітконосів у загальній масі: без препарату на частку стебла припадало 41%, листя – 39%, квітконосів – 20%. За дворазового внесення «Хелафіту» ці показники становили відповідно 36%, 40% та 24%.

Список використаних джерел

1. Безкоровайний В.М., Мойсієнко В.В. Формування врожайності та якості насіння ріпаку озимого залежно від гібридів і способів сівби в умовах Лісостепу Правобережного. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 169–178. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.17>.
2. Васалатій Н.В. Агрометеорологічні умови росту та розвитку озимого ріпаку в осінній період вегетації. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2010. № 10. С. 150–156.
3. Вожегова Р.А., Белов Я.В. Динаміка накопичення надземної біомаси гібридами кукурудзи залежно від густоти стояння рослин та удобрення за вирощування в умовах зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 109(1). С. 3–9. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.1>.
4. Домарацький Є.О. Позакореневі азотні підживлення та рістрегулюючі препарати як фактори формування фотосинтетичного потенціалу рослин ріпаку озимого. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. С. 22–28.
5. Катеринчук І.М., Вишнівський П.С. Продуктивність ріпаку ярого залежно від фракційного складу насіння та застосування рістрегулюючого фунгіциду Піктор. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2015. № 1. С. 166–171.
6. Короткова І., Дробітько А. Вплив способу сівби й удобрення на входження в зиму ріпаку озимого в умовах Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27(1). С. 47–52. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.08>.
7. Лавриненко Ю.А., Нетреба А.А., Польський В.Я. Стан, напрями та перспективи розвитку селекції кукурудзи в зрошуваних умовах Півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2010. № 54. С. 15–27.
8. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство) / за ред. В.О. Ушкаренка. Херсон : Грін Д.С., 2014. 448 с.
9. Цищора Я.Г. Оцінка закономірностей формування біомаси редьки олійної з позиції її сидерального різнострокового використання. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 44. С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.9>.
10. Щербак В.Я., Домарацький Є.О. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин озимого ріпаку залежно від азотних підживлень та рістрегулюючих препаратів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2018. № 87. С. 148–154.

Tovpyga M. L.

PhD candidate,

Mykolaiv National Agrarian University

Mykolaiv, Ukraine

E-mail: maksim.tovpiga@technotorg.com

ORCID: 0009-0009-5958-8359

Domaratskiy Ye. O.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,

Vice Director for Research, Innovation and Investment Work

The Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation

Odesa, Ukraine

E-mail: jdomar1981@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3912-1611

DYNAMICS OF ABOVE-GROUND BIOMASS GROWTH OF WINTER RAPE OF DIFFERENT SOWING TIMES UNDER THE INFLUENCE OF THE GROWTH STIMULATOR “HELAFIT”

Abstract

The article presents the results of scientific research aimed at determining the influence of treatments of winter rapeseed plants of different sowing dates with the growth stimulator of biological origin Helafit on the dynamics of aboveground biomass growth.

A field two-factor experiment was established during 2022–2025 in non-irrigated land use conditions of LLC «Dobrobut» in the Mykolaiv region, Mykolaiv district, village of Mykhailivka on ordinary low-humus black soil with an organic matter content of 3.1%. The factors of the experiment were: application of the drug in the phase of 2–3 true leaves, in the budding phase, application twice in the specified phases and a control option that did not provide for such treatments at all, as well as different sowing dates (early – 15.08; optimal – 05.09; late – 25.09). Winter rapeseed was sown with the LG Constructor hybrid (originator – French company Limagrain), which belongs to the medium-early maturity group with a sowing rate of 500 thousand similar seeds/ha according to the predecessor Black Par. The results of the field experiment established that in all cases (except for 2024) the advantage in this indicator was noted for the early sowing date: on average, 5.33 t/ha of dry biomass was formed in 3 years, while at the optimal sowing date – 4.93, and at the late sowing date – 3.92 t/ha. Helafit in all cases contributed to the increase in the yield of aboveground biomass. The effectiveness of Helafit application was highest in late sowing variants (14.2% increase compared to the variant without the drug, while against the background of the early term this increase was only 9.3%). The use of a growth regulator allows not only to increase the yield of aboveground biomass, but also to change its structure, that is, the ratio of the mass of stems, leaves and peduncles towards an increase in the share of leaves and peduncles in the total mass: without the drug, the share of the stem was 41%, leaves 39%, peduncles – 20%. With a double application of Helafit, these indicators were 36, 40% and 24%, respectively.

Key words: winter rapeseed, growth stimulant, yield, aboveground biomass, sowing dates, peduncles, stem.

References

1. Bezkorovaynyi, V.M., Moisienko, V.V. (2024). Formuvannya vrozhaynosti ta yakosti nasinnya ripaku ozymoho zalezno vid hibrdiv i sposobiv sivy v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Formation of yield and quality of winter rapeseed seeds depending on hybrids and sowing methods in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Ukrayins'kyi zhurnal pryrodnychkh nauk – Ukrainian Journal of Natural Sciences*, iss. 9, pp. 169–178. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.17> [in Ukrainian].
2. Vasaliy, N.V. (2010). Ahrometeorologichni umovy rostu ta rozvytku ozymoho ripaku v osinni period vehetatsiyi [Agrometeorological conditions for the growth and development of winter rape during the autumn vegetation period]. *Visnyk odes'koho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu – Bulletin of the Odessa State Ecological University*, iss. 10, pp. 150–156. [in Ukrainian].
3. Vozhegova, R.A., Belov, Ya.V. (2019). Dynamika nakopychennya nadzemnoyi biomasy hibrudamy kukurudzy zalezno vid hustoty stoyannya roslyn ta udobrennya za vyroshchuvannya v umovakh zroshennya [Dynamics of aboveground biomass accumulation by corn hybrids depending on plant density and fertilization during cultivation under irrigated conditions]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, iss. 109(1), pp. 3–9. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.1> [in Ukrainian].
4. Domaratsky, E.O. (2018). Pozakorenevi azotni pidzhyvlennya ta ristrehulyuyuchi preparaty yak faktory formuvannya fotosyntetichnoho potentsialu roslyn ripaku ozymoho [Foliar nitrogen fertilization and growth regulators as factors in the formation of the photosynthetic potential of winter rape plants]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, iss. 101, pp. 22–28. [in Ukrainian].
5. Katerynchuk, I.M., Vyshnivskyi, P.S. (2015). Produktyvnist' ripaku yarooho zalezno vid fraktsiynoho skladu nasinnya ta zastosuvannya ristrehulyuyuchoho funhitsydu Piktora [Spring rapeseed productivity depending on the fractional composition of seeds and the use of the growth-regulating fungicide Pictor]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'nogo naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN – Collection of scientific papers of the National Scientific Center Institute of Agriculture NAAS*, iss. 1, pp. 166–171. [in Ukrainian].
6. Korotkova, I., Drobitko, A. (2024). Vplyv sposobu sivy y udobrennya na vkhodzhennya v zymu ripaku ozymoho v umovakh Lisostepu Ukrayiny [The influence of sowing method and fertilization on the onset of winter rapeseed in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyy prohres ta innovatsiyi – Scientific Progress & Innovations*, iss. 27(1), pp. 47–52. doi: 10.31210/spi2024.27.01.08 [in Ukrainian].
7. Lavrynenko, Yu.A., Neteba, A.A., Polskoy, V.Ya. (2010). Stan, napryamy ta perspek tyvy rozvytku selektsiyi kukurudzy v zroshuvanykh umovakh pivdnya Ukrayiny [State, directions and prospects for the development of corn breeding in irrigated conditions of southern Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, iss. 54, pp. 15–27. [in Ukrainian].
8. Field experiment methodology (Irrigated agriculture) (2014) Metodyka pol'ovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) / za red. Ushkarenka V.O. – edited by Ushkarenko V.O. Kherson: Grin D.S., 2014. 448 p. [in Ukrainian].
9. Tsytsyura, Y.G. (2024). Otsinka zakonmironostey formuvannya biomasy red'ky oliynoyi z pozytsiyi yi syderal'nogo riznostrokovoho vykorystanny [Assessment of the regularities of the formation of oilseed radish biomass from the position of its sideral multi-term use]. *Podil's'kyi visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podolsk Bulletin: Agriculture, Technology, Economics*, iss. 44, pp. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.9> [in Ukrainian].
10. Shcherbakov, V.Ya., Domaratsky, E.O. (2018). Osoblyvosti fotosyntetichnoyi diyal'nosti roslyn ozymoho ripaku zalezno vid azotnykh pidzhyvlen' ta ristrehulyuyuchykh preparativ [Peculiarities of photosynthetic activity of winter rape plants depending on nitrogen fertilization and growth regulators]. *Ahrarnyy visnyk Prychornomor'ya – Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*, iss. 87, pp. 148–154. [in Ukrainian].

Отримано: 24.09.2025

Рекомендовано: 07.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 635.15:631.5

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.23>

Цицюра Я. Г.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна**E-mail: yaroslavtsyura@ukr.net**ORCID: 0000-0002-9167-833X*

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИДЕРАЦІЇ БІОФУМІГАЦІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

Анотація

Розглянуто та проаналізовано актуальність та агротехнологічну доцільність біофумігації у складі єдиного комплексу сидерального удобрення сільськогосподарських культур. Сформульовано переваги технологій біофумігації з позиції позитивного впливу на комплекс властивостей ґрунту, оптимізації еколого-функціональних груп мікроорганізмів, формування засад біологічного контролю сегетальної рослинності агроценозів польових культур та результуючий вплив на реалізацію їх урожайного потенціалу. Виокремлено переваги біофумігації у складі систем сидерального удобрення для хрестоцвітних видів рослин сидератів як найбільш поширених у світовій практиці біофумігаційних технологій.

За період досліджень 2023–2025 рр. у виробничому середовищі оцінено ефективність застосування редьки олійної у варіантах технології сидерації із супутнім біофумігаційним ефектом за вирощування сої у додаток до базової системи удобрення прийнятої у господарстві.

Оцінено сидераційний та біофумігаційний потенціал редьки олійної з огляду на гідротермічні умови періоду сидерального вирощування та зроблено висновок щодо ефективності редьки олійної як сидерату для умов нестійкого зволоження на чорноземах опідзолених.

Застосовано широке коло рекомендованих та апробованих методик з оцінки рівнів виходу листостеблової та кореневої маси рослин, а також для оцінки наявного у редьки олійної антисегетального та біофумігаційного потенціалу.

На підставі оцінки експериментальних даних сформовано досяжні рівні зниження забур'яненості агроценозів сої у розрізі видових груп бур'янів за кількісними та ваговими параметрами, оцінено динаміку зміни структури мікробіологічного комплексу ґрунту з огляду на систематизовану корисну та некорисну, а також інертну мікробіоту, оцінено реалізацію урожайного потенціалу сої у співставленні застосованих варіантів дослідів.

За рахунок узагальнення результатів доведено доцільність застосування сидерації біофумігаційного спрямування з використанням редьки олійної за вирощування сої для поєднання позитивної дії, збільшення урожайності з позитивними чинниками ґрунтозбереження й оптимізації мікробіологічного потенціалу ґрунту та зниження рівня його сегетальної деградації.

Ключові слова: біофумігаційний та сидераційний потенціал, структура мікробіоти ґрунту, рівень забур'яненості, урожайність.

Вступ. Біофумігація є інноваційним напрямом у системах органічного землеробства та важливим супутнім складником сидеральних систем удобрення. Він базується на доведених базових принципах алелопатичної [20, с. 69–70], антипатогенної та ентомологічно регулюючої дії біохімічних похідних [16, с. 172–174; 34, с. 39–40], отриманих у результаті розкладу у ґрунтового профілі рослинної біомаси різновидового походження. Сам термін виник зовсім недавно і був уведений у загальне користування із середини минулого десятиліття [5, с. 2; 6, с. 2–3]. Сьогодні біофумігація розглядається як базова основа всіх агротехнологій біоорганічного спрямування, спрямованих на зниження ґрунтової деградації [25, с. 25–27], забезпечення збереження потенціалу родючості ґрунтів [35, с. 507–509], запобігання процесам ґрунтового та фітотоксичності ґрунтового покриву [19, с. 315–316; 38, с. 1017–1019], зниження рівнів сегетальної деградації агроценозів наступних культур [17, с. 234–235; 22, с. 7–10], якісне посилення фіторе-медіаційних технологій [26, с. 191–192; 28, с. 2–3] та як вагома альтернатива класичним системам мінерального удобрення на ґрунтах із низьким потенціалом ґрунтової родючості [4, с. 3; 7, с. 2–3; 9, с. 5; 10, с. 7–10; 15, с. 2256–2257]. Технологія біофумігації позитивно узгоджується з положеннями та принципами європейського «зеленого курсу» у напрямі реалізації сучасних агротехнологій, забезпечення органічності вирощеної продукції, зниження її собівартості за одночасного підвищення ринкової привабливості, формування засад до зниження дегуміфікації та декальцинації ґрунтів, гарантування високих рівнів мікробіологічного потенціалу ґрунтового профілю, істотного зниження його різновидової фітотоксичності тощо [9, с. 2–4; 11, с. 287–288; 21, с. 375–377].

Разом із тим підходи до реалізації біофумігації базуються на двох основних технологічних рішеннях: внесення спеціальних компонентів та речовин, які володіють вираженим біофумігаційним ефектом і є в цілому безпечними для ґрунтового біокомплексу [12, с. 2–7; 17, с. 234–235; 18, с. 71–73; 21, с. 380; 28, с. 2–3], та забезпечення реалізації

биофумігационних процесів у ґрунтовому профілі за рахунок прямої сидерації у різних її технологічних варіантах [14, с. 300; 30, с. 2–3; 31, с. 7–10; 32, с. 265–267; 36, с. 389]. При цьому пряма сидерація розглядається як більш доцільне та бажане агротехнологічне рішення для забезпечення процесів біофумігації [31, с. 5–7].

Сидерація – відомий та широко апробований спосіб природного варіанту біоциклічного способу колообігу біогенних елементів у системі «ґрунт – довкілля», що базується на функціонуванні ґрунтового середовища як складної системи, для якої найбільш властивими є реутилізація та іммобілізація свіжої органічної маси і похідних різновидових рослинних відходів, що гарантує ґрунтозбереження за рахунок нормалізації фітоценологічних взаємозв'язків у агроценозі, зниження рівня екологічного та агрохімічного тиску на тлі одночасного ефективного поповнення ґрунтового профілю органікою та цілою низкою біогенних елементів та фітоактивних сполук. Це додатково дає змогу істотно знизити потреби в дороговартісних мінеральних добривах та компенсувати потребу у дефіцитній сьогодні органіці тваринного походження – гноєві [3, с. 5–7].

Відзначається, що біофумігационний потенціал культур, які застосовуються як сидерати, є різним як за потенціалом реалізації, так і за ефективністю. Це вимагає пошуку відповідних видів сидератів чи їхніх сумішей для забезпечення як ефективного процесу сидерації, так і гарантування агрономічно доцільного рівня супутнього біофумігационного ефекту [11, с. 288–290].

У цьому плані слід відзначити, що хрестоцвіті види сидератів віднесено до високоефективних сидеральних культур, які володіють високою адаптивністю, вираженою толерантністю до зміни строків сівби, високими темпами наростання надземної та кореневої біомаси якісного біохімічного складу та за рахунок умісту глюкозинолатів у ній – володіють вираженими потенційними біофумігационними властивостями, які опосередковано досить широко використовуються у практиці загального оздоровлення ґрунту [12, с. 5–7; 15, с. 2256–2257; 18, с. 71–73].

Мета роботи – дослідження та оцінка ефективності сидерального застосування з біофумігационним ефектом редьки олійної (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) у технології вирощування сої у виробничих умовах конкретного сільськогосподарського підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. в умовах СТОВ «Дружба» (с. Ульянівка Вінницького району Вінницької області) на чорноземах опідзолених. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок мав такі агрохімічні показники: уміст гумусу – 3,09%, легкогідролізованого азоту – 97,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 136,5 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 104,9 мг/кг ґрунту, pH_{KCl} – 6,1.

Використовувалася система літнього вирощування редьки олійної на неудобреному фоні з нормою висіву 2,5 млн схожих насінин/га звичайним рядковим способом. Редьку олійну вирощували до фази цвітіння (BBCH 64–67), коли вміст глюкозинолатів у рослині досягав свого максимуму. Вирощену масу підкошували з одночасним подрібненням на відрізки довжиною 3–4 см (використання мульчера типу Mateng EF 155) із заробкою її у ґрунт інтенсивним ротаційним дисковим переміщенням із ґрунтом на глибину 14–16 см та подальшим біоконсервуванням на 5–7 діб шляхом вкриття поверхні ґрунту після загортання сидерату білим агроволокном (звичайного типу геотекстиль зі щільністю 30–50 г/м²). Агроволокно застосовувалося для збереження біофумігационного ефекту за розкладення глюкозинолатів у листостебловій масі редьки олійної та оптимізації початкових процесів розкладу маси у ґрунті. Контрольним був варіант без застосування сидерації. Було використано сорт редьки олійної Журавка комбінованого кормово-сидерального типу.

Указаний варіант сидерального використання редьки олійної було застосовано за вирощування середньораннього сорту сої Бетіната. За результатами зонального сортовипробування сорт має високу стійкість до вилягання (8–9 балів) та комплексу хвороб (7–9 балів). Рівень урожайності сорту досягав 2,5–3,0 т/га.

Технологія вирощування сої у господарстві та застосована система її удобрення на варіантах досліді детально описані у попередній публікації [23, с. 39–40], оскільки господарство є базою для проведення прикладних досліджень відповідно до договірних зобов'язань із Вінницьким НАУ. Вона була загалом традиційною щодо строків та норми висіву та відрізнялася застосуванням комплексу фонових мінеральних живлення і мікродобрив. Зокрема, на обох варіантах (без сидерації та за її застосування) було використано таку технологічну схему догляду та удобрення: фонове удобрення N₂₀P₂₀S₉ + протруєння насіння (Максим XL, 2 л/т) + інокуляція (ХайКот Супер (BASF), 2,5 л/т) + позакореневі підживлення (мікродобриво Wonder Leaf Mikro (фенологічна фаза «гілкування», 2 л/га) + Wonder Leaf Yellow (фенологічна фаза «бутонізація – цвітіння», 2 кг/га) + мікродобриво Wonder Leaf Mono Bor (фенологічна фаза «бутонізація – цвітіння», 2 л/га).

Дослідні ділянки було сформовано у чотириразовій повторності методом дрібноділянкової рендомізації (загальна площа ділянки – 40 м², облікова площа ділянки – 25 м²).

Облік надземної маси рослин проводився на стадії цвітіння методом облікових ділянок (1 м²) (4 у кожному повторенні шляхом послідовного зважування на лабораторних вагах (WALCOM LB3002 (± 0,01 г)) [2, с. 41].

Показник сформованої кореневої біомаси визначався на підставі застосування стандартних підходів методу мікромонологів, який детально описано у [33, с. 421–422].

Переведення сформованої загальної сидеральної маси рослин редьки олійної у класичний напівперепрілий гній ВРХ було проведено на підставі тривалої супутньої біохімічної оцінки редьки олійної за різнострокового сидерального використання [32, с. 1030–1035] та базових рекомендацій такої калькуляції [8, с. 3–7].

Уміст сухої речовини у надземній та кореневій масі рослин визначали шляхом висушування до постійної маси за 105°C та озолення – за 550°C.

Для оцінки рівня забур'яненості у агроценозі сортів сої було застосовано методику обліку бур'янів за кількісними та ваговими параметрами Європейської асоціації гербологів (EWRS) у 2012 р. та прийняту до застосування в Україні у 2013 р. [27, с. 10–27] з обліком у 5 облікових квадратах у 4-х повтореннях досліді площею кожен по 1 м².

Біофумігаційний потенціал сидеральної маси редьки олійної було оцінено за вмістом глюкозинолатів у надземній та кореневій біомасі рослин відповідно до критерійної оцінки процесу біофумігації [9, с. 5–10]. Сам уміст глюкозинолатів визначався відповідно до ISO 9167:2019 [12, с. 5–17].

Мікробіологічний аналіз ґрунту, відповідно до стандартних протоколів лабораторних випробувань, було проведено на базі сертифікованого та акредитованого центру лабораторних досліджень і розробок «МікроБіо Лаба» (м. Теплодар Одеської області). При цьому відбір проб ґрунту на мікробіологічний аналіз було здійснено з шару ґрунту 0–30 см відповідно до ДСТУ ISO 10381–6–2001 [1, с. 2–4].

Облік урожайності сортів сої було проведено відповідно до рекомендованої методики за вивчення біологічних та генетичних ресурсів зернобобових культур [2, с. 40–41].

Гідротермічні умови періоду досліджень підтвердили належність території досліджень до режиму нестійкого зволоження (табл. 1). Показники періоду досліджень було оцінено з огляду на забезпечення режиму формування сидеральної біомаси та подальшої її іммобілізації у ґрунтовому профілі як період із відносно нестійким зволоженням за оптимуму показника для умов сидерації 2022/2023 р. та з мінімальним режимом оптимальності для умов 2023/2024 р.

Із позицій ростових фізіологічних процесів рослин сої роки оцінки було оцінено в такому порядку зростання: 2024–2025–2023. Зокрема, для умов 2024 р. було відзначено екстремально посушливий період липня–серпня, що вплинуло на формування плодоеlementів рослин сої, а для умов 2025 р. вегетації – аномально прохолодний весняний період, що вплинув на строки сівби сої та подальші темпи росту і розвитку рослин та прискорені процеси диференціації елементів їхньої продуктивності. У цілому погодні умови були відносно сприятливими для реалізації урожайного потенціалу сої на рівні вище середнього регіонального.

Таблиця 1. Показники гідротермічного режиму періоду вегетації сидератів та рослин сої, 2022–2025 рр.

Роки та періоди оцінки VII–XII/I–IX	За період				
	показник середньодобової температури повітря за період, °C	загальна сума активних температур, °C	сума опадів, мм	відносна вологість повітря, %	загальний індекс зволоження, мм/°C
2022/2023	8,23	2508,7	769,7	76,2	0,31
2023/2024	9,79	3011,4	702,5	74,5	0,23
2024/2025	8,54	2689,9	988,9	75,3	0,37

Статистична обробка результатів досліджень передбачала застосування показників варіаційної статистики у статистичних програмах Statistica 10 (StatSoft – Dell Software Company, США). Для статистичної оцінки було використано такі показники, як середнє арифметичне, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації. Для визначення статистичної істотності відмінностей між варіантами було застосовано метод дисперсійного аналізу відповідно до стандартної схеми [29, с. 107–123].

Результати обліку сформованої біомаси рослинами редьки олійної за всі періоди обліків засвідчили як високі адаптивні, так і високі продуктивні властивості рослин редьки олійної у варіанті її проміжного (літнього) сидерального вирощування (рис. 1).

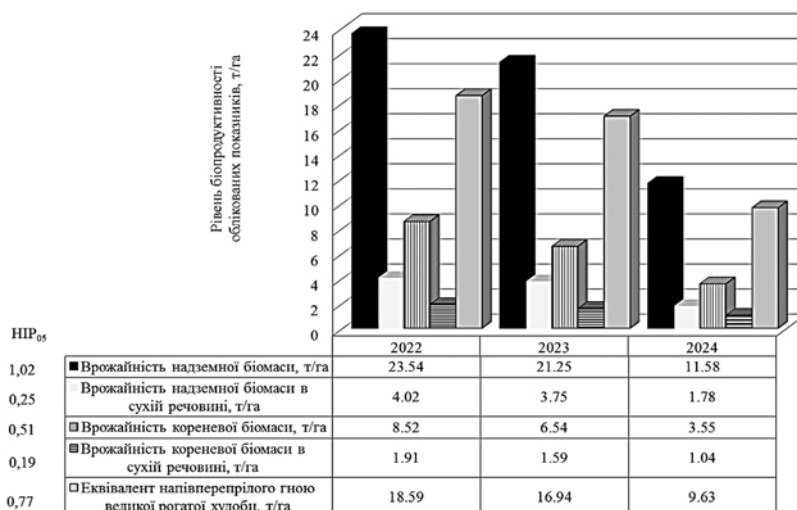


Рис. 1. Сидеральна біопроductивність редьки олійної за період її літнього (проміжного) вирощування як сидерального попередника під сою, 2022–2024 рр., т/га

У середньому за трирічний період оцінки загальна сформована біомаса сидерату з редьки олійної була на рівні 24,99 т/га у сирій біомасі та 4,70 т/га у сухій речовині, що в еквівалентному виразі гною ВРХ відповідало удобрювальному еквіваленту 15,05 т/га. Разом із тим визначене міжрічне варіювання показників сидеральної біопродуктивності у значенні коефіцієнта варіації (C_v) на рівні 33,78% для показника врожайності надземної листостеблової маси та 40,33% для показника кореневої біомаси вказує на чутливість редьки олійної до гідротермічних умов періоду сидерального вирощування, що у цілому є характерним для хрестоцвітої групи сидератів [3, с. 150–153]. Проте слід зауважити, що, з огляду на оцінку продуктивності різних видів рослин-сидератів [10, с. 7–9], редька олійна демонструє відносну сталість продуктивності, маючи у середньому на 7,5–12,5% менший варіативний складник за показником формування біомаси, ніж це характерно для традиційних бобових та складноцвітих видів сидератів. А за виходом сухої маси на рівні вище 4 т/га може бути віднесена до високопродуктивних нішевих сидеральних культур. Така оцінка підтверджена й у низці інших досліджень [11, с. 288–290; 13, с. 8–11; 24, с. 383–384], де редьці олійній відводиться важлива роль у системі біоорганічного удобрення біофумігаційного характеру на ґрунтах із невисоким потенціалом ґрунтової родючості в умовах нестійкого зволоження.

Визначено, що ефективний біофумігаційний потенціал сидеральної маси визначається величиною виходу глюкозинолатів з одиниці площі за еквівалентного їх виходу з одиниці сухої речовини сидерату [10, с. 14–18; 15, с. 2257–2259; 17, с. 234–235]. При цьому вважається, що доцільно-достатній рівень виходу глюкозинолатів із рослини у цілому, яка використовується у формі зеленого добрива, становить бажаний рівень вище 50 моль/га [18, с. 72–73; 19, 316–318].

Проведена багаторічна оцінка глюкозинолатного портфолію сформованої надземної та кореневої біомаси редьки олійної підтвердила технологічну належність редьки олійної до ефективних компонентів сидераційних технологій біофумігаційного характеру (табл. 2). Такий висновок узгоджується з рівнем сукупного виходу глюкозинолатів, який у середньому за період досліджень становив 86,71 моль/га. Якщо порівнювати даний показник із подібним у інших традиційних хрестоцвітих видів сидератів, посиляючись на низку подібних оцінок, слід зауважити, що інтервал даного показника для зони помірно континентального клімату з ґрунтами середнього рівня родючості у гірчиці білої коливається в межах від 39 до 110 моль/га [4, с. 3–4; 7, с. 5–7; 11, с. 288–290], для ріпаку ярого – 35–90 моль/га [11, с. 288–290] та у ріпаку озимого – 50–130 моль/га [14, с. 301; 15, с. 2257; 19, с. 317–318]. З огляду на це, для Лісостепової зони України редька олійна є ефективним кандидатом для запровадження біофумігаційних технологічних рішень у рамках застосування біоорганічного удобрення за рахунок її сидеральної маси.

Таблиця 2. Біофумігаційний потенціал сидеральної маси редьки олійної за варіанту проміжного сидерального її вирощування, 2022–2024 рр.

Біомаса рослин	Уміст глюкозинолатів, мкмоль/г сухої речовини			Біофумігаційний потенціал за виходом глюкозинолатів, моль/га		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Листостеблова	17,25 ^a	18,11 ^a	19,27 ^b	69,35 ^a	67,91 ^a	34,30 ^b
Коренева	19,54 ^a	18,29 ^b	21,31 ^c	37,32 ^a	29,08 ^b	22,16 ^c
Сукупний	–	–	–	106,67 ^a	96,99 ^b	56,46 ^c

Різні малі літери в таблиці вказують на значущі відмінності між значеннями показника у міжрічному співставленні для $p < 0,05$.

Підтвердженням біофумігаційного потенціалу загальної сидеральної маси редьки олійної (корені + листостеблова маса) є результати оцінки впливу сидерації на забур'яненість агроценозу сої, яка вирощувалась у єдиній технологічній схемі із застосуванням редьки олійної як сидерату та зміни мікробіологічної структури ґрунту з позиції контролю зниження її видів патогенного характеру.

Щодо оцінки антисегетальної направленості сидерації (табл. 3), то її результати доводять ефективність такого заходу як варіант біологічного контролю рівня забур'яненості за формування агроценозів сої. У всі роки обліку встановлено редукуючий ефект рясності бур'янів усіх видових груп як за кількістю, так і за вагою. Динаміку такої редукції представлено на рис. 2.

У середньому за трирічний цикл обліків ранжований ряд зростання знижуючого ефекту на видові групи бур'янів в агроценозі сої слід розмістити у такому порядку: багаторічні (зниження до контролю без сидерації 22,10%) – ярі ранні (26,02%) – зимуючі (28,68%) – ярі пізні (31,98%). Аналогічний ряд представлено у середньо-багаторічному вимірі і для вагової характеристики бур'янів.

Таблиця 3. Кількість та маса бур'янів у межах їхніх біологічних груп в агроценозі сої на фенологічну фазу початку бутонізації (ВВСН 51–53) залежно від варіанту дослід, 2023–2025 рр.

Варіант сидерації	Кількість бур'янів, шт./м²					Маса бур'янів, г/м²				
	біологічні групи бур'янів				всього	біологічні групи бур'янів				всього
	ярі ранні	ярі пізні	зимуючі	багаторічні		ярі ранні	ярі пізні	зимуючі	багаторічні	
2023										
Без сидерату (контроль)	8,4	9,3	2,6	1,8	22,1	68,5	52,8	21,3	11,5	154,1
Проміжна сидерація з редькою олійною	6,5	6,6	2,0	1,5	16,6	49,0	39,3	16,7	7,9	112,9
2024										
Без сидерату (контроль)	7,9	10,7	1,8	1,5	21,9	71,5	63,2	18,7	20,4	173,8
Проміжна сидерація з редькою олійною	5,8	6,5	1,2	1,2	14,7	44,9	48,9	12,3	14,5	120,6
2025										
Без сидерату (контроль)	14,2	12,3	2,7	2,7	31,9	77,8	82,9	27,9	16,8	205,4
Проміжна сидерація з редькою олійною	10,1	8,9	1,9	1,9	22,8	56,5	60,9	19,8	13,4	150,6
НІР ₀₅	1,2	0,7	0,9	0,4	0,7	11,4	10,2	9,1	2,7	28,4

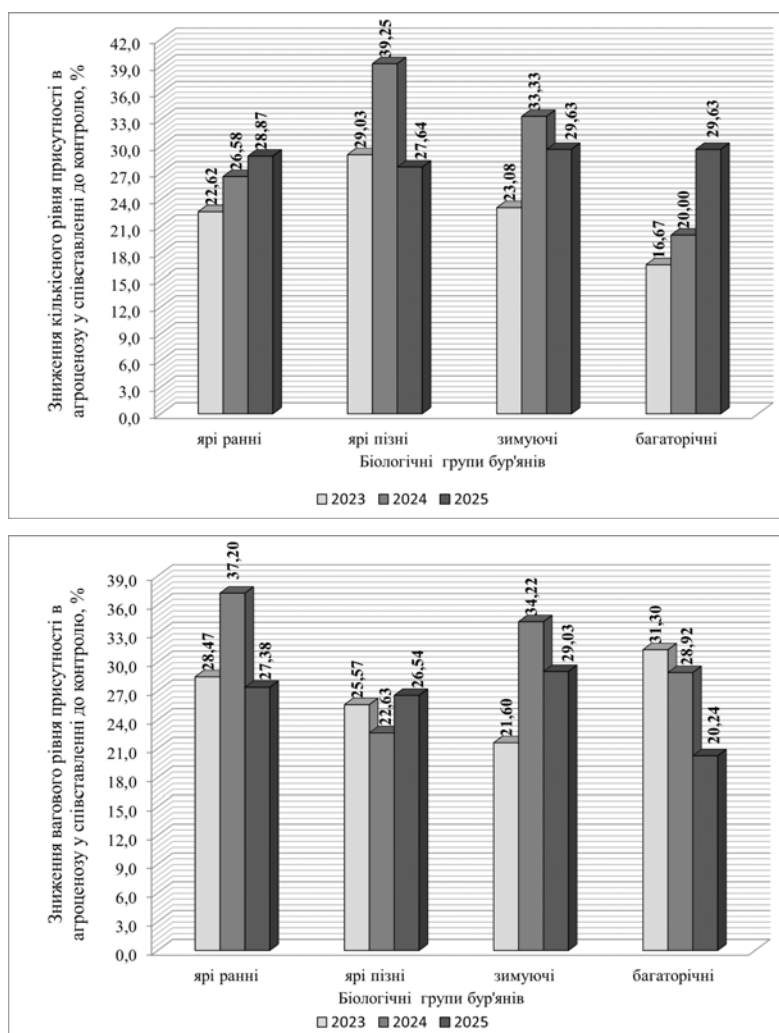


Рис. 2. Зниження забур'яненості агроценозу сої за кількісною (верхня позиція) та ваговою (нижня позиція) присутністю у співставленні варіантів біофумігаційної сидерації та контрольного без неї (2023–2025), %

Установлені особливості позитивно узгоджуються з низкою висновків подібних наукових досліджень щодо ролі сидерації в обмеженні чисельності бур'янів. Зокрема, встановлено [22, с. 27–29], що хрестоцвіті види сидератів найбільш ефективно сприяють зниженню саме групи ярих бур'янів як ранньої, так і пізньої групи. Це

пояснюється специфічністю їхнього алелопатичного потенціалу, підсиленого біофумігаційною дією щодо видів близького календарного циклу розвитку.

Указується також [31, с. 11], що показник зниження має певні видові особливості, зокрема гірчиця біла має переваги у цьому плані перед ріпаком ярим та озимим, забезпечуючи зниження рівня забур'яненості до 25–35% залежно від культури, яка слідує у сівозміні, та гідротермічних умов зони оцінки. Виходячи із цих тверджень, редька олійна не поступається за ефективністю гірчиці білій, яка має більш широке застосування в українській практиці сидерації, зокрема у випадку соєвих агроценозів сприяє зниженню рівня забур'яненості у середньому за цикл досліджень на 28,76% за загальною чисельністю бур'янів та на 28,01% за ваговим чинником їх присутності. У цілому за рахунок біофумігаційного потенціалу (згідно з [14, с. 300; 22, с. 35]) хрестоцвіті види сидератів у плані протибур'янової ефективності в 1,2–1,3 рази ефективніші.

Установлена позитивна дія біофумігаційного ефекту від застосування сидеральної маси редьки олійної і на зміну структури мікробіоти ґрунту, що підтверджено усередненим варіантом структури еколого-функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів (табл. 4).

За результатами оцінки мікробіологічної структури ґрунту визначено, що за рахунок біофумігаційної сидерації досягнуто істотне поліпшення співвідношення між корисною та інертною мікрофлорою ґрунту. Так, кількість оліготрофів зменшилася у середньому на 11,11%, а кількість мікроорганізмів групи сапрофітних грибів – на 16,34% (середня для групи видів).

Разом із тим відзначено істотне зростання азотфіксувальної мікробіоти на 15,6%, фосформобілізуючих бактерій – на 17,1%, амоніфікаторів – на 7,6%, нітрифікаторів – на 10,23%. При цьому слід відзначити загальне зростання і групи мікроорганізмів, які визначають інтенсивність розкладу рослинних решток у ґрунті (целюлозолітичні процеси), у середньому на 16,50%.

Таблиця 4. Структура мікробіоти ґрунту залежно від варіантів вирощування сої (середнє за 2023–2025 рр. (НД на метод випробувань М.Ц.ЛДР 7.2-02-13))

Еколого-функціональні групи мікроорганізмів (КУО/г, з перерахунком на сухий ґрунт)	Контрольний варіант (без біофумігаційної сидерації)	Варіант із застосуванням біофумігаційної сидерації
Олігонітрофільні та азотфіксувальні бактерії	2,75x10 ⁷	3,18x10 ⁷
Фосфатмобілізувальні бактерії	3,80x10 ⁶	4,45x10 ⁶
Стрептоміцети	5,50x10 ⁶	4,90x10 ⁶
Педотрофи	4,84x10 ⁷	5,90x10 ⁷
Амоніфікатори	2,49x10 ⁷	2,98x10 ⁷
Амілолітичні бактерії	6,16x10 ⁷	6,31 x10 ⁷
Оліготрофи	1,80x10 ⁷	1,62x10 ⁷
Мікроміцети	3,00x10 ⁵	2,51x10 ⁵
Целюлозолітичні бактерії	1,27x10 ⁴	1,40x10 ⁴
Целюлозолітичні мікроміцети	3,58x10 ⁴	4,25x10 ⁴
Нітрифікатори	8,80x10 ⁵	9,70x10 ⁵

З огляду на низку досліджень та висновків [26, с. 193–195; 35, с. 508–509; 37, с. 17–18], установлено загальне оздоровлення ґрунту та оптимізацію його мікробіологічної структури, що сприяє загальному підвищенню продуктивності ґрунту, а отже, і прогнозованому підвищенню рівня урожайності культур, під які здійснюватиметься процес біофумігаційної сидерації. Такі результати було підтверджено оцінками рівня урожайності сої на застосованих дослідних варіантах у 2023 та 2024 рр. (табл. 5). Для умов 2025 р. врожайність на момент написання статті ще не обліковувалася, і соя перебувала на феностадії молочної стиглості зерна у нижньому та середньому ярусах бобів.

Таблиця 5. Урожайність сої сорту Бетіната залежно від застосованих варіантів дослідів, 2023–2024 рр., т/га

Рік	Контрольний варіант (без біофумігаційної сидерації)	Варіант із застосуванням біофумігаційної сидерації	Приріст	
			т/га	%
2023	2,77	3,19	0,42	15,16
2024	2,54	2,85	0,31	12,20
НІР ₀₅	0,09	0,12	–	–

За результатами обліку врожайності сої варіант застосування біофумігаційної сидерації забезпечив середній приріст урожаю – 0,365 т/га (13,68% до контрольного варіанту).

Висновки. Таким чином, застосована система використання редьки олійної за проміжного літнього її вирощування, яка поєднує ефективні боки сидерації та біофумігації з досяжним середнім біофумігаційним потенціалом на рівні 86,71 моль/га у глюкозинолатному еквіваленті під час вирощування сої, дає змогу істотно знизити рівень забур'яненості її агроценозу в інтегральному виразі (кількість x вага) на 28,38%, оптимізувати мікробіологічну структуру ґрунту за загального зростання іммобілізуючих елементів живлення мікроорганізмів – на 15,8% за одночасного зниження сапрофітної мікрофлори на 20,37%. У підсумку позитивні багаточинні впливи на ґрунт та ценоз сої відобразилися у прирістній динаміці врожайності зерна сої у середньому на 13,7% у співставленні до контрольного варіанту без сидерації.

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO 10381–6–2001 Якість ґрунту. Відбір проб. Ч.6. Настанови щодо відбору, оброблення та зберігання ґрунту для дослідження аеробних мікробіологічних процесів у лабораторії (ISO 10381–6:1993, ІДТ). Київ : Держстандарт України. 2002. 6 с.
2. Методичні рекомендації з вивчення генетичних ресурсів зернобобових культур / Л.Н. Кобизєва та ін. Харків, 2016. 84 с.
3. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базовий складник біологізації сучасних систем землеробства. Вінниця : Друк, 2022. 770 с.
4. Abdallah I., Yehia R., Kandil M.Ah. Biofumigation potential of Indian mustard (*Brassica juncea*) to manage *Rhizoctonia solani*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 2020. Vol. 30. 99. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00297-y>
5. Ahmed A.K.N., Galaup B., Desplanques J., Dechamp-Guillaume G., Seassau C. Ecosystem Services Provided by Cover Crops and Biofumigation in Sunflower Cultivation. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. 120. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010120>
6. Arroyo J.M., Soler J., Linares R., Palmero D. Strategies for Selecting Potentially Effective Biofumigant Species for Optimal Biofumigation Outcomes. *Agriculture*. 2025. Vol. 15. 147. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020147>
7. Batistič L., Bohinc T., Trdan S. Biofumigation with *Brassica* Species and Their Derivatives: A Comprehensive Review of an Innovative Pest Control Strategy Targeting Wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Agronomy*. 2025. Vol. 15. №4. 967. <https://doi.org/10.3390/agronomy15040967>
8. Brown C. Available Nutrients and Value for Manure from Various Livestock Types. Factsheet № 21077. AGDEX 538. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Queen's Printer for Ontario. 2021, 10 p.
9. Bremmer J., Gonzalez-Martinez A., Jongeneel R., Huiting H., Stokkers R., Ruijs M. Impact Assessment of EC 2030 Green Deal Targets for Sustainable Crop Production. Wageningen Economic Research, 2021. 69 p.
10. Duff J., van Sprang C., O'Halloran J., Hall Z. Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068 Optimising cover cropping for the Australian vegetable industry. State of Queensland. Department of Agriculture and Fisheries. 2020. 40 p.
11. Edwards S., Ploeg A. Evaluation of 31 potential biofumigant brassicaceous plants as hosts for three meloiidogyne species. *Journal of Nematology*. 2014. Vol. 46. № 3. P. 287–295.
12. ISO 9167:2019. Rapeseed and rapeseed meals. Determination of glucosinolates content. Method using high-performance liquid chromatography. Technical Committee: ISO/TC 34/SC 2 ICS: 67.200.20. 2019. 28 p.
13. Galaup B. Assessment of the potential of biotic regulation by Brassica cover-crops used as biofumigants. Case of *Verticillium dahliae* affecting Sunflower crop in southwestern France. Mster Thesis. Norwegian University of Life Science. 2018. 42 pp.
14. Gimsing A.L., Kirkegaard J.A. Glucosinolates and biofumigation: Fate of glucosinolates and their hydrolysis products in soil. *Phytochemistry Reviews*. 2009. Vol. 8. P. 299–310. <https://doi.org/10.1007/s11101-008-9105-5>
15. Gimsing A.L., Kirkegaard J.A. Glucosinolate and isothiocyanate concentration in soil following incorporation of Brassica biofumigants. *Soil Biology and Biochemistry*. 2006. Vol. 38. P. 2255–2264. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.01.024>
16. Kirkegaard J. Biofumigation for plant disease control—From the fundamentals to the farming system. In *Disease Control in Crops: Biological and Environmentally Friendly Approaches*; Wiley: Hoboken, NJ, USA. 2009. P. 172–195. <https://doi.org/10.1002/9781444312157.ch9>
17. Kirkegaard J., Matthiessen J. Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria*. 2004. Vol. 3. P. 233–239.
18. Kirkegaard J.A., Sarwar M. Biofumigation potential of brassicas: I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant and Soil*. 1998. Vol. 201. № 1. P. 71–89. <https://doi.org/10.1023/A:1004333230899>
19. Kirkegaard J.A., Sarwar M. Glucosinolate profiles of Australian canola (*Brassica napus annua* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars: implications for biofumigation. *Australian Journal of Agricultural Science*. 1999. Vol. 50. P. 315–324. <https://doi.org/10.1071/A98124>
20. Lazzeri L., Leoni O., Manici L.M. Biocidal plant dried pellets for biofumigation. *Industrial Crops and Products*. 2004. Vol. 20. P. 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.12.018>
21. Lazzeri L., Malaguti L., Cinti S., Ugolini L., De Nicola G.R., Bagatta M., Patalano G. The Brassicaceae biofumigation system for plant cultivation and defense: An Italian twenty-year experience of study and application. *Acta Horticulturae*. 2013. Vol. 1005. P. 375–382. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1005.44>
22. Lefebvre M. Impact of *Brassica juncea* L. biofumigation on annual weed ecology and population dynamic in organic soil. PhD Thesis. McGill University. Department of Plant Science. 2018. 182 p.
23. Mazur O.V., Zayka K.R., Yakovets V.I., Dovgopoliy V.S. Length of growing season and height of soybean plants depending on pre-sowing treatment of seeds and fertilizer. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 4 (35). P. 38–48. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-4>
24. Morris E.K., Fletcher R., Veresoglou S.D. Effective methods of biofumigation: A meta-analysis. *Plant Soil*. 2020. Vol. 446. P. 379–392. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04352-y>
25. Perniola O.S., Chorzempa S.E., Staltari S., Molina M. del C. Biofumigación con *Brassica juncea*: efecto sobre la flora arvense. *Revista De La Facultad De Agronomía*. 2019. Vol. 118. № 1. P. 25–35. <https://doi.org/10.24215/16699513e003>
26. Potgieter C., De Beer M., Claassens S. The effect of canola (*Brassica napus*) as a biofumigant on soil microbial communities and plant vitality: a pot study. *South African Journal of Plant and Soil*. 2013. Vol. 30. №4. P. 191–201. <https://doi.org/10.1080/02571862.2013.860491>
27. Rana S.S., Kumar S. Practical Manual – Principles and practices of weed management. Department of Agronomy, College of Agriculture, CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, Palampur. 2014, 77.
28. Santos CA dos, Abboud AC de S, Carmo MGF do. Biofumigation with species of the Brassicaceae family: a review. *Cienc Rural*. 2021. Vol. 51. №1. e20200440. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr2020040>
29. Snedecor G.W., Cochran W.G. Statistical Methods, 8th Edition. Wiley-Blackwell, 1991. 524 p.
30. Szczygłowska M., Piekarska A., Konieczka P., Namieśnik J. Use of Brassica plants in the phytoremediation and biofumigation processes. *International Journal of Molecular Sciences*. 2011. Vol. 12. 7760. <https://doi.org/10.3390/ijms12117760>

31. Technical Note TN735 Biofumigation to suppress pests, weeds and diseases. National Advice Hub. 2020. URL: <https://www.fas.scot/downloads/technical-note-tn735-biofumigation-to-suppress-pests-weeds-and-diseases/> (date of application: 08.09.2025).
32. Tsytsiura Y. Evaluation of Ecological Adaptability of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) Biopotential Realization in the System of Criteria for Multi-Service Cover Crop. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. № 7. P. 265–285. <https://doi.org/10.12911/22998993/188603>
33. Tsytsiura, Y. Ecological adaptive tactics of oil radish root formation at different terms of green manure application. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. Vol. 26. № 9. P. 420–439. <https://doi.org/10.12911/22998993/205413>
34. Villalta O., Wite D., Riches D., Guiano J., Chandolu V., Scoble C., Donald C., Porter I., Mattner S. The Concentration of 2-Propenyl Glucosinolate in Biofumigant Crops Influences Their Anti-Fungal Activity (In-Vitro) against Soil-Borne Pathogens. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2016. Vol. 5. P. 38–45. <https://doi.org/10.4236/jacen.2016.51B006>
35. Wang Q., Ma Y., Yang H., Chang Z. Effect of biofumigation and chemical fumigation on soil microbial community structure and control of pepper *Phytophthora* blight. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2014. Vol. 30. P. 507–518. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1462-6>
36. Yim B., Hanschen F.S., Wrede A., Nitt H., Schreiner M., Smalla K. Winkelmann T. Effects of biofumigation using *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. *Plant and Soil* 2016. Vol. 406. № 1/2. P. 389–408. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2876-3>
37. Zachariah H. Potential of three brassica cover crops for biofumigation in the field and the relationship between soil myrosinase and biofumigation efficacy. PhD Thesis. Clemson University. TigerPrints. 1248. 2011. 136 p.
38. Zasada I.A., Ferris H. Nematode suppression with brassicaceous amendments: Application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*. 2004. Vol. 36. P. 1017–1024. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.014>

Tsytsyura Ya. G.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine*

E-mail: yaroslavtsytsyura@ukr.net

ORCID: 0000-0002-9167-833X

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF OIL RADISH GREEN MANURE APPLICATION BASED ON SOIL QUALITY CRITERIA WITHIN THE FRAMEWORK OF ITS AGROPHYSICAL AND HYDROPHYSICAL PARAMETERS

Abstract

The relevance and agrotechnological feasibility of biofumigation as part of an integrated system of green manuring for agricultural crops are considered and analyzed. The advantages of biofumigation technologies are outlined from the standpoint of their positive effects on soil properties, optimization of ecological-functional groups of microorganisms, the establishment of biological control over segetal vegetation in crop agrocenoses, and the resulting impact on crop yield potential. Particular emphasis is given to the advantages of biofumigation within green manuring systems using cruciferous cover crops, which are the most widespread in global biofumigation practices.

During the research period of 2023–2025, conducted under production conditions, the effectiveness of oil radish application in green manure technologies with an accompanying biofumigation effect was evaluated for soybean cultivation in addition to the baseline fertilization system adopted in the farm.

The green manure and biofumigation potential of oil radish was assessed considering the hydrothermal conditions of the green manure growth period, and conclusions were drawn regarding its effectiveness as a cover crop under unstable moisture conditions on podzolic chernozems. A wide range of recommended and approved methods was applied to evaluate the output of leaf-stem and root biomass, as well as the herbicidal and biofumigation potential of oil radish.

Based on the assessment of experimental data, achievable levels of weed suppression in soybean agrocenoses were determined across different weed groups by quantitative and biomass parameters. The dynamics of changes in soil microbiological structure were evaluated, taking into account useful, non-beneficial, and inert microbiota, along with the realization of soybean yield potential under the tested treatments.

The generalization of results demonstrated the feasibility of applying biofumigation-oriented green manuring with oil radish in soybean cultivation, combining yield enhancement with soil-conserving benefits through optimization of soil microbiological potential and reduction of segetal degradation.

Key words: biofumigation and green manure potential, soil microbiota structure, weed infestation level, crop.

References

1. DSTU ISO 10381–6–2001 Yakist igruntu. Vidbir prob. Ch.6. Nastanovy shchodo vidboru, obroblennia ta zberihannia igruntu dlia doslidzhennia aerobnykh mikrobiolohichnykh protsesiv u laboratorii (ISO 10381–6:1993, IDT) [DSTU ISO 10381–6–2001. Soil quality – Sampling – Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of aerobic microbial processes in the laboratory (ISO 10381–6:1993, IDT)]. Kyiv, Derzhstandart Ukrainy. 2002. 6 p. [in Ukrainian].
2. Kobyzieva, L.N., Bezugla, O.M., Sylenko, S.I., Kolotylov, V.V., Sokol, T.V., Dokukina, K.I., Vasylenko, A.O., Bezuglyi, I.M., & Vus, N.O. (2016). Metodichni rekomendatsii z vyvchennia henetychnykh resursiv zernobovykh kultur [Methodical

recommendations on the study of genetic resources of leguminous crops]. NAAN, Instytut roslinnictwa im. V.Ya. Yurieva. Kharkiv, 84 s. [in Ukrainian].

3. Tsytsiura, Ya.H., Neilyk, M.M., Didur, I.M., Polishchuk, M.I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsiia suchasnykh system zemlerobstva. Monohrafiia [Green manure as a basic component of biologization of modern farming systems. Monograph]. Vinnytsia: Vydavets TOV «Druk», 2022. 770 s. [in Ukrainian].

4. Abdallah, I., Yehia, R., Kandil, M.Ah. (2020). Biofumigation potential of Indian mustard (*Brassica juncea*) to manage *Rhizoctonia solani*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. Vol. 30. 99. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00297-y> [in English].

5. Ahmed, A.K.N., Galaup, B., Desplanques, J., Dechamp-Guillaume, G., Seassau, C. (2022) Ecosystem Services Provided by Cover Crops and Biofumigation in Sunflower Cultivation. *Agronomy*. Vol. 12. 120. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010120> [in English].

6. Arroyo, J.M., Soler, J., Linares, R., Palmero, D. (2025). Strategies for Selecting Potentially Effective Biofumigant Species for Optimal Biofumigation Outcomes. *Agriculture*. Vol. 15. 147. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020147> [in English].

7. Batistič, L., Bohinc, T., Trdan, S. (2025). Biofumigation with *Brassica* Species and Their Derivatives: A Comprehensive Review of an Innovative Pest Control Strategy Targeting Wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Agronomy*. Vol. 15. № 4. 967. <https://doi.org/10.3390/agronomy15040967> [in English].

8. Brown, C. (2021). Available Nutrients and Value for Manure from Various Livestock Types. Factsheet № 21077. AGDEX 538. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Queen's Printer for Ontario. 10 p. [in English].

9. Bremmer, J., Gonzalez-Martinez, A., Jongeneel, R., Huiting, H., Stokkers, R., Ruijs, M. (2021). Impact Assessment of EC 2030 Green Deal Targets for Sustainable Crop Production. Wageningen Economic Research, 69 p. [in English].

10. Duff, J., van Sprang, C., O'Halloran, J., Hall, Z. (2020). Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068 Optimising cover cropping for the Australian vegetable industry. State of Queensland. Department of Agriculture and Fisheries. 40 p. [in English].

11. Edwards, S., Ploeg, A. (2014). Evaluation of 31 potential biofumigant brassicaceous plants as hosts for three meloidogyne species. *Journal of Nematology*. Vol. 46. № 3. P. 287–295. [in English].

12. ISO 9167:2019. (2019). Rapeseed and rapeseed meals. Determination of glucosinolates content. Method using high-performance liquid chromatography. Technical Committee: ISO/TC 34/SC 2 ICS: 67.200.20. 28 p. [in English].

13. Galaup, B. (2018). Assessment of the potential of biotic regulation by Brassica cover-crops used as biofumigants. Case of *Verticillium dahliae* affecting Sunflower crop in southwestern France. Mster Thesis. Norwegian University of Life Science. 42 pp. [in English].

14. Gimsing, A.L., Kirkegaard, J.A. (2009). Glucosinolates and biofumigation: Fate of glucosinolates and their hydrolysis products in soil. *Phytochemistry Reviews*. Vol. 8. P. 299–310. <https://doi.org/10.1007/s11101-008-9105-5> [in English].

15. Gimsing, A.L., Kirkegaard, J.A. (2006). Glucosinolate and isothiocyanate concentration in soil following incorporation of Brassica biofumigants. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 38. P. 2255–2264. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.01.024> [in English].

16. Kirkegaard, J. (2009). Biofumigation for plant disease control—From the fundamentals to the farming system. In *Disease Control in Crops: Biological and Environmentally Friendly Approaches*; Wiley: Hoboken, NJ, USA. P. 172–195. <https://doi.org/10.1002/9781444312157.ch9> [in English].

17. Kirkegaard, J., Matthiessen, J. (2004). Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria*. Vol. 3. P. 233–239. [in English].

18. Kirkegaard, J.A., Sarwar, M. (1998). Biofumigation potential of brassicas: I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant and Soil*. Vol. 201. № 1. P. 71–89. <https://doi.org/10.1023/A:1004333230899> [in English].

19. Kirkegaard, J.A., Sarwar, M. (1999). Glucosinolate profiles of Australian canola (*Brassica napus annua* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars: implications for biofumigation. *Australian Journal of Agricultural Science*. Vol. 50. P. 315–324. <https://doi.org/10.1071/A98124> [in English].

20. Lazzeri, L., Leoni, O., Manici, L.M. (2004). Biocidal plant dried pellets for biofumigation. *Industrial Crops and Products*. Vol. 20. P. 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.12.018> [in English].

21. Lazzeri, L., Malaguti, L., Cinti, S., Ugolini, L., De Nicola, G.R., Bagatta, M., Patalano, G. (2013). The Brassicaceae biofumigation system for plant cultivation and defense: An Italian twenty-year experience of study and application. *Acta Horticulturae*. Vol. 1005. P. 375–382. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1005.44> [in English].

22. Lefebvre, M. (2018). Impact of Brassica juncea L. biofumigation on annual weed ecology and population dynamic in organic soil. PhD Thesis. McGill University. Department of Plant Science. 182 p. [in English].

23. Mazur, O.V., Zayka, K.R., Yakovets, V.I., Dovgopoliy, V.S. (2024). Length of growing season and height of soybean plants depending on pre-sowing treatment of seeds and fertilizer. [Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry]. № 4(35). P. 38–48. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-4> [in English].

24. Morris, E.K., Fletcher, R., Veresoglou, S.D. (2020). Effective methods of biofumigation: A meta-analysis. *Plant Soil*. Vol. 446. P. 379–392. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04352-y> [in English].

25. Perniola, O.S., Chorzempa, S.E., Staltari, S., Molina, M. del C. (2019). Biofumigación con Brassica juncea: efecto sobre la flora arvense. *Revista De La Facultad De Agronomía*. Vol. 118. № 1. P. 25–35. <https://doi.org/10.24215/16699513e003> [in English].

26. Potgieter, C., De Beer, M., Claassens, S. (2013). The effect of canola (*Brassica napus*) as a biofumigant on soil microbial communities and plant vitality: a pot study. *South African Journal of Plant and Soil*. Vol. 30. № 4. P. 191–201. <https://doi.org/10.1080/02571862.2013.860491> [in English].

27. Rana, S.S., Kumar, S. (2014). Practical Manual – Principles and practices of weed management. Department of Agronomy, College of Agriculture, CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, Palampur. 77. [in English].

28. Santos, C.A. dos, Abboud, A.C. de S., Carmo, M.G.F. do. (2021). Biofumigation with species of the Brassicaceae family: a review. *Cienc Rural*. Vol. 51. № 1. e20200440. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr2020040> [in English].

29. Snedecor, G.W., Cochran, W.G. (1991). Statistical Methods, 8th Edition. Wiley-Blackwell, 524 p. [in English].

30. Szczygłowska, M., Piekarska, A., Konieczka, P., Namieśnik, J. (2011). Use of Brassica plants in the phytoremediation and biofumigation processes. *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 12. 7760. <https://doi.org/10.3390/ijms12117760> [in English].
31. Technical Note TN735 (2020). Biofumigation to suppress pests, weeds and diseases. National Advice Hub. URL: <https://www.fas.scot/downloads/technical-note-tn735-biofumigation-to-suppress-pests-weeds-and-diseases/> (date of application 08.09.2025). [in English].
32. Tsytsiura, Y. (2024). Evaluation of Ecological Adaptability of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) Biopotential Realization in the System of Criteria for Multi-Service Cover Crop. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 25. № 7. P. 265–285. <https://doi.org/10.12911/22998993/188603> [in English].
33. Tsytsiura, Y. (2025). Ecological adaptive tactics of oil radish root formation at different terms of green manure application. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 26. № 9. P. 420–439. <https://doi.org/10.12911/22998993/205413> [in English].
34. Villalta, O., Wite, D., Riches, D., Guiano, J., Chandolu, V., Scoble, C., Donald, C., Porter, I., Mattner, S. (2016). The Concentration of 2-Propenyl Glucosinolate in Biofumigant Crops Influences Their Anti-Fungal Activity (In-Vitro) against Soil-Borne Pathogens. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. Vol. 5. P. 38–45. <https://doi.org/10.4236/jacen.2016.51B006> [in English].
35. Wang, Q., Ma, Y., Yang, H., Chang, Z. (2014). Effect of biofumigation and chemical fumigation on soil microbial community structure and control of pepper *Phytophthora blight*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. Vol. 30. P. 507–518. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1462-6> [in English].
36. Yim, B., Hanschen, F.S., Wrede, A., Nitt, H., Schreiner, M., Smalla, K., Winkelmann, T. (2016). Effects of biofumigation using Brassica juncea and Raphanus sativus in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. *Plant and Soil* 2016. Vol. 406. № 1/2. P. 389–408. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2876-3> [in English].
37. Zachariah, H. (2011). Potential of three brassica cover crops for biofumigation in the field and the relationship between soil myrosinase and biofumigation efficacy. PhD Thesis. Clemson University. TigerPrints. 1248. 136 p. [in English].
38. Zasada, I.A., Ferris, H. (2004). Nematode suppression with brassicaceous amendments: Application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 36. P. 1017–1024. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.014> [in English].

Отримано: 24.09.2025

Рекомендовано: 30.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 631.51:631.67:633.2/.37

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.24>**Яворов В. М.**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрономії, лісового і садово-паркового господарства,
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: agronomy01.09.2023@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3511-5054

Плахтій Д. П.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрономії, лісового і садово-паркового господарства
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: Loringswoe@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2014-9748

Гаврилюк В. Б.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрономії, лісового і садово-паркового господарства
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»
Бережани, Україна
E-mail: Vb23071963@ukr.net
ORCID: 0009-0009-1740-4873

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

ОПТИМІЗАЦІЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КУЛЬТУР КОРМОВОЇ СІВОЗМІНИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Анотація

У статті наведено результати досліджень щодо впливу різних систем основного обробітку ґрунту на запаси продуктивної вологи під культурами кормової сівозміни. Метою роботи було встановити закономірності формування водного режиму ґрунту та визначити оптимальні прийоми обробітку, які забезпечують найефективніше використання ґрунтової вологи і стабільну врожайність культур. Дослідження проводили в умовах Лісостепу Західного на типовому чорноземі середньосуглинковому. Вивчали традиційну оранку та плоскорізний обробіток. Установлено, що глибина і спосіб обробітку не мали значного впливу на накопичення та витрати продуктивної вологи протягом вегетаційного періоду кукурудзи на силос, ячменю з підсівом конюшини, конюшини. Найвищі запаси вологи в орному шарі спостерігалися за оранки, що забезпечувало зменшення випаровування, поліпшення водопроникності ґрунту; відзначено більш рівномірний розподіл вологи в ґрунтовому профілі, що позитивно впливало на розвиток кормових культур. У результаті проведених досліджень доведено доцільність диференційованого підходу до вибору системи основного обробітку залежно від культури, ґрунтово-кліматичних умов і рівня вологості в період вегетації.

У зоні достатнього зволоження на чорноземах середньосуглинкових запаси продуктивної вологи під кукурудзою на силос не залежали від способів основного обробітку ґрунту. Дворічне застосування плоскорізного обробітку ґрунту під ячмінь із підсівом конюшини дещо сприяє збільшенню запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту порівняно з оранкою. На конюшині кількість продуктивної вологи не залежить від способів основного обробітку ґрунту, оскільки безпосередньо

під цю культуру основний обробіток не проводиться. Оптимізація обробітку сприяє підвищенню ефективності використання природних ресурсів, збереженню родючості ґрунту та стабілізації продуктивності кормової сівозміни.

Ключові слова: обробіток ґрунту, продуктивна волога, кормова сівозміна, водний режим, урожайність, оптимізація.

Вступ. Під впливом інтенсивної господарської діяльності система співвідношень між природними та техногенними чинниками в агроландшафтах істотно змінюється, що відбивається на стійкості агроєкосистем [2]. Інтенсифікація господарської діяльності, зростання антропогенного навантаження, порушення балансу між природними компонентами довкілля зумовлюють зміну режимів ґрунтової вологи, температури, біологічної активності та трофічного балансу ґрунтів [4, с. 14–15]. Сукупний негативний вплив цих процесів створює серйозні, часто стійкі ризики для стабільного вирощування більшості сільськогосподарських культур, особливо в умовах Лісостепу та Степу України [9, с. 146].

Головною ознакою сучасних кліматичних змін є постійне зростання дефіциту вологозабезпеченості, що поєднується з істотним підвищенням середньорічних температур повітря [10]. Це призводить до зменшення запасів продуктивної вологи в орному шарі, збільшення тривалості посушливих періодів, зниження ефективності опадів та порушення рівноваги між процесами вологонакопичення і волговитрат. Волога дедалі частіше виступає головним лімітуючим чинником росту і розвитку рослин у більшості ґрунтово-кліматичних зон, визначаючи рівень урожайності та якості продукції [12].

В умовах зростаючого дефіциту природних ресурсів особливого значення набуває вдосконалення систем землеробства, спрямованих на збереження й раціональне використання ґрунтової вологи [8, с. 85; 11]. Одним із найефективніших засобів регулювання водного режиму є система основного обробітку ґрунту, яка безпосередньо впливає на водопроникність, щільність, структуру орного шару та інтенсивність випаровування. Правильно підібрана система обробітку сприяє накопиченню і раціональному використанню продуктивної вологи, забезпечує сприятливі умови для росту кореневої системи і формування високопродуктивних агроценозів [7; 15 с. 88].

У кормових сівозмінах, де вирощуються культури з різними біологічними вимогами до вологи, питання оптимізації обробітку ґрунту набуває особливої актуальності. Від вибору системи обробітку залежить не лише ефективність використання води, а й стабільність урожайності багаторічних і однорічних кормових культур [13; 14], тому дослідження взаємозв'язку між способами основного обробітку та динамікою продуктивної вологи має велике наукове й практичне значення.

Мета роботи – визначення впливу різних систем основного обробітку ґрунту на формування запасів продуктивної вологи під культурами кормової сівозміни та обґрунтування оптимальних прийомів її регулювання в умовах Лісостепу Західного.

Завдання дослідження: проаналізувати вплив різних систем основного обробітку ґрунту (оранки та плоскорізного) на запаси продуктивної вологи в орному та метровому шарах ґрунту; визначити динаміку змін вологозабезпеченості під культурами ланки кормової сівозміни – кукурудзою на силос, ячменем із підсівом конюшини та конюшиною другого року використання; оцінити особливості формування водного режиму ґрунту залежно від глибини обробітку й культури попередника; обґрунтувати оптимальні прийоми основного обробітку ґрунту, що забезпечують найраціональніше використання продуктивної вологи в умовах Лісостепу Західного.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, що супроводжуються зростанням температури повітря та зниженням кількості опадів у вегетаційний період, проблема ефективного використання та збереження ґрунтової вологи набуває особливого значення. Волога є одним із головних лімітуючих чинників формування врожайності сільськогосподарських культур, особливо в регіонах із нестабільним зволоженням, до яких належить і Лісостеп Західний [3; 6]. Від вибору системи основного обробітку ґрунту значною мірою залежить здатність агроценозів накопичувати, утримувати й раціонально використовувати продуктивну вологу [1]. Раціональна система обробітку сприяє оптимізації водного, повітряного та поживного режимів ґрунту, підвищенню його родючості й стабільності продуктивності кормових культур. Тому дослідження впливу різних систем основного обробітку на запаси продуктивної вологи є актуальним для обґрунтування адаптивних технологій вирощування культур у кормових сівозмінах Лісостепу Західного.

Дослідження проводили на дослідних ділянках НВА «Перлина Поділля», яке знаходиться в північно-західній частині Хмельницької області, а саме в селищі міського типу Білогір'я. Це провідна агрофірма, яка займається сільськогосподарським виробництвом у цьому регіоні. Поряд із вирощуванням зернових та технічних культур господарство активно розвиває тваринницьку галузь, що зумовлює потребу у виробництві високоякісних кормів. Із цією метою в господарстві впроваджено кормові сівозміни, у структурі яких переважають багаторічні та однорічні трави, кукурудза на силос, зернофуражні культури. Це дає змогу ефективно забезпечувати тваринницьке виробництво власною кормовою базою та підтримувати родючість ґрунтів на належному рівні.

Протягом 2021–2024 рр. у господарстві проводили спостереження за зміною вологості ґрунту у ланці кормової сівозміни: кукурудза на силос – ячмінь із підсівом конюшини – конюшина другого року використання.

Способи основного обробітку ґрунту:

Оранка плугом ПЛН-5-35 на глибину 25–27 см під кукурудзу на силос, під ячмінь із підсівом конюшини – на глибину 22–24 см. Плоскорізний обробіток ґрунту КПП-250 під кукурудзу на силос, під ячмінь із підсівом конюшини – на глибину 22–24 см.

Технологія вирощування культур у ланці кормової сівозміни була загальноприйнятою для північно-західної частини Лісостепу України.

Культури представлено такими сортами і гібридами: кукурудза на силос – Р9967 від Pioneer, ячмінь – Геліос, конюшина – Марусинська 425.

Спосіб сівби кукурудзи на силос – пунктирний із шириною міжрядь 45 см, норма висіву – 100 тис схожих насінин на 1 га, глибина заробки – 6–8 см; спосіб сівби ячменю – вузькорядний, норма висіву 4,2 млн шт. насінин на 1 га, глибина заробки – 4–5 см; спосіб сівби конюшини – суцільний рядковий, норма висіву – 8–9 млн схожих насінин на 1 га, глибина заробки насіння – 2–3 см.

Визначення вмісту продуктивної вологи в ґрунті проводили згідно із загальноприйнятою методикою [15] за ваговим (гравіметричним) методом, який є основним і найточнішим у ґрунтознавчих дослідженнях. Відбір зразків здійснювали металевим буром із шарів ґрунту 0–30, 0–100 см. Вологі зразки зважували, після чого висушували у сушильній шафі за температури 105°C до сталої маси. Уміст вологи визначали за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%,$$

де m_1 – маса вологого зразка, г; m_2 – маса сухого зразка, г.

Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту розраховували у міліметрах за формулою:

$$Z = \frac{W * h * p}{10},$$

де W – вологість ґрунту, %; h – товщина шару, см; p – об'ємна маса ґрунту, г/см³.

Для порівняння результатів у часі визначення проводили у динаміці впродовж вегетаційного періоду культур кормової сівозміни – кукурудзи на силос, ячменю з підсівом конюшини та конюшини другого року користування.

У польових умовах контроль вологості доповнювали орієнтовними спостереженнями за фізичним станом ґрунту (щільність грудкування, злипання, колір та блиск поверхні). У разі потреби оперативної оцінки вологості використовували діелектричний датчик вологості типу Delta-T [5].

Результати досліджень свідчать, що система основного обробітку ґрунту істотно впливає на формування запасів продуктивної вологи під культурами ланки кормової сівозміни яка вивчалася. Найбільші запаси вологи як у шарі 0–30 см, так і в шарі 0–100 см відзначено в період сівби культур. Так, кількість вологи за оранки в орному шарі до 30 см становила 61,3 мм, у метровому шарі – 175,2 мм, за плоскорізного – 57,8 мм та 168,2 мм відповідно. У період весняного відновлення вегетації та на початку інтенсивного росту культур кількість вологи в ґрунті зменшувалася. Кількість продуктивної вологи перед збиранням кукурудзи за оранки в орному шарі ґрунту становила 29,5 мм, у метровому – 91,2 мм, за плоскорізного обробітку – 26,1 і 75,3 мм відповідно. Дещо нижчий уміст продуктивної вологи в орному та метровому шарах ґрунту за плоскорізного обробітку порівняно з оранкою пояснюється вищою урожайністю зеленої маси кукурудзи, для формування якої рослини використали більшу кількість вологи (табл. 1).

Таблиця 1. Динаміка продуктивності вологи під культурами ланки кормової сівозміни, мм (середнє за 2021–2024 рр.)

Шар ґрунту, см	Кукурудза на силос			Ячмінь+конюшина			конюшина		
	сівба	викидання вологі	збирання урожаю	сівба	коло-сіння	збирання	відновлення вегетації	I укіс	II укіс
Оранка									
0-30	61,3	38,9	29,5	62,3	23,6	45,2	49,9	17,8	29,4
0-100	175,2	136,0	91,2	173,8	82,2	121,4	145,3	67,3	76,0
Плоскорізний обробіток									
0-30	57,8	36,4	26,1	65,9	29,0	50,6	45,8	15,6	29,3
0-100	168,2	131,2	75,3	190,4	79,8	134,2	139,6	69,9	82,6

У полі ячменю з підсівом конюшини кількість продуктивної вологи в орному шарі була майже однаковою за обох способів обробітку ґрунту. Так, за сівби вміст продуктивної вологи становив 62,3 мм за оранки і 65,9 мм – за плоскорізного обробітку ґрунту і відповідно 45,2 мм і 50,6 мм до закінчення вегетації рослин. Проте кількість продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту була за плоскорізного обробітку ґрунту і на початок вегетації становила 190,4 мм, тоді як за оранки була 173,8 мм, а до періоду збирання – відповідно 121,4 мм і 134,2 мм.

Вивчення запасів продуктивної вологи в полі з конюшиною доведено, що в період вегетації вони були практично однаковими за обох способів обробітку ґрунту. Так, кількість продуктивної вологи на початок вегетації конюшини за оранки 0–30 см шарі ґрунту становила 49,9 мм, у метровому – 145,3 мм, за плоскорізного обробітку – 145,3 мм і 139,6 мм відповідно.

Висновки. Для північно-західної частини Хмельницької області, яка характеризується помірно теплим і достатньо вологим кліматом, але з періодичними літніми посухами, плоскорізний (безполицевий) обробіток ґрунту є менш ефективним у плані збереження вологи та створення сприятливих умов для росту кормових культур. Оранка забезпечує стабільніше вологозабезпечення впродовж вегетації, сприяє формуванню оптимальної структури ґрунту та підвищує адаптивний потенціал агроценозів до кліматичних змін.

Список використаних джерел

1. Господаренко Г., Черно О., Нікітіна О. Агрохімія калію. Київ, 2021. 264 с. <https://surl.li/awimvo>
2. Демиденко О. Агрофізичний стан як критерій готовності чорнозему опідзоленого до мінімалізації обробітку в агроценозі. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 99(7). С. 15–23. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202107-02>
3. Єщенко В.О., Коваль Г.В., Калієвський М.В. Причини зниження урожайності польових культур на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 49–58. <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8790>
4. Єщенко В.О., Накльока Ю.І., Коваль Г.В. Фізичний стан чорнозему опідзоленого за мінімалізації обробітку ґрунту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. № 2. С. 13–19. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-2-13-19>
5. Лозовіцький П.С. Основи землеробства та рослинництва. Кн. 1. Землеробство : посібник для вищих учбових закладів. Київ, 2010. 268 с. <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/data/bis3/zemlerobstvo.pdf>
6. Фурманець М., Фурманець Ю. Запаси продуктивної вологи залежно від обробітку ґрунту в сівозміні. *Агроном*. 2025. Жовтень. <https://surl.li/pimtzt>
7. Шевченко М.С., Гавриленко Н.В. Вплив основного обробітку ґрунту на агрофізичний стан чорнозему в Північному Степу. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 149–157. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.23>
8. Khomina V., Lapchynskiy V., Nebaba K., Pustova Z., Plakhtiy D. Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, Iss. P. 79–90. <https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79>
9. Martyniuk M.P. Assessment of the impact of climate change on crop production in Ukraine: Adaptation mechanisms for mitigating the consequences. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26, Iss. 11. P. 145–154. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.145>
10. Nykytuk Yu., Kravchenko O. Ecological determinants of the structure of sown areas in polissya and forest-steppe of Ukraine. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Vol. 140. P. 529–540. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.65>
11. Ozlu E., Kumar S., Arriaga F. Responses of Long-Term Cattle Manure on Soil Physical and Hydraulic Properties under a Corn–Soybean Rotation at Two Locations in Eastern South Dakota. *Soil Science Society of America Journal*. 2019. No 10(2136). <https://10.2136/sssaj2019.03.0077>
12. Portukhay O.I., Lyko S.M., Mudrak O.V., Mudrak H.V. Agroecological bases of sustainable development strategy for the rural united territorial communities of the western Polissya region. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, Iss. 6. P. 50–61. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.50-61](https://doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.50-61)
13. Sichkar A., Vishnevska L., Rogalsky S. Plant residues of mixed crops as a factor in improving the nutrient regime of the soil. *Taurian Scientific Herald*. January 2023. <https://surl.li/ksuxsf>
14. Spencer G., Krutz L., Locke M., Gholson D., Bryant C., Mills B., Henry W., Golden B. Corn productivity and profitability in raised, stale seedbed systems with and without cover crops. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2021. No 8(1). <https://10.1002/cft2.20142>
15. Vakhnyak V., Khomovyi M., Trach I., Yavorov V., Petryshche O. The role of restoring degraded soils in ensuring food security in the agro-industrial sector. *Scientific Horizons*. 2025. № 28(2). С. 73–88. <https://doi.org/10.48077/scihor2.2025.73>

Yavorov V. M.

Candidate of Agricultural Sciences

Associate Professor at the Department of Agronomy, Forestry and Horticulture,
Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
“Berezhany Agrotechnical Institute”

Berezhany, Ukraine

E-mail: agronomy01.09.2023@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3511-5054

Plakhtiy D. P.

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor at the Department of Agronomy, Forestry and Horticulture,
Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
“Berezhany Agrotechnical Institute”

Berezhany, Ukraine

E-mail: Loringswoe@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2014-9748

Gavrylyuk V. B.

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor at the Department of Agronomy, Forestry and Horticulture,
Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
“Berezhany Agrotechnical Institute”

Berezhany, Ukraine

E-mail: Vb23071963@ukr.net

ORCID: 0009-0009-1740-4873

Nebaba K. S.

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: agronebaba@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4529-3623

OPTIMIZATION OF MOISTURE SUPPLY FOR FORAGE CROP ROTATION DEPENDING ON THE PRIMARY TILLAGE SYSTEM

Abstract

The article presents the results of studies on the influence of different primary tillage systems on the reserves of productive moisture under the crops of a forage crop rotation. The aim of the research was to determine the patterns of soil water regime formation and to identify the optimal tillage practices that ensure the most efficient use of soil moisture and stable crop yields. The study was conducted under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine on typical medium loamy chernozem. Two tillage systems were examined – conventional plowing and flat-cut (chisel) tillage. It was found that the depth and method of cultivation did not have a significant effect on the accumulation and consumption of productive moisture during the growing season of corn for silage, barley with undersowing clover, and clover. The highest moisture reserves in the arable layer were observed during plowing, which ensured a reduction in evaporation, improved soil permeability, and a more uniform distribution of moisture in the soil profile was noted, which had a positive effect on the development of forage crops.

It was found that the depth and method of tillage significantly affect the accumulation and utilization of productive moisture during the growing period of maize for silage, barley + clover mixture, and clover of the second year of use. The highest moisture reserves in the arable layer were recorded under flat-cut tillage, which reduced evaporation losses and improved soil water permeability. A more uniform distribution of moisture within the soil profile was also observed, positively influencing the development of forage crops. The results confirm the expediency of a differentiated approach to the choice of tillage system depending on the crop, soil and climatic conditions, and moisture availability during vegetation.

In the zone of sufficient moisture on medium loamy chernozem, the reserves of productive moisture under maize for silage did not depend significantly on the tillage method. Two years of flat-cut tillage under barley with clover undersowing slightly increased the moisture reserves in the one-meter soil layer compared to plowing. For clover, the amount of productive moisture did not depend on the tillage system, since no primary tillage was applied directly before this crop. Optimization of tillage contributes to the more efficient use of natural resources, preservation of soil fertility, and stabilization of the productivity of the forage crop rotation.

Key words: soil tillage, productive moisture, forage crop rotation, water regime, yield, optimization.

References

- Hospodarenko, H., Chernov, O., & Nikitina, O. (2021). *Ahrokhimiia kaliu* [Agrochemistry of potassium]. Kyiv : 264 p. Retrieved from <https://surl.li/awimvo> [in Ukrainian].
- Demydenko, O. (2021). *Ahrofizychnyi stan yak kryterii hotovnosti chornozemu opidzolenoho do minimalizatsii obrobitku v ahrotsenozii* [Agrophysical state as a criterion for the readiness of podzolized chernozem for tillage minimization in agrocenosis]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 99(7), 15–23. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202107-02> [in Ukrainian].
- Yeshchenko, V.O., Koval, H.V., & Kaliievskyi, M.V. (2021). *Prychyny znyzhennia urozhainosti polovykh kultur na foni ploskoriznogo osnovnogo obrobitku gruntu* [Reasons for reduced yield of field crops under chisel tillage background]. *Ahrobiolohiia*, 1, 49–58. <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8790> [in Ukrainian].
- Yeshchenko, V.O., Nakloka, Yu.I., & Koval, H.V. (2023). *Fizychnyi stan chornozemu opidzolenoho za minimalizatsii obrobitku gruntu* [Physical state of podzolized chernozem under minimization of soil tillage]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 13–19. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-2-13-19> [in Ukrainian].
- Lozovitskyi, P.S. (2010). *Osnovy zemlerobstva ta roslynnytstva*. Knyha 1. Zemlerobstvo : Posibnyk dlia vyshchykh uchbovykh zakladiv. [Fundamentals of agriculture and crop production. Book 1. Agriculture: A manual for higher educational institutions]. Kyiv. 268 p. <http://cgo-sreznivskyi.kyiv.ua/data/bis3/zemlerobstvo.pdf> [in Ukrainian].
- Furmanets, M., & Furmanets, Yu. (2025). *Zapasy produktyvnoi volohy zalezno vid obrobitku gruntu v sivozmini* [Reserves of productive moisture depending on soil tillage in crop rotation]. *Zhurnal Ahronom*. Retrieved from <https://surl.li/pimtzt> [in Ukrainian].
- Shevchenko, M.S., & Havrylenko, N.V. (2025). *Vplyv osnovnogo obrobitku gruntu na ahrofizychnyi stan chornozemu v Pivnichnomu Stepu* [Influence of primary tillage on the agrophysical state of chernozem in the Northern Steppe]. *Ahrarni innovatsii*, 31, 149–157. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.23> [in Ukrainian].
- Khomina, V., Lapchynskyi, V., Nebaba, K., Pustova, Z., & Plahytiy, 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 Ukrainian].
- Martyniuk, M.P. (2023). Assessment of the impact of climate change on crop production in Ukraine: Adaptation mechanisms for mitigating the consequences. *Scientific Horizons*, 26(11), 145–154. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.145> [in Ukrainian].
- Nykytuk, Yu., & Kravchenko, O. (2024). Ecological determinants of the structure of sown areas in Polissya and Forest-Steppe of Ukraine. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 140, 529–540. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.65> [in Ukrainian].
- Ozlu, E., Kumar, S., & Arriaga, F. (2019). Responses of long-term cattle manure on soil physical and hydraulic properties under a corn–soybean rotation at two locations in Eastern South Dakota. *Soil Science Society of America Journal*, 10(2136). <https://doi.org/10.2136/sssaj2019.03.0077> [in English].

12. Portukhay, O.I., Lyko, S.M., Mudrak, O.V., & Mudrak, H.V. (2021). Agroecological bases of sustainable development strategy for the rural united territorial communities of the western Polissya region. *Scientific Horizons*, 24(6), 50–61. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(6\).2021.50-61](https://doi.org/10.48077/scihor.24(6).2021.50-61) [in English].
13. Sichkar, A., Vishnevskaya, L., & Rogalsky, S. (2023). Plant residues of mixed crops as a factor in improving the nutrient regime of the soil. *Taurian Scientific Herald*. Retrieved from <https://surl.li/ksuxsf> [in English].
14. Spencer, G., Krutz, L., Locke, M., Gholson, D., Bryant, C., Mills, B., Henry, W., & Golden, B. (2021). Corn productivity and profitability in raised, stale seedbed systems with and without cover crops. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1002/cft2.20142> [in English].
15. Vakhnyak, V., Khomovyi, M., Trach, I., Yavorov, V., & Petryshche, O. (2025). The role of restoring degraded soils in ensuring food security in the agro-industrial sector. *Scientific Horizons*, 28(2), 73–88. <https://doi.org/10.48077/scihor2.2025.73> [in English].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 12.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 636.4.082.4:084.3

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.25>**Ярошук Д. А.**

здобувач вищої освіти наукового ступеня доктора філософії
(20 «Аграрні науки і продовольство»),
кафедра прикладної біології, розведення та генетики тварин
Національного університету біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: d.yaroshchuk@nubip.edu.ua**ORCID:** 0000-0002-2627-9500**Ляхач 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

ФОРМУВАННЯ М'ЯСНИХ ОЗНАК СВИНЕЙ ЗА РІЗНИХ КЛАСІВ ЇХ АКТИВНОСТІ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Анотація

Проблема забезпечення благополуччя у промислових умовах виробництва свинини набуває особливої актуальності, оскільки цей параметр безпосередньо визначає реалізацію генетичного потенціалу, динаміку росту і розвитку організму та формування основних м'ясних ознак. Метою дослідження є визначення впливу класу поведінкової активності на формування забійних і м'ясних ознак свиней різних поєднань у промислових умовах. Експериментальні дослідження проведено в СВК «Агрофірма «Міг-Сервіс-Агро» Миколаївської області. Об'єктом дослідження був відгодівельний молодняк свиней поєднань ♀ (велика біла × ландрас) × ♂ дюррок та ♀ (велика біла × ландрас) × ♂ п'єтрен. Загалом у досліді використано 120 голів. Класифікацію тварин здійснювали за індексом рухової активності, виділивши два класи – активні (ІРА 0,37–0,47) і пасивні (ІРА 0,27–0,36). Результати показали, що активні свині незалежно від генотипу мали вищі показники передзабійної та забійної маси, більший вихід м'яса і кращі комплексні індекси. Так, у поєднанні (ВБ×Л)×Д активні тварини перевищували пасивних за масою охолодженої туші на 3,63 кг, за виходом м'яса – на 1,90%, а за комплексним індексом – на 25,10 бала. У поєднанні (ВБ×Л)×П різниця була менш вираженою, проте зберігала аналогічні тенденції: активні свині мали більший вихід м'яса (+1,84%) і перевагу за комплексним індексом (+10,80 бала). Установлено, що пасивні свині обох поєднань характеризувалися підвищеною товщиною шпиків (на 1,63–1,83 мм більше) та більшими втратами маси туші після охолодження (на 0,39–0,41 кг), що вказує на інтенсивніше відкладення жиру та нижчу стабільність тканин. Площа «м'язового вічка» та довжина туші, навпаки, свідчать про перевагу активних тварин. Таким чином, активність свиней є важливим чинником формування їхніх м'ясних ознак у промислових умовах. Виявлено, що ступінь впливу цього чинника залежить від генотипу: у поєднанні (ВБ×Л)×Д різниця між класами активності була більш вираженою, ніж у поєднанні (ВБ×Л)×П. Перспектива подальших досліджень полягає у вивченні якісних характеристик тканин, аналізі генетичних маркерів поведінкової активності та розробленні практичних рекомендацій для селекційної роботи і удосконалення промислових технологій свинарства.

Ключові слова: відгодівля, індекс, клас активності, м'ясна продуктивність, поведінка, порода, свині, технологія.

Вступ. Свинарство посідає провідне місце у структурі світового та українського виробництва продукції тваринництва, адже свинина є основним видом м'яса у раціоні населення багатьох країн, незважаючи на релігійні та територіальні особливості [5; 12; 13]. Стійке зростання попиту на високоякісну свинину зумовлює необхідність удосконалення технологій утримання та відгодівлі тварин, спрямованих на підвищення їхньої продуктивності та покращення якості м'ясної сировини. В умовах промислового виробництва особливої уваги набуває проблема збереження високого рівня благополуччя тварин, оскільки цей фактор певною мірою визначає прояв генетичного потенціалу, ріст і розвиток організму, а також формування м'ясних ознак [10; 11; 16].

У сучасних системах інтенсивного виробництва свинини важливе місце відводиться вивченню поведінкових реакцій тварин і ролі їхньої активності в процесах росту та розвитку [10; 16]. Клас активності свиней можна розглядати як інтегральний показник, що характеризує рівень адаптаційних можливостей організму до умов промислової технології, ступінь його стресостійкості та ефективність використання поживних речовин корму. Активність тварин тісно пов'язана з їхніми енергетичними витратами, обміном речовин і, відповідно, з темпами пристосування, морфологічними показниками та якістю туші. Саме тому в наукових дослідженнях усе більшої актуальності набуває аналіз залежності між класами активності свиней та формуванням їхніх м'ясних ознак.

Свині відзначаються індивідуальними поведінковими особливостями, серед яких велике значення має рівень рухової активності. З огляду на це, у науковій літературі прийнято виділяти три умовні класи активності: низький, середній та високий [10; 16].

До групи низькоактивних належать тварини, які більшу частину часу перебувають у стані спокою, віддаючи перевагу лежанню. Вони рідко проявляють дослідницьку поведінку, слабо реагують на зміни середовища та демонструють відносно повільну реакцію на процес годівлі [10; 16; 20]. Подібна пасивність може бути пов'язана як з індивідуальними конституційними особливостями, так і з нижчим рівнем адаптивності до технологічних умов.

Свині середнього класу активності вирізняються помірною рухливістю та більш збалансованим поведінковим профілем. Вони достатньо активно взаємодіють із навколишнім середовищем, виявляють цікавість до предметів у станку, своєчасно реагують на годівлю та мають оптимальне співвідношення енергетичних витрат і споживання корму [10; 16]. У практичному аспекті цей клас тварин вважається найбільш бажаним, оскільки він забезпечує стабільні прирости живої маси та сприятливе формування м'ясних ознак.

Високоактивні свині характеризуються підвищеною рухливістю та значною соціальною активністю. Такі тварини часто переміщуються по станку, активно контактують із груповими сусідами, швидко реагують на появу корму та демонструють інтенсивну дослідницьку поведінку [16; 20]. Однак надмірна активність супроводжується вищими енергетичними витратами, що може призводити до зниження ефективності конверсії корму та формування певних відмінностей у структурі туші, зокрема в балансі між м'язовою та жировою тканинами. Отже, класи активності свиней виступають важливим критерієм для оцінки їх адаптивності до умов промислової технології, а також для прогнозування продуктивності та якості м'ясної продукції.

Попередні роботи вітчизняних і зарубіжних учених [10; 16] свідчать про те, що поведінкові особливості тварин, зокрема їхня рухова активність, впливають на рівень стресових навантажень, що, своєю чергою, визначає фізіологічний стан організму. Надмірна або недостатня активність може зумовлювати небажані зміни у метаболічних процесах, призводити до коливань у рівні гормональної регуляції, які прямо впливають на прирости живої маси та формування м'ясних ознак. З іншого боку, оптимальний рівень активності сприяє формуванню гармонійної статури, підвищує резистентність організму та забезпечує збалансоване накопичення м'язової маси.

У промислових умовах виробництва, де тварини утримуються у великих групах і піддаються впливу численних стрес-факторів (обмежений простір, підвищена щільність посадки, мікрокліматичні коливання, шум), прояв класів активності може мати особливості [10; 11; 13; 16]. Він є не лише біологічною характеристикою, а й реакцією організму на специфіку технологічного середовища. Саме тому вивчення впливу різних класів активності на формування м'ясних ознак свиней має велике як наукове, так і практичне значення.

З огляду на сучасні тенденції розвитку ринку, особливого значення набуває якість м'ясної продукції, яка визначається співвідношенням м'язової та жирової тканин, показниками вологостримуючої здатності, кольору, ніжності та смакових властивостей м'яса. Відомо, що різні класи активності тварин можуть формувати неоднакову структуру туші: у більш активних свиней, як правило, вищий відсоток м'язової тканини та менший рівень жирових відкладень, тоді як у менш активних – навпаки. Водночас надмірна активність може негативно позначатися на кінцевій якості м'яса, зумовлюючи ризик розвитку таких явищ, як підвищена водянистість (*PSE*) або підвищена сухість, жорсткість (*DFD*) продукту [2; 4; 8; 14; 15; 19].

Отже, дослідження взаємозв'язку між класами активності та формуванням м'ясних ознак дасть змогу визначити оптимальні параметри поведінкових реакцій, які забезпечують найбільш ефективну реалізацію продуктивного потенціалу свиней у промислових умовах. Це, своєю чергою, сприятиме розробленню нових підходів до управління технологічними процесами, спрямованих на підвищення м'ясної продуктивності, адаптацію систем годівлі та утримання до біологічних потреб тварин, а також оптимізацію селекційної роботи.

Актуальність даних досліджень зумовлена необхідністю підвищення конкурентоспроможності продукції свинарства на внутрішньому та зовнішньому ринках. У сучасних умовах інтеграції України до європейського ринку зростають вимоги до стандартів безпечності та якості харчових продуктів, що неможливо забезпечити без глибокого розуміння біологічних механізмів формування продуктивності тварин. Вивчення впливу класів активності на розвиток м'ясних ознак свиней є одним із перспективних напрямів наукових пошуків, здатних забезпечити інноваційний розвиток галузі.

Таким чином, формування м'ясних ознак свиней у різних класах їх активності розглядається як комплексна проблема, що поєднує біологічні, технологічні та економічні аспекти. Її вирішення дасть змогу підвищити ефективність промислового виробництва свинини, поліпшити кількісні та якісні характеристики продукції та забезпечити стабільність розвитку галузі у довгостроковій перспективі.

Мета роботи – визначити особливості формування м'ясних ознак свиней за різних класів їх активності в умовах промислової технології та з'ясувати взаємозв'язок між поведінковими реакціями тварин і характеристиками м'ясної продуктивності.

Матеріал і методи. Експериментальні дослідження відповідно до поставленої мети проводилися на базі Сільськогосподарського виробничого кооперативу (СВК) «Агрофірма «Миг–Сервіс–Агро» Миколаївської області. Господарство спеціалізується на промисловому виробництві свинини та має належні умови для здійснення наукових спостережень. Об'єктом дослідження виступав відгодівельний молодняк свиней, одержаний від

таких поєднань: ♀ (велика біла (ВБ) × ландрас (Л)) × ♂ дюрор (Д); ♀ (велика біла (ВБ) × ландрас (Л)) × ♂ п'єстрен (П). Загальна кількість тварин, залучених до експерименту, становила 120 голів. Піддослідних свиней було відібрано за принципом аналогів з урахуванням віку, живої маси та фізіологічного стану, що забезпечило однорідність вибірки та достовірність отриманих результатів [6; 7].

Із метою визначення класів активності було проведено розподіл відгодівельного молодняку свиней зазначених генотипів на дві групи – активні та пасивні тварини. Оцінку рівня активності здійснювали на основі аналізу поведінкових реакцій у процесі тривалих спостережень, використовуючи показник індексу рухової активності. Цей індекс розраховували як відношення абсолютного часу, витраченого твариною на виконання того чи іншого функціонального стану (рух, відпочинок, пошукова чи дослідницька діяльність), до загального часу спостереження за поведінкою тварини [6; 7; 10]:

$$IPA = \Delta T \div T, \quad (1)$$

де IPA – індекс рухової активності; ΔT – час функціональної активності; T – загальний час спостережень.

Оскільки величина T завжди більша або дорівнює ΔT , то IPA не може бути більшим 1, а тому варіює від 0 до 1.

Класифікацію тварин за рівнем активності здійснювали на основі загальноприйнятої методики [6; 16], яка передбачає кількісне визначення поведінкових особливостей та дає можливість об'єктивно диференціювати свиней за ступенем їхньої адаптивної реакції до умов промислового утримання. Такий підхід забезпечив можливість виявити взаємозв'язок між рівнем активності тварин, інтенсивністю їхнього росту та особливостями формування м'ясних ознак. Відгодівельний молодняк піддослідних генотипових груп було поділено на два класи залежно від величини індексу рухової активності (IPA): I клас – активні свині з показником індексу 0,37–0,47; II клас – пасивні свині з величиною індексу 0,27–0,36. Такий розподіл дав змогу провести комплексну оцінку впливу поведінкових відмінностей на продуктивні та м'ясні якості тварин у промислових умовах.

Далі у піддослідного молодняку свиней відповідно до класів їх активності досліджували м'ясні ознаки: передзабійна маса (кг), забійна маса (кг), забійний вихід (%), маса охолодженої туші (кг), втрати маси туші після охолодження 24 год. (кг), товщина шпиків на рівні 6–7 грудних хребців (мм), довжина напівтуші (см), довжина беконної половинки (см), площа «м'язового вічка» (см²), вихід м'яса з туші (%) за досягнення ними передзабійної живої маси 100 кг за відповідними загальноприйнятими методиками [6; 7].

За результатами оцінки відгодівельних і м'ясних ознак для комплексної їх характеристики використовували оціночний індекс [6]:

$$I = 100 + (242 \times K) - (4,13 \times L), \quad (2)$$

де I – комплексний індекс відгодівельних і м'ясних якостей; K – середньодобовий приріст, кг; L – товщина шпиків на рівні 6–7 грудних хребців, мм; 242; 4,13 – постійні коефіцієнти.

Умови утримання піддослідних тварин відповідали ВНТП-АПК – 02.05 «Свинарські підприємства (комплекс, ферми, малі ферми)» [3] і повністю відповідали поряд із ветеринарним забезпеченням державному і європейському законодавству щодо захисту тварин та їхнього комфорту [9; 17; 18].

Годівля свиней різних класів активності здійснювалася відповідними комбікормами «Гровер» і «Фінішер», що виготовлялися у комбікормовому цеху господарства відповідно до стратегій годівлі [12]. Для балансування раціонів молодняку на відгодівлі використовували білково-мінерально-вітамінні добавки й премікси виробництва компанії ТОВ «Коудайс Україна». Напування тварин на відгодівлі відбувалося за допомогою соскових автонапувалок.

Експериментальні дані оброблено методом варіаційної статистики із використанням комп'ютерної техніки і пакетів прикладного програмного забезпечення (Statistica 12.0., StatSoft Inc., 2014) [1].

Виклад основного матеріалу дослідження. М'ясні ознаки свиней традиційно визначають якість та економічну ефективність галузі. Такі показники, як передзабійна жива маса, забійний вихід, товщина шпиків, довжина туші та площа «м'язового вічка», безпосередньо відображають рівень реалізації генетичного потенціалу і ступінь відповідності сучасним вимогам ринку [19]. Саме тому вивчення впливу рухової активності на ці параметри є важливим для формування нових підходів до годівлі, утримання та селекції свиней у промислових господарствах.

За результатами проведених досліджень встановлено, що свині поєднання (ВБ×Л)×Д, які були віднесені до активного класу, мали вищі показники за більшістю досліджуваних ознак порівняно з пасивними аналогами (табл. 1).

Таблиця 1. Забійні та м'ясні ознаки свиней поєднання (ВБ×Л)×Д різних класів активності, (n = 30), $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$

Показник	Клас активності		+/– пасивні/активні
	активні	пасивні	
Індекс рухової активності	0,41±0,009	0,32±0,023	–0,09
Передзабійна жива маса, кг	101,4±1,72	97,8±2,31	–3,60
Забійна маса, кг	76,30±0,523	73,08±0,454	–3,22***
Забійний вихід, %	75,25±0,240	74,72±0,314	–0,52
Маса охолодженої туші, кг	74,81±0,844	71,18±0,783	–3,63**
Втрати маси туші після охолодження 24 год., кг	1,49±0,180	1,90±0,232	0,41
Товщина шпиків на рівні 6–7 грудних хребців, мм	17,30±0,328	19,13±0,230	1,83***
Довжина напівтуші, см	94,52±0,510	93,60±0,487	–0,92
Довжина беконної половинки, см	79,84±0,663	80,25±0,426	0,41
Площа «м'язового вічка», см ²	43,60±0,521	44,12±0,374	0,52
Вихід м'яса з туші, %	63,50±0,420	61,60±0,580	–1,90*
Комплексний індекс, балів	252,33	227,23	–25,10

Примітки: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** – P < 0,001.

Так, передзабійна жива маса у активних тварин становила 101,40 кг, що на 3,60 кг більше, ніж у пасивних (97,80 кг). Вищими були й показники забійної маси (76,30 проти 73,08 кг, за $P < 0,001$) та маси охолодженої туші (74,81 проти 71,18 кг), що свідчить про кращу м'ясну продуктивність активних свиней. Відповідно, забійний вихід у них також перевищував показники пасивних (75,25% проти 74,72%).

Проте слід відзначити, що втрати маси після охолодження у пасивних тварин були дещо більшими (1,90 кг) порівняно з активними (1,49 кг). Водночас пасивні свині характеризувалися більшою товщиною шпиків на рівні 6–7 грудних хребців (19,13 мм проти 17,30 мм, за $P < 0,01$), що свідчить про тенденцію до вищого відкладення жирової тканини. Довжина напівтуші була більшою у активних тварин (94,52 см), тоді як довжина беконної половинки та площа «м'язового вічка» незначно переважали у пасивних свиней (80,25 см і 44,12 см² відповідно).

Вихід м'яса з туші у активних особин перевищував аналогічний показник у пасивних на 1,9% (63,50% проти 61,60%, за $P < 0,05$). Важливим інтегральним показником є комплексний індекс відгодівельних і м'ясних якостей, який у активних тварин становив 252,33 бала, що на 25,10 бала більше, ніж у пасивних. Отже, свині поєднання (ВБ×Л)×Д активного класу відзначалися кращими показниками м'ясної продуктивності, більшою інтенсивністю росту та вищим комплексним індексом порівняно з пасивними тваринами, що вказує на позитивний вплив підвищеної рухової активності на формування господарсько-корисних ознак.

Аналіз результатів дослідження свиней поєднання (ВБ×Л)×П показав, що тварини різних класів активності відрізнялися за основними забійними та м'ясними ознаками (табл. 2). Індекс рухової активності у свиней активного класу становив 0,43, тоді як у пасивного – 0,34, що свідчить про нижчий рівень поведінкової активності останніх.

Таблиця 2. Забійні та м'ясні ознаки свиней поєднання (ВБ×Л)×П різних класів активності, ($n = 30$), $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$

Показник	Клас активності		+/- пасивні/активні
	активні	пасивні	
Індекс рухової активності	0,43±0,012	0,34±0,016	-0,09
Передзабійна жива маса, кг	102,4±0,35	101,8±0,24	-0,60
Забійна маса, кг	75,34±0,520	72,66±0,744	-2,68**
Забійний вихід, %	73,57±0,326	71,38±0,510	-2,20**
Маса охолодженої туші, кг	73,25±0,633	70,18±0,542	-3,07***
Втрати маси туші після охолодження 24 год., кг	2,09±0,330	2,48±0,212	0,39
Товщина шпиків на рівні 6-7 грудних хребців, мм	17,11±0,471	18,74±0,236	1,63**
Довжина напівтуші, см	95,02±0,450	94,24±0,588	-0,78
Довжина беконної половинки, см	80,14±0,563	79,88±0,865	-0,26
Площа «м'язового вічка», см ²	45,26±0,467	44,80±0,520	-0,46
Вихід м'яса з туші, %	64,12±0,205	62,28±0,310	-1,84**
Комплексний індекс, балів	265,84	255,04	-10,80

Примітки: ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

За передзабійною живою масою виявлено незначну перевагу активних свиней (102,40 кг проти 101,80 кг у пасивних), однак різниця між ними становила лише 0,60 кг. Подібна тенденція спостерігалась і за забійною масою, яка у активних тварин була більшою на 2,68 кг за $P < 0,01$ (75,34 проти 72,66 кг), що зумовило й вищий забійний вихід (73,57% проти 71,38% у пасивних, $P < 0,01$). Аналогічно маса охолодженої туші у активних особин перевищувала показник пасивних на 3,07 кг ($P < 0,001$).

Водночас пасивні свині характеризувалися більшими втратами маси після 24-годинного охолодження (2,48 кг проти 2,09 кг у активних), що свідчить про дещо нижчу стабільність тканин у плані вологоутримуючої здатності. Важливою відмінністю є також товщина шпиків: у пасивних тварин вона була вірогідно вищою на 1,63 мм, $P < 0,01$ (18,74 проти 17,11 мм у активних), що вказує на інтенсивніше відкладення жирової тканини.

За морфометричними показниками туш суттєвої різниці не встановлено. Довжина напівтуші у активних свиней була більшою на 0,78 см, тоді як довжина беконної половинки практично не відрізнялася (80,14 см у активних проти 79,88 см у пасивних). Площа «м'язового вічка» свідчить про певну перевагу активних свиней – 45,26 см² проти 44,80 см² у пасивних.

Щодо виходу м'яса з туші, то у активних свиней він був вірогідно вищим на 1,84%, $P < 0,01$ (64,12% проти 62,28%). Комплексний індекс також мав помітну різницю – 265,84 бала у активних проти 255,04 у пасивних, що підтверджує кращі м'ясні якості та господарську цінність активних тварин.

Отже, проведені дослідження свідчать, що активні свині поєднання (ВБ×Л)×П мають кращі показники забійної та м'ясної продуктивності порівняно з пасивними, що проявляється у більшій забійній масі, вищому виході м'яса та більшому комплексному індексі. Пасивні ж тварини характеризуються вищим рівнем жировідкладення та більшими втратами маси туші після охолодження.

Порівняльний аналіз свиней поєднань (ВБ×Л)×Д та (ВБ×Л)×П (табл. 1 та 2) показав, що клас активності тварин має суттєвий вплив на формування їхніх забійних та м'ясних ознак, проте ступінь прояву цих відмінностей залежить також від генотипу.

У поєднанні (ВБ×Л)×Д активні тварини мали виразнішу перевагу над пасивними за передзабійною живою масою (101,40 кг проти 97,80 кг), забійною масою (+3,22 кг) та масою охолодженої туші (+3,63 кг). Аналогічні тенденції спостерігалися й у поєднанні (ВБ×Л)×П, хоча різниця між активними і пасивними була меншою:

передзабійна маса відрізнялася лише на 0,60 кг, забійна – на 2,68 кг, а маса охолодженої туші – на 3,07 кг. Це свідчить, що в поєднанні з дюрком активність більш помітно впливає на ріст та розвиток тварин, аніж у поєднанні з п'єреном.

Забійний вихід в обох генотипів був вищим у активних свиней, проте у (ВБ×Л)×Д різниця була менш вираженою (75,25% проти 74,72%), тоді як у поєднання (ВБ×Л)×П різниця становила 2,20%. Подібна ситуація спостерігалась і за виходом м'яса: у поєднанні (ВБ×Л)×Д активні свині переважали пасивних на 1,90%, тоді як у (ВБ×Л)×П – на 1,84%.

Важливою відмінністю є показники товщини шпигу. В обох поєднаннях пасивні тварини мали більшу товщину шпигу (на 1,83 мм у (ВБ×Л)×Д та на 1,63 мм у (ВБ×Л)×П). Це вказує на загальну закономірність: нижча поведінкова активність сприяє інтенсивнішому жировідкладенню. Водночас активні свині характеризувалися кращим розвитком м'язової тканини, що підтверджується площею «м'язового вічка» (43,60 см² проти 44,12 см² у (ВБ×Л)×Д та 45,26 см² проти 44,80 см² у (ВБ×Л)×П).

Комплексний індекс також виявив стабільну перевагу активних тварин обох генотипів, однак різниця була більш вираженою у свиней поєднання (ВБ×Л)×Д (–25,10 бала) порівняно з поєднанням (ВБ×Л)×П (–10,80 бала). Це свідчить, що активність свиней із кровністю дюрка має сильніший вплив на продуктивні характеристики.

Отже, активність тварин позитивно впливає на м'ясні ознаки свиней обох генотипів, проте ступінь цього впливу вищий у поєднанні (ВБ×Л)×Д. Пасивні свині обох поєднань схильні до підвищеного жировідкладення та мають нижчі показники комплексного індексу, що знижує їхню м'ясну продуктивність у промислових умовах.

Висновки. Рівень поведінкової активності свиней є важливим чинником, який безпосередньо впливає на формування їхніх забійних та м'ясних ознак у промислових умовах. Незалежно від генотипу активні тварини характеризуються вищими показниками передзабійної та забійної маси, більшою масою охолодженої туші, більшим виходом м'яса та вищим комплексним індексом. Це свідчить про кращий розвиток м'язової тканини та загальну господарську цінність активних особин.

Пасивні свині обох поєднань ((ВБ×Л)×Д та (ВБ×Л)×П) проявляли тенденцію до інтенсивнішого жировідкладення, що підтверджується більшою товщиною шпигу, а також демонстрували вищі втрати маси після охолодження туш, що вказує на меншу стабільність тканин і нижчу м'ясну продуктивність.

Установлено, що ступінь впливу активності на продуктивні ознаки залежить від генотипу. У поєднанні (ВБ×Л)×Д різниця між класами активності була більш вираженою за більшістю показників, особливо за комплексним індексом (–25,10 бала), аніж у поєднанні (ВБ×Л)×П (–10,80 бала). Це дає змогу стверджувати, що свині з кровністю дюрка більш чутливо реагують на поведінкову активність порівняно з помісними тваринами за кровності п'єрена.

Отже, урахування класу активності свиней у процесі відбору та оцінки їхньої продуктивності є доцільним і може бути використане як додатковий критерій для підвищення ефективності промислового свинарства.

Перспективу подальших досліджень може бути зосереджено на вивченні якісних характеристик м'язової і жирової тканин свиней різних класів активності, а також генетичних чинників, що визначають ці відмінності. Доцільним є аналіз впливу умов годівлі, мікроклімату та технологічних стресів на продуктивність тварин залежно від рівня активності. Отримані результати стануть основою для вдосконалення селекційних програм і сучасних стратегій технології промислового свинарства.

Список використаних джерел

1. Крамаренко С.С., Луговий С.І., Лихач А.В., Крамаренко О.С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
2. Забійні якості свиней різних генотипів / Г.О. Бірта та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2022. Вип. 4(47). С. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.11>.
3. Відомчі норми технологічного проєктування «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
4. Гришина Л.П., Краснощок О.О. М'ясні якості чистопородного, помісного і гібридного молодняку свиней різної інтенсивності росту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 3(103). С. 98–106.
5. 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.
6. Ладика В.І., Хмельничий Л.М., Повод М.Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.
7. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві : посібник / за ред. І.І. Ібатуліна, О.М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.
8. 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. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8>.
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». Зареєстрований від 18.02.2021 Міністерством юстиції України № 206/35828. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0206-21#Text>

10. Лихач В.Я., Лихач А.В. Підвищення ефективності промислового виробництва свинини на основі використання етологічних факторів : монографія. Миколаїв : Ліон, 2023. 422 с.
11. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень : монографія / В.Я. Лихач та ін. Миколаїв : Ліон, 2022. 275 с.
12. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник / М. Повод та ін. ; за ред. М. Повода. Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.
13. Технологічні інновації у свинарстві : монографія Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2020. 290 с.
14. Халак В.І., Гутий Б.В., Стадницька О.І. Відгодівельні та м'ясні якості молодняку свиней різного походження та інтенсивності формування у ранньому онтогенезі. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2019. Вип. 21(91). С. 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9102>.
15. Відгодівельні та забійні якості свиней різних вагових категорій, дорощених у станках на полімерній та бетонній підлозі / Л.М. Хмельничий та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. 2020. Вип. 1(40). С. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.1.1>.
16. Ярошук Д.А., Лихач А.В. Вплив класу активності свиней на їхні відгодівельні ознаки. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2025. Вип. 46. С. 149–154. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.21>.
17. Council Directive 2008/120/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs (Codified version). *Official Journal of the European Union*. L 47. 18.2.2009, 5–13. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/120/oj>
18. Council Directive 2010/63/EC of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*. L 276/33. 22.09.2010, 15–47. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/63/oj>
19. Voshchenko I., Povod M. Dynamics of the realization of the genetic potential of fattening qualities of Danish-bred pigs under industrial technology conditions. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 26(101). P. 170–181. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10129>
20. Zoric M., Johansson S.E., Wallgren P. Behaviour of fattening pigs fed with liquid feed and dry feed. *Porcine Health Management*. 2015. Vol. 1. P. 14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40813-015-0009-7>

Yaroshchuk D. 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: d.yaroshchuk@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-2627-9500

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

FORMATION OF MEAT CHARACTERISTICS OF PIGS OF DIFFERENT ACTIVITY CLASSES UNDER INDUSTRIAL TECHNOLOGY CONDITIONS

Abstract

The issue of ensuring welfare in industrial pork production is particularly relevant, as this parameter directly determines the realization of genetic potential, the dynamics of growth and development of the organism, and the formation of basic meat characteristics. The aim of the study was to determine the effect of behavioral activity class on the formation of slaughter and meat traits of pigs of different crossbred combinations under industrial conditions. The experimental trials were conducted at the agricultural cooperative «MIG-Service-Agro» (Mykolaiv region, Ukraine). The study involved 120 fattening pigs of two combinations: ♀ (Large White × Landrace) × ♂ Duroc and ♀ (Large White × Landrace) × ♂ Pietrain. Animals were classified according to their locomotor activity index, with two groups identified: active (LAI 0.37–0.47) and passive (LAI 0.27–0.36). The results demonstrated that active pigs, regardless of genotype, exhibited higher preslaughter and slaughter weights, greater carcass meat yield, and better comprehensive indices. In the (LW×L)×D combination, active pigs surpassed passive ones in chilled carcass weight by 3.63 kg, meat yield by 1.90%, and comprehensive index by 25.10 points. In the (LW×L)×P combination, the differences were less pronounced but followed the same trends: active pigs showed higher meat yield (+1.84%) and advantage in the comprehensive index (+10.80 points). Passive pigs of both crossbreds were characterized by thicker backfat (1.63–1.83 mm more) and greater carcass weight loss after chilling (0.39–0.41 kg), indicating more intensive fat deposition and lower tissue stability. Conversely, the area of the longissimus dorsi «muscle eye» and carcass length indicated the advantage of active animals. In conclusion, pig activity proved to be an important factor influencing meat traits under industrial pig production. The extent of this influence depended on the genotype: differences between activity classes were more pronounced in the (LW×L)×Duroc combination compared with (LW×L)×Pietrain. Future research should focus on biochemical and morphological tissue characteristics, genetic mechanisms underlying behavioral activity, and practical recommendations for breeding programs and improvement of industrial pig production technologies.

Key words: fattening, index, activity class, meat, breed, productivity, behavior, pigs, 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. Birta, H.O., Burhu, Yu.H., Floka, L.V., Horiachova, O.O. & Khmelnytska, Ye.V. (2022). Zabiini yakosti svynei riznykh henotypiv [Slaughter qualities of pigs of different genotypes]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tvarynnystvo*, 4(47). 64–70. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.11> [in Ukrainian].
3. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svyinarski pidpryyemstva (komplekсы, фермы, мали фермы), VNTP-APK – 02.05.* (2005). [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK – 02.05]. K.: Minahropolityky Ukrainy, 98. URL : https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarski-pidpryyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].
4. Hryshyna, L.P. & Krasnoshchok, O.O. (2019). Miasni yakosti chystoporodnoho, pomisnoho i hibrudnoho molodniaku svynei riznoi intensyvnosti rostu [Meat qualities of purebred, crossbred, and hybrid piglets of varying growth rates]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 3(103). 98–106. [in Ukrainian].
5. Koroban, M.P. & Lykhach, V.Ya. (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 under industrial technology conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*. 135(1). 178–188. [in Ukrainian].
6. Ladyka, V.I., Khmelnychi, L.M. & Povod, M.H. (2023). Tekhnolohiya vyrobnytstva i pererobky produktsiyi tvarynnystva: pidruchnyk dlia aspirantiv. [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for postgraduate students]. Odesa: Oldi+. 244 p. [in Ukrainian].
7. Metodolohiya ta orhanizatsiya naukovykh doslidzhen v tvarynnystvi. (2017) / za red. I.I. Ibatulina i O.M. Zhukorskoho : posibnyk. [Methodology and organisation of scientific research in animal husbandry : textbook]. K. 328 p. [in Ukrainian].
8. 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 during fattening]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tvarynnystvo*. 4. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.8> [in Ukrainian].
9. Nakaz Ministerstva rozvytku ekonomiky, torhivli ta sil's'koho hospodarstva Ukrayiny (2021) № 224 «Pro zatverdzhennia vymoh do blahopoluchchya sil's'kohospodars'kykh tvaryn pid chas yikh utrymannya» [On Approval of Requirements for the Welfare of Farm Animals During Their Keeping]. Zareyestrovany vid 18.02.2021 Ministerstvom Yustytitsiyi Ukrayiny № 206/35828. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0206-21#Text> [in Ukrainian].
10. Pidvyshchennia efektyvnosti promysloвого vyrobnytstva svynyny na osnovi vykorystannia etolohichnykh faktoriv (2023). Monohrafiya / V.Ya. Lykhach, A.V. Lykhach. [Improving the efficiency of industrial pork production through the use of ethological factors : monograph]. Mykolayiv : Ilion. 422 p. [in Ukrainian].
11. Pidvyshchennia produktyvnosti svynei za vykorystannia suchasnoho henofondu ta innovatsiinykh tekhnolohichnykh rishen (2022). Monohrafiya / V.Ya. Lykhach, R.V. Faustov, P.O. Shebanin, A.V. Lykhach, L.H. Lenkov. [Increasing pig productivity with the use of modern gene pool and innovative technological solutions: monograph] Mykolaiv : Ilion. 275 p. [in Ukrainian].
12. Tekhnolohiya vyrobnytstva produktsii svynarstva : navchalnyi posibnyk (2021). [M. Povod, O. Bondarska, V. Lykhach, S. Zhyshka, V. Nechmilov ta in.]; za red. M.H. Povoda. [Technology of production of pig products: a textbook]. K. : Naukovometodychnyi tsentr VFPO. 360 p. [in Ukrainian].
13. Tekhnolohichni innovatsiyi v svynarstvi. (2020) Monohrafiya / V.Ya. Lykhach, A.V. Lykhach [Technological innovations in pig production: a monograph]. Kyiv : FOP Yamchynskyi O.V. 290 p. [in Ukrainian].
14. Khalak, V.I., Hutyi, B.V. & Stadnytska, O.I. (2019). Vidhodivelni ta miasni yakosti molodniaku svynei riznoho pokhodzhennia ta intensyvnosti formuvannia u rannomu ontogenezi [Fattening and meat qualities of young pigs of different origins and intensity of formation in early ontogenesis]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho. Serii: Silskohospodarski nauky*. 21(91). 10–15. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9102> [in Ukrainian].
15. Khmelnychi, L., Vechorka, V., Shpetnyi, M., Bordunova, O., Pavlenko, J. & Opara, V. (2020). Fattening and slaughter qualities of pigs of different weight categories grown up in pens on a polymeric and concrete floor. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Livestock*, 1 (40), 3–10. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.1.1>
16. Yaroshchuk, D.A. & Lykhach, A.V. (2025). Vplyv klasu aktyvnosti svynei na yikhni vidhodivelni oznaky [The influence of pig activity class on their fattening characteristics]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. Serii: Silskohospodarski nauky*. 46. 149–154. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.21> [in Ukrainian].
17. Council Directive 2008/120/EC of 18 December 2008 laying down minimum standards for the protection of pigs (Codified version). *Official Journal of the European Union*. L 47. 18.2.2009, 5–13. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/120/oj>
18. Council Directive 2010/63/EC of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*. L 276/33. 22.09.2010, 15–47. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/63/oj>
19. Voshchenko, I. & Povod, M. (2024). Dynamics of the realization of the genetic potential of fattening qualities of Danish-bred pigs under industrial technology conditions. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 26(101), 170–181. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10129> [in Ukrainian].
20. Zoric, M., Johansson, S. E. & Wallgren, P. (2015). Behaviour of fattening pigs fed with liquid feed and dry feed. *Porcine Health Management*, 1, 14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40813-015-0009-7>

Отримано: 29.09.2025

Рекомендовано: 31.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

UDC 330.131.7

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.26>

Duan Yingxue

Postgraduate Student,

Faculty of Economics and Management,

Sumy National Agrarian University

Sumy, Ukraine

E-mail: 3343131845@qq.com

ORCID: 0000-0002-2079-8430

Lukash S. M.

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,

Dean of the Faculty of Economics and Management,

Sumy National Agrarian University

Sumy, Ukraine

E-mail: svitlana.lukash@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1948-7683

CURRENT STATUS AND CHALLENGES OF CORPORATE INVESTMENT RISK

Abstract

Corporate investment decision-making is undergoing a fundamental transformation as traditional risk models fail to account for today's complex global challenges. This paper examines how Environmental, Social, and Governance (ESG) factors have become critical determinants of investment success in an era of geopolitical volatility, technological disruption, and climate transition. Through detailed case analysis of major investment failures – including WeWork's governance collapse and energy companies facing stranded assets – we demonstrate how ESG risks directly destroy shareholder value. Our research identifies industry-specific risk patterns: energy companies confront transition risks, manufacturers face supply chain vulnerabilities, and technology firms grapple with data governance challenges. The findings reveal that ESG integration provides not just risk mitigation but competitive advantage, enabling companies to navigate regulatory changes, enhance operational resilience, and access sustainable financing. We propose a comprehensive framework for embedding ESG factors throughout investment processes, combining quantitative modeling with qualitative assessment. This approach enables investors to better price previously externalized risks while identifying new opportunities in the green transition. The study concludes that sophisticated ESG integration is no longer optional but essential for long-term value creation, requiring upgraded risk management systems, specialized expertise, and cultural transformation within organizations. As global sustainability regulations intensify and stakeholder expectations evolve, companies that proactively embrace ESG-informed investment strategies will gain durable competitive advantages in increasingly transparent markets.

Key words: investment risk, risk management, ESG, case study, industry risk, risk mitigation.

Introduction. Corporate investment is a core engine driving economic growth, technological innovation, and value creation [1]. However, against the macro backdrop of rising anti-globalization sentiment, frequent geopolitical conflicts, increasingly severe climate change issues, and accelerating technological revolution iterations, the foundation of certainty upon which investment decisions rely is disintegrating, replaced by a highly complex, interconnected, and dynamically changing «risk complex». In the past, corporate investment decisions were mostly based on traditional financial models such as Discounted Cash Flow (DCF) and Internal Rate of Return (IRR), focusing on quantifiable financial risks like market volatility, credit default, and interest rate changes [2]. But in recent years, a series of shocking major

investment failures warn us that those «non-financial» risks not fully priced by traditional models, especially ESG-related risks, have become key reasons for the annihilation of investment value.

Purpose. It is urgent to re-examine and reconstruct the management paradigm of corporate investment risk. Based on this practical need, this paper first systematically sorts out and identifies the clusters of key risk factors affecting contemporary corporate investment projects; secondly, through typical case studies, it empirically analyzes how ESG risks specifically lead to investment project failures to provide profound lessons; finally, the paper focuses on the industry level, analyzing the specific risk changes faced by industries such as energy, manufacturing, and technology, and elaborates on how ESG principles have evolved from a compliance requirement into a powerful risk mitigation tool and value discovery tool, providing theoretical basis and practical guidance for enterprises to build more resilient investment strategies.

Presentation of the main research material. The core research material presented in this paper systematically constructs a contemporary framework for understanding enterprise investment risk, which has evolved beyond traditional financial metrics into a complex interplay of macro, meso, and micro-level factors, with Environmental, Social, and Governance (ESG) considerations at its heart. The investigation begins by delineating a multi-tiered risk factor system that modern enterprises must navigate. At the macro level, geopolitical tensions, macroeconomic fluctuations, and shifting regulatory policies create an unstable foundation for long-term investments. The meso level is characterized by industry-specific threats, including disruptive technological change, intense competition, and fragile global supply chains. Most critically, at the micro level, ESG risks are identified as a decisive cluster, encompassing environmental liabilities like climate-related transition and physical risks, social controversies such as labor disputes and data security breaches, and fundamental governance failures including corruption and weak oversight. This risk taxonomy establishes that a myopic focus on financials is insufficient, as non-financial ESG factors can directly precipitate financial catastrophe. This theoretical framework is then vividly substantiated through in-depth case studies of major investment failures. The analysis of WeWork's collapse serves as a quintessential example of how severe governance risks, concerning founder control and conflicted transactions, can obliterate billions in valuation despite a seemingly viable business model. Conversely, the case of a European energy giant suffering massive asset write-downs illustrates the material financial impact of environmental transition risk, where investments in fossil fuels become stranded due to accelerated global decarbonization policies. These cases empirically demonstrate that ESG factors are not peripheral but are central to determining investment viability. Furthermore, the research material extends this analysis to industry-specific dynamics, examining how risk profiles are uniquely transforming in sectors like energy, manufacturing, and technology. In energy, the core risk shifts from resource extraction to navigating the transition to renewables, while manufacturing grapples with building resilient and green supply chains. The tech industry faces existential threats from data ethics and regulatory compliance challenges. Across all these sectors, the paper argues that ESG principles have evolved from being mere risk sources into powerful risk mitigation tools. Proactively integrating ESG allows companies to secure social licenses to operate, future-proof their assets against regulatory changes, enhance supply chain robustness, and build trust with stakeholders. Ultimately, the main research material culminates in the argument that a paradigm shift is imperative: success in modern investment requires fusing traditional financial analysis with a robust, integrated ESG framework throughout the investment decision-making process, transforming risk management from a defensive tactic into a strategic advantage for sustainable value creation.

System of Key Risk Factors Affecting Corporate Investment Projects. The risk factors of modern corporate investment projects have formed a multi-level, interpenetrating complex system. This system transcends the narrow perspective of traditional risk management, requiring managers to have a more holistic and forward-looking insight. This system can be roughly divided into macro, meso, and micro levels, each containing key factors that can overturn investment expectations [3].

At the macro level, geopolitical risk has become the primary source of uncertainty [4]. Great power competition, trade sanctions, and the instability of international agreements (such as fluctuations in the implementation of the Paris Agreement) directly threaten global supply chain security and market access. For example, when making major infrastructure investments overseas, the host country's political stability, policy inclination towards China, and foreign exchange control measures are factors that must be assessed upfront. Macroeconomic risks are equally important. Global inflationary pressures are forcing central banks into interest rate hike cycles, directly increasing the capital cost of projects and potentially suppressing end-market demand, which is particularly damaging to long-term, capital-intensive investment projects. Its impact can be reflected through a modified Capital Asset Pricing Model (CAPM).

At the meso level, industry technology risk and competitive landscape risk are becoming increasingly prominent [5]. The exponential growth in the speed of technological iteration (such as AI's disruption of traditional industries) may render an investment technologically obsolete by the time it commences operation. Meanwhile, supply chain risk has been fully exposed post-pandemic. Single, concentrated supply chain models have become extremely fragile; disruption in any link can lead to the shutdown of the entire production system.

At the micro level, besides the ever-present project execution risk, management risk, and financial risk, ESG risk has moved from the periphery to the core [6]. It is not a single risk but a cluster of risks: Environmental (E) risk includes physical risks from climate change (e.g., damage to assets from extreme weather) and transition risks (e.g., worsening cost structure due to carbon tax policies); Social (S) risk covers labor rights, community relations, product safety, etc. A major

safety accident or labor dispute can be enough to destroy brand reputation and the project's social license to operate; Governance (G) risk involves the transparency of corporate decisions, board independence, and anti-corruption mechanisms. Poor governance is the fundamental internal cause of many investment failures. These risk factors are difficult to quantify precisely with traditional models, but their destructive power is very real. The following table summarizes the key risk factors and their potential impacts:

Table 1. Classification and Impact of Key Risk Factors for Corporate Investment Projects

Risk Level	Risk Category	Specific Risk Factors	Main Potential Impacts
Macro	Geopolitical Risk	International tensions, trade barriers, war conflict, sanctions	Limited market access, assets frozen or confiscated, supply chain disruption
	Macroeconomic Risk	Inflation, interest rate hikes, exchange rate fluctuations, economic recession	Rising capital costs, demand shrinkage, inaccurate cash flow forecasts, exchange loss
	Regulatory Policy Risk	Changes in industrial policy, stricter environmental regulations, tax policy adjustments	Soaring compliance costs, business model failure, additional tax burdens
Meso	Industry Technology Risk	Technological disruption, technology route competition, R&D failure	Invested technology becomes obsolete, intellectual property devaluation, sunk investment
	Market Competition Risk	Threat of new entrants, price wars, emergence of substitutes	Market share erosion, profit margin decline, expected revenue unrealized
	Supply Chain Risk	Key raw material supply interruption, logistics bottlenecks, high supplier concentration	Production interruption, cost increase, delivery delays
Micro	ESG Risk	Environmental (E): Carbon emissions, pollution, resource depletion, biodiversity loss	Facing high carbon taxes, environmental penalties, lawsuits; stranded assets; financing difficulties
		Social (S): Labor disputes, community conflict, data security, product liability	Decision-making errors, regulatory investigation, legal consequences, loss of investor confidence
		Governance (G): Corruption, board failure, internal control loopholes, fraud	Decision-making errors, regulatory investigation, legal consequences, loss of investor confidence
	Project Execution Risk	Schedule delays, cost overruns, engineering quality defects	Significant reduction in ROI (Return on Investment), tight cash flow
	Financial & Operational Risk	Cash flow rupture, interest rate risk, high customer concentration	Debt crisis, bankruptcy reorganization

Case Studies of Major Investment Failures and the Fatal Impact of ESG Risks. Theoretical risk exposition is far less profound than the lessons from real cases. Reviewing major investment failures of the past decade clearly reveals that ESG factors often play the role of a «fatal blow».

Case 1. WeWork IPO Failure – A Classic Lesson in Governance (G) Risk

The rise and fall of shared office company WeWork is one of the most thought-provoking investment cases in recent years. Its business model was once seen as an innovator disrupting traditional offices, attracting huge investments including from the SoftBank Vision Fund, with its valuation once reaching \$47 billion. However, when it filed for an IPO in 2019, the market and analysts quickly saw through the massive governance risks beneath its glamorous surface. Key issues included: super-voting shares giving the founder absolute control, multiple related-party transactions involving the founder (e.g., leasing his personally owned properties to the company), a chaotic corporate governance structure, and a decision-making mechanism lacking checks and balances. These governance flaws led to distrust in its business model, questioning of its financial data, ultimately forcing the withdrawal of the IPO and a cliff-like drop in valuation to less than \$8 billion. SoftBank's investment suffered huge losses exceeding \$10 billion. This case proves that no matter how attractive the business model, poor corporate governance is enough to destroy the value of any huge investment.

Case 2. Stranded Assets of a European Energy Giant – A True Portrayal of Environmental (E) and Transition Risk

A major European energy group, based on optimistic predictions of future energy demand, invested globally in multiple large natural gas fields and liquefied natural gas (LNG) terminal projects. These projects had investment cycles of 20-30 years, with investments ranging from billions to tens of billions of dollars. However, the pace of the global energy transition accelerated far beyond the company's expectations. With the implementation of the Paris Agreement, the establishment of national carbon neutrality goals, and the rapid decline in the cost of renewable energy, long-term global demand expectations for fossil fuels were completely reversed. The company found that its heavily invested natural gas projects were likely to lose economic value before the end of their project lifespan due to global «decarbonization», becoming «stranded assets». According to its annual report disclosures, in response to the energy transition and re-evaluation of project prospects, the company incurred cumulative impairments and loss provisions of nearly \$30 billion between 2020–2022, causing a huge impact on its financial condition. This case highlights the devastating financial consequences of ignoring environmental transition risks.

These cases eloquently demonstrate that ESG is no longer a «nice-to-have» ethical choice but a «bottom-line» requirement concerning investment survival. Investors must elevate ESG due diligence to the same level of importance as financial and legal due diligence.

Table 2. Analysis of ESG Risk Factors in Major Investment Failure Cases

Case Name	Main Investor(s)	Investment Area	Initial Valuation/ Investment	Direct Manifestation of Failure	Core ESG Risk Factor(s)	Final Outcome & Loss
WeWork	SoftBank Vision Fund	Shared Office	\$47B (Valuation)	IPO withdrawn, valuation plummeted	Governance (G) Risk: Related-party transactions, founder control, ineffective board oversight	Valuation fell below \$8B, SoftBank loss >\$10B
Eur. Energy Giant	Public Shareholders	Fossil Energy	Tens of Billions USD	Huge asset write-downs	Environmental (E) Risk: Accelerated energy transition policies, rising carbon costs, reversed demand expectations	~\$30B in asset write-downs, long-term stock price pressure
Tech Company A	Multinational Funds	Consumer Tech	\$2B	Banned by host government	Social (S) Risk: Inadequate data security & privacy, raising national sovereignty concerns	Total investment loss, exited market

Energy Industry: Transition Risk from Resource Endowment to Technological Endowment. The core risk for the traditional energy industry (oil, gas, coal) has completely shifted from the geological risk of «whether resources can be found» to the policy and technological risk of «whether it can cope with the energy transition» [7]. Policies such as carbon taxes, mandatory emission reductions, and green subsidies are fundamentally changing the industry's cost structure and competitive landscape. For the renewable energy industry (wind, solar, hydrogen), although it aligns with the low-carbon transition direction, it also faces new specific risks, such as supply security and price volatility of upstream raw materials like polysilicon and lithium, technical challenges of grid integration and consumption, and community relations issues during project development (e.g., noise and ecological impact of wind farms triggering local protests).

ESG's Mitigation Role: For traditional energy companies, proactively embracing ESG means increasing investment in Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) technology and strategically increasing the proportion of renewable energy business to achieve a smooth transition of the asset portfolio and reduce overall transition risk. For new energy companies, excellent ESG management means fully communicating with local communities early in the project, establishing shared benefit mechanisms, and obtaining a «social license to operate», thereby ensuring smooth project progression and long-term stable operation.

Manufacturing: Supply Chain Resilience and Circular Economy. The core risks faced by manufacturing are the disruption and cost risks brought about by global supply chain restructuring [8]. The pandemic and geopolitics have exposed the vulnerability of long, overly concentrated supply chains. Simultaneously, demands from consumers and regulators for environmental sustainability are increasing, such as the EU's upcoming Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), which will tax imported products with high carbon footprints.

ESG's Mitigation Role: Integrating ESG principles into supply chain management (building a «green supply chain») is an effective risk mitigation strategy. This includes: conducting ESG screening and assessment of suppliers, prioritizing partners that meet environmental and labor standards; investing in circular economy models, such as using recycled materials and designing recyclable products, to reduce dependence on virgin resources and the impact of price fluctuations; promoting energy saving and consumption reduction in production processes, directly reducing operating costs and avoiding future carbon tax risks. This not only enhances supply chain resilience but also creates new cost advantages and brand value.

Technology Industry: Data Ethics and Regulatory Compliance. The core risks for the technology industry, especially platform and AI companies handling large amounts of user data, are increasingly stringent data security and privacy regulations (such as China's Cybersecurity Law, the EU's General Data Protection Regulation GDPR) and algorithm ethics risks [9–11]. Once red lines are crossed, the consequences can be astronomical fines, business restrictions, or even forced bankruptcies.

ESG's Mitigation Role: Incorporating data security and algorithm ethics into the core scope of corporate governance (G) is the most important risk mitigation measure for technology companies. Establishing an independent data ethics committee, conducting fairness audits of algorithms, implementing «Privacy by Design» principles, and maintaining transparent communication with regulators – these ESG practices can help tech companies anticipate compliance requirements, win user trust, thereby obtaining long-term operational licenses and ensuring sustainable returns on investment.

In summary, ESG is no longer an independent, add-on risk module but an underlying logic permeating all industry risks. It provides a systematic framework to help investors and enterprises:

Identify «Gray Rhino» risks: Systematically identify those high-probability, high-impact long-term risks often ignored by traditional analysis (e.g., climate transition risk).

Quantify risks: Attempt to financialize non-financial risks by developing ESG scoring systems and risk premium models, incorporating them into investment valuation models.

Develop mitigation strategies: Shift from passive compliance to active management, turning ESG factors into strategic tools for optimizing operations, innovating products, and building moats.

Conclusions. The analysis in this paper reveals that the connotation and extension of contemporary corporate investment risk have undergone profound evolution. A three-dimensional risk network woven from macro geopolitical,

meso industry technological, and micro ESG factors is now determining the success or failure of investments. Cases like WeWork warn us that ignoring ESG, particularly governance risk, leads to catastrophic consequences. Viewed by industry, specific risks in energy, manufacturing, technology, and other fields are changing rapidly. Their commonality is that ESG is no longer just a source of risk but also the core methodology for responding to and mitigating these risks.

Looking forward, corporate investment risk management must undergo dual innovation in concept and tools. Conceptually, it must shift from short-term financial performance orientation to long-term value creation and sustainable development orientation, deeply integrating ESG into the entire investment decision-making process. In terms of tools, it is necessary to actively develop and adopt more advanced risk quantification models, such as Monte Carlo simulations integrating ESG factors for holistic project risk assessment; utilizing big data and AI technology for real-time monitoring and early warning of supply chain ESG risks.

Ultimately, successful enterprises will be the pioneers capable of transforming the «defensive» strategy of ESG risk management (avoiding losses) into an «offensive» strategy (creating value). Through responsible investment and management, they can not only more effectively avoid risks such as stranded assets and reputational damage but also discover new business opportunities, enhance customer and employee loyalty, and reduce capital costs, thereby building certain, sustainable competitive advantages in an uncertain era. The paradigm shift in investment management has already occurred. Embracing this change rather than resisting it is a mandatory question for all market participants.

Bibliography

1. Cao Z. Problems and Countermeasures in the Post-Evaluation Management of Enterprise Investment Projects. *Project Cost Management*. 2025. 36(04), 24–28. DOI: 10.19730/j.cnki.1008-2166.2025-04-024.
2. Chen W. A Summary of Enterprise Project Investment Decision-Making Methods – Also on the Four-Dimensional Decision Framework System. *Industrial Technology & Economy*. 2011. 30(01), 150–156.
3. Chen C., Xu J. Evaluation System and Application of Digital Transformation Capability of Manufacturing Enterprises. *Science and Technology Management Research*. 2020. 40(11), 46–51. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7695.2020.11.007.
4. Feng X., Meng X. Analysis of the Impact Mechanism of Innovation Incentive Policies on Green Technology Innovation. *Science and Technology Management Research*. 2024. 44(24), 29–37. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7695.2024.24.004.
5. Harms P., Knaze J. Bilateral de-jure exchange rate regimes and foreign direct investment: A gravity analysis. *Journal of International Money and Finance*. 2021. 117, 102438. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2021.102438.
6. Luo B. Internal Control, Investor Sentiment and Corporate Investment Efficiency. *Journal of Zhongnan University of Economics and Law*. 2017. (06), 11–20+158.
7. Li, H. Wang Yao: ESG is an Important Factor for Judging Enterprises by Non-financial Indicators. *Technology and Finance*. 2023. (03), 8–13+7.
8. Yuan K., Liu M., Cui J. Can the Servitization Transformation of Advanced Manufacturing Enhance Export Resilience? – Empirical Evidence from the Cross-National Level. *Journal of Shanghai University of International Business and Economics*. 2025. 32(05), 5–23. DOI: 10.16060/j.cnki.issn2095-8072.2025.05.001.
9. Ye Q., Li Y., Lu H., et al. Evolution Characteristics of the Spatio-Temporal Pattern of Humanities and Social Science Research in China: Analysis Based on National Social Science Foundation Project Approval Data. *Science and Technology Management Research*. 2024. 44(24), 224–232. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7695.2024.24.024.
10. Zhang G. Technological Change, Paradigm Shift and the Technological Catch-up of China's Industries. *China Soft Science*. (03), 2013. 53–65.
11. Zhang L. Risk Assessment and Mitigation Strategies for Green Supply Chain Finance in the Energy Industry Based on the ESG Framework. *Business Observation*. 2025. 11(18), 90–93+120. DOI: 10.3969/j.issn.2096-0808.2025.18.016.

Дуан Іньсюе

аспірант,

факультет економіки та менеджменту,
Сумський національний аграрний університет

Суми, Україна

E-mail: 3343131845@qq.com

ORCID: 0000-0002-2079-8430

Лукаш С. М.

кандидат економічних наук, доцент,
декан факультету економіки та менеджменту,
Сумський національний аграрний університет

Суми, Україна

E-mail: svitlana.lukash@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1948-7683

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ВИКЛИКИ КОРПОРАТИВНИХ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РИЗИКІВ

Анотація

Корпоративне інвестиційне прийняття рішень зазнає фундаментальної трансформації, оскільки традиційні моделі ризику не враховують складних глобальних викликів сьогодення. У статті досліджується, як фактори ESG (екологічні,

соціальні та управлінські) стали критично важливими детермінантами успіху інвестицій в епоху геополітичної нестабільності, технологічних змін та кліматичного переходу. На основі детального аналізу масштабних інвестиційних невдач, включаючи крах WeWork через проблеми корпоративного управління та енергетичні компанії, що стикнулися із замороженими активами, ми демонструємо, як ризики ESG безпосередньо руйнують акціонерну вартість. Наше дослідження визначає специфічні для галузей ризики: енергетичні компанії стикаються з перехідними ризиками, виробники – з уразливостями ланцюгів поставок, а технологічні компанії – з проблемами управління даними. Результати показують, що інтеграція ESG забезпечує не лише пом'якшення ризиків, а й конкурентну перевагу, даючи компаніям змогу адаптуватися до регуляторних змін, підвищувати операційну стійкість та отримувати доступ до сталого фінансування. Ми пропонуємо комплексну рамку для впровадження факторів ESG у всі інвестиційні процеси, поєднуючи кількісне моделювання з якісною оцінкою. Цей підхід дає змогу інвесторам краще оцінювати раніше зовнішні ризики та виявляти нові можливості в умовах зеленого переходу. Зроблено висновок, що комплексна інтеграція ESG більше не є опціональною, а essentialною для довгострокового створення вартості, вимагаючи оновлення систем управління ризиками, спеціалізованої експертизи та культурної трансформації усередині організацій. У міру посилення глобальних регуляцій у сфері сталого розвитку та еволюції очікувань стейкхолдерів компанії, які проактивно впроваджують інвестиційні стратегії, ураховують ESG, отримають стійкі конкурентні переваги на дедалі більш прозорих ринках.

Ключові слова: інвестиційний ризик, управління ризиками, ESG, кейс-стаді, галузевий ризик, пом'якшення ризиків.

References

1. Cao, Z. (2025). 企业投资项目后评价管理存在的问题及应对策略[Problems and Countermeasures in the Post-Evaluation Management of Enterprise Investment Projects]. *Project Cost Management*, 36(04), 24–28. <https://doi.org/10.19730/j.cnki.1008-2166.2025-04-024> [in Chinese].
2. Chen, W. (2011). 企业项目投资决策方法综述 – 兼论四维决策框架体系[A Summary of Enterprise Project Investment Decision-Making Methods – Also on the Four-Dimensional Decision Framework System]. *Industrial Technology & Economy*, 30(01), 150–156. [in Chinese].
3. Chen, C., & Xu, J. (2020). 制造企业数字化转型能力评价体系及应用[Evaluation System and Application of Digital Transformation Capability of Manufacturing Enterprises]. *Science and Technology Management Research*, 40(11), 46–51. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7695.2020.11.007> [in Chinese].
4. Feng, X., & Meng, X. (2024). 创新激励政策对绿色技术创新的影响机制分析[Analysis of the Impact Mechanism of Innovation Incentive Policies on Green Technology Innovation]. *Science and Technology Management Research*, 44(24), 29–37. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7695.2024.24.004> [in Chinese].
5. Harms, P., & Knaze, J. (2021). Bilateral de-jure exchange rate regimes and foreign direct investment: A gravity analysis. *Journal of International Money and Finance*, 117, 102438. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2021.102438> [in English].
6. Luo, B. (2017). 内部控制、投资者情绪与企业投资效率[Internal Control, Investor Sentiment and Corporate Investment Efficiency]. *Journal of Zhongnan University of Economics and Law*, (06), 11–20+158. [in Chinese].
7. Li, H. (2023). Wang Yao: 王遥: ESG是对企业进行非财务指标判断的重要因素[ESG is an Important Factor for Judging Enterprises by Non-financial Indicators]. *Technology and Finance*, (03), 8–13+7. [in Chinese].
8. Yuan, K., Liu, M., & Cui, J. (2025). 先进制造业服务化转型能否提升出口韧性? —来自跨国层面的经验证据[Can the Servitization Transformation of Advanced Manufacturing Enhance Export Resilience?—Empirical Evidence from the Cross-National Level]. *Journal of Shanghai University of International Business and Economics*, 32(05), 5–23. <https://doi.org/10.16060/j.cnki.issn2095-8072.2025.05.001> [in Chinese].
9. Ye, Q., Li, Y., Lu, H., et al. (2024). 中国人文社会科学研究时空格局演化特征: 基于国家社会科学基金立项数据的分析[Evolution Characteristics of the Spatio-Temporal Pattern of Humanities and Social Science Research in China: Analysis Based on National Social Science Foundation Project Approval Data]. *Science and Technology Management Research*, 44(24), 224–232. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7695.2024.24.024> [in Chinese].
10. Zhang, G. (2013). 技术变革、范式转换与我国产业技术赶超[Technological Change, Paradigm Shift and the Technological Catch-up of China's Industries]. *China Soft Science*, (03), 53–65. [in Chinese].
11. Zhang, L. (2025). 基于ESG框架的能源行业绿色供应链金融风险评估与缓释策略[Risk Assessment and Mitigation Strategies for Green Supply Chain Finance in the Energy Industry Based on the ESG Framework]. *Business Observation*, 11(18), 90–93+120. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-0808.2025.18.016> [in Chinese].

Отримано: 22.09.2025

Рекомендовано: 27.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 331.5.024.54:004.8

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.27>

Бурлаков О. С.

кандидат економічних наук, доцент,
асистент кафедри обліку, оподаткування та технологій електронного бізнесу,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: burlakovos@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2753-3600

ВИКЛИКИ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ЕКОНОМІЧНИХ ГАЛУЗЕЙ В УМОВАХ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація

У статті проведено комплексний аналіз викликів, що постають перед системою вищої економічної освіти в умовах стрімкого поширення технологій штучного інтелекту (ШІ).

Актуальність дослідження зумовлена фундаментальною трансформацією ринку праці та зміною вимог до компетенцій економістів, що створює значний розрив між традиційними освітніми програмами та реальними потребами бізнесу. Інтеграція ШІ в економічні процеси, від автоматизації до побудови складних прогнозних моделей, вимагає від фахівців нових навичок.

Метою статті є ідентифікація, систематизація та аналіз ключових проблем у підготовці економістів, а також розробка рекомендацій щодо модернізації освітнього процесу. Наукова новизна полягає у розробці авторської систематизації пріоритетних компетенцій економіста в епоху ШІ та обґрунтуванні комплексу заходів для подолання кадрового дефіциту викладачів у цій сфері. У ході дослідження використано системний підхід, методи аналізу наукової літератури та узагальнення результатів експертних консультацій з представниками академічної спільноти та IT-бізнесу. Виявлено, що основними викликами є: інертність навчальних планів, дефіцит викладачів-практиків, недостатня матеріально-технічна база та домінування теоретичного підходу. Особливу увагу приділено аналізу зміни парадигми необхідних компетенцій: від здатності виконувати розрахунки до вміння формулювати задачі для систем ШІ, критично оцінювати результати їх роботи та враховувати етичні аспекти. Запропоновано напрями модернізації освітнього процесу, що включають впровадження міждисциплінарних курсів, інтеграцію практичних кейсів, розвиток проєктного навчання та інноваційні моделі співпраці університетів з IT-компаніями для вирішення проблеми кадрового голоду. Зроблено висновок, що успішна адаптація системи освіти вимагає глибокої структурної перебудови, спрямованої на формування у майбутніх економістів нового типу мислення – аналітичного, системного та інноваційного, що є критично важливим для економічного зростання країни.

Ключові слова: штучний інтелект, економічна освіта, ринок праці, цифрові компетенції, підготовка фахівців, модернізація освіти, аналіз даних, освітні програми.

Вступ. Четверта промислова революція, рушійною силою якої є технології штучного інтелекту (ШІ), докорінно змінює глобальний економічний ландшафт. ШІ перестає бути інструментом виключно технологічних галузей, глибоко проникаючи в усі сфери економічної діяльності: фінансовий аналіз, аудит, маркетинг, логістику, управління персоналом та стратегічне планування. Здатність алгоритмів обробляти величезні масиви даних (Big Data), виявляти приховані закономірності та автоматизувати складні аналітичні процеси створює безпрецедентні можливості для підвищення ефективності бізнесу [6]. Водночас ця трансформація кидає серйозний виклик традиційній системі підготовки фахівців економічних спеціальностей.

Вимоги ринку праці до економістів кардинально змінюються. На передній план виходять цифрові компетенції: володіння інструментами аналізу даних, основами машинного навчання (як підгалузі ШІ), мовами програмування (зокрема, Python та R) [1]. Виникає гостра проблема невідповідності навичок випускників запитам бізнесу, що призводить до структурного безробіття та гальмування інноваційного розвитку країни. За попередніми оцінками, економічні втрати від дефіциту кваліфікованих аналітиків даних можуть сягати значних відсотків ВВП через втрачені можливості для оптимізації бізнес-процесів. Хоча вплив ШІ на економіку активно досліджується [1; 7], питання системної адаптації освітнього процесу підготовки економістів залишається недостатньо розкритим. Наукова новизна даної роботи полягає у спробі систематизувати ключові компетенції економіста нової форми та запропонувати конкретні механізми модернізації освіти, що враховують економічні реалії України [4].

Мета дослідження. Метою даного дослідження є ідентифікація, систематизація та аналіз ключових викликів, що стоять на заваді ефективній підготовці фахівців економічних галузей в умовах впровадження технологій штучного інтелекту, а також розробка науково обґрунтованих пропозицій щодо модернізації змісту, форм та методів економічної освіти для подолання існуючого розриву між теорією та практикою цифрової економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтеграція ШІ в економіку висуває принципово нові вимоги до компетенцій фахівців. Сучасний економіст повинен вирішувати складні, неструктуровані завдання, що вимагають

поєднання економічної інтуїції та технологічної грамотності. На основі аналізу наукових джерел [2; 8; 9] можна виділити кілька ключових груп викликів.

Перший виклик – інертність освітніх програм. Навчальні плани у багатьох ЗВО оновлюються надто повільно і не відображають динаміку технологічних змін. Дисципліни, пов'язані з аналізом даних, машинним навчанням, часто мають вибірковий характер або відсутні. Як наслідок, випускники не володіють інструментарієм, який вимагає сучасний ринок праці [8].

Другий виклик – кадровий голод у викладацькому середовищі. Якісна підготовка неможлива без викладачів, які володіють сучасними програмними продуктами та мають практичний досвід. Фахівці високого рівня в галузі Data Science є більш затребуваними у бізнес-секторі. Ця проблема вимагає нестандартних рішень, оскільки пряма конкуренція за кадри з бізнесом є неможливою для ЗВО.

Третій виклик – недостатня матеріально-технічна база. Ефективне навчання роботі з великими даними та ШІ-моделями вимагає відповідної інфраструктури: потужних комп'ютерів, доступу до хмарних ресурсів та ліцензійного програмного забезпечення. Це створює значне фінансове навантаження для багатьох університетів, що відповідає фундаментальним принципам економіки інформаційних продуктів, які характеризуються високими початковими інвестиціями [9; 10].

Четвертий виклик – зміна парадигми необхідних навичок. Відбувається фундаментальний зсув від «hard skills» минулого до нової комбінації технічних та когнітивних компетенцій. Для визначення пріоритетних навичок автором було проведено систематизацію вимог провідних роботодавців та проведено серію консультативних інтерв'ю протягом 2024–2025 рр. з 15 експертами (7 представників IT-бізнесу та 8 науково-педагогічних працівників провідних економічних університетів України). Результати цього узагальнення представлені в таблиці 1.

Для подолання цих викликів необхідна комплексна модернізація освітнього процесу, яка має базуватися на економічній доцільності та орієнтації на довгострокові потреби ринку. Ключовими напрямками мають стати:

- **Оновлення навчальних планів:** впровадження обов'язкових дисциплін з програмування, статистики, машинного навчання для економістів [2].
- **Міждисциплінарна інтеграція:** створення спільних програм та курсів між економічними та IT-факультетами.
- **Практико-орієнтоване навчання:** використання проєктного методу, вирішення реальних кейсів, наприклад, аналіз відкритих даних Держстату чи НБУ, робота з бібліотеками Scikit-learn для прогнозування та Tableau для візуалізації.

Таблиця 1. Пріоритетні компетенції економіста в епоху ШІ (авторська систематизація)

Компетенція	Опис та значення в контексті ШІ
Аналітичне та критичне мислення	Здатність ставити правильні питання до даних, формувати бізнес-задачі для аналізу, критично оцінювати результати, отримані від ШІ, виявляти упередженість (bias) в алгоритмах.
Data Literacy (Грамотність у роботі з даними)	Розуміння життєвого циклу даних: збір, очищення, зберігання, обробка, візуалізація.
Володіння інструментами аналізу даних	Вміння працювати з різними типами даних. Практичні навички роботи з Python/R та ключовими бібліотеками (Pandas, NumPy, Scikit-learn, TensorFlow), SQL, інструментами візуалізації (Tableau, Power BI).
Розуміння основ машинного навчання	Знання базових алгоритмів (регресія, класифікація, кластеризація), розуміння їх переваг та недоліків, здатності застосовувати відповідну модель до конкретної економічної задачі.
Етика та відповідальність у використанні ШІ	Розуміння соціальних наслідків використання алгоритмів, питань конфіденційності даних, проблеми алгоритмічної дискримінації та способів її уникнення.
Комунікативні навички та сторітелінг	Вміння представити результати складного аналізу даних у зрозумілій для нетехнічних фахівців (менеджерів, маркетологів) формі, «розповісти історію» на основі даних.

– **Розвиток викладацького потенціалу:** впровадження інноваційних моделей, таких як програми «visiting professors» для практиків з бізнесу, створення спільних (дуальних) ставок, що фінансуються університетом та компанією-партнером, залучення міжнародних грантів для стажування викладачів.

– **Співпраця з бізнесом:** створення спільних лабораторій, надання компаніями доступу до знеособлених даних для навчальних цілей [5].

Висновки. Штучний інтелект фундаментально трансформує економіку, що вимагає не косметичних змін, а кардинальної перебудови системи підготовки економічних кадрів. Проведене дослідження дозволило систематизувати ключові виклики на цьому шляху: інертність освітніх програм, дефіцит викладачів-практиків, слабку інфраструктуру та розрив між навичками випускників та потребами ринку.

Ключовим внеском цієї роботи є авторська систематизація пріоритетних компетенцій для економіста нової формації, що поєднують глибокі аналітичні, технічні та етичні навички. На відміну від простої констатації проблем, запропоновано конкретні, хоч і складні у реалізації, механізми їх вирішення, зокрема інноваційні моделі залучення практиків до викладання. Майбутній економіст має стати «архітектором» взаємодії з інтелектуальними системами. Бездіяльність у реформуванні освіти сьогодні призведе до значних економічних втрат та технологічного відставання України завтра.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці конкретних моделей компетенцій для різних економічних спеціальностей, а також у кількісній оцінці економічної ефективності від впровадження запропонованих освітніх інновацій.

Список використаних джерел

1. Брінюлфссон Ерік, Макафі Ендрю. Друга епоха машин: робота, прогрес та процвітання в часи надзвичайних технологій. Київ : K.Fund, 2016. 236 с.
2. Бурлаков О. С. Теоретичні засади впровадження та використання сучасних технологій інтелектуального аналізу даних в економіці. Електронне наукове фахове видання з економічних наук «Modern Economics». 2021. № 25. С. 27–32.
3. Глухова С. Як штучний інтелект інтегрують в українську освіту. Розбираємо плани Мінцифри, МОН та ключові ризики. DOU. 2025. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/ai-in-the-ukrainian-education-2025/> (дата звернення: 19.09.2025).
4. Юрченко Г., Лєсьо А. Роль штучного інтелекту в економічному зростанні. *Development Service Industry Management*. 2024. №2. С. 195–200. [https://doi.org/10.31891/dsim-2024-6\(29\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2024-6(29))
5. Acemoglu, D., Restrepo, P. Artificial Intelligence, Automation and Work : NBER Working Paper No. 24196. *National Bureau of Economic Research*. 2018. URL: <https://doi.org/10.3386/w24196>.
6. Akhtanova Saltanat, Baibatshayeva Aidaikyz, Uzakhova Ainakul, Saimbetova Zhanar, Zhubakova Saule. Artificial intelligence and the transformation of the labor market: Pedagogical challenges in training specialists. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*. 2024. Vol. 7, Iss. 3. С. 863–871. DOI: <https://doi.org/10.53894/ijriss.v8i6.10078>
7. Floridi L., Cows J. A Unified Framework of Five Principles for AI in Society. *Harvard Data Science Review*. 2019. Vol. 1, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>.
8. Future of Jobs Report 2025. Cologne : World Economic Forum, 2025. 290 p. URL: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf (дата звернення: 19.09.2025).
9. Marr B. The Intelligence Revolution: Transforming Your Business with AI. New York: *John Wiley & Sons*, 2020. 224 p.
10. Navigating the digital and artificial intelligence revolution in Arab labour markets: Trends, challenges and opportunities. Geneva : International Labour Organization (ILO), 2025. 126 p. DOI: <https://doi.org/10.54394/OYOA8722>.
11. Vergara-Romero Arnaldo. Challenges and stakes of artificial intelligence in economic sciences. *Revista Amazonia Investiga*. 2023. Vol. 12(64), C. 7–8 DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2023.64.04.0>.
12. Wong Lawrence P. W.. Artificial Intelligence and Job Automation: Challenges for Secondary Students' Career Development and Life Planning. *Merits*. 2024. Vol. 4, Iss. 4. P. 370–399. DOI: <https://doi.org/10.3390/merits4040027>.

Burlakov O. S.

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Assistant at the Department of Accounting, Taxation, and E-Business Technologies,
Higher Educational Institution “Podillia State University”*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: burlakovos@pdatu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2753-3600

CHALLENGES IN TRAINING SPECIALISTS IN ECONOMIC FIELDS IN THE CONTEXT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Abstract

The article provides a comprehensive analysis of the challenges facing the system of higher economic education amid the rapid proliferation of artificial intelligence (AI) technologies. The study's relevance is driven by the fundamental labor market transformation and changing competency requirements for economists, creating a significant gap between traditional educational programs and real business needs. The integration of AI into economic processes, from automation to building complex predictive models, demands new skills from specialists. The article aims to identify, systematize, and analyze key problems in training economists, and to develop recommendations for modernizing the educational process. The scientific novelty lies in the development of the author's systematization of priority competencies for an economist in the AI era and the justification of a set of measures to overcome the shortage of teaching staff in this field. The research employed a systematic approach, methods of scientific literature analysis, and generalization of expert consultations with representatives of the academic community and the IT business. The main challenges identified are the inertia of curricula, a shortage of practitioner-lecturers, an insufficient material and technical base, and the dominance of a theoretical approach. Special attention is given to the paradigm shift in required competencies: from performing calculations to formulating tasks for AI systems, critically evaluating their results, and considering ethical aspects. The author proposes modernization directions for the educational process, including interdisciplinary courses, integration of practical case studies, development of project-based learning, and innovative models of university-IT company collaboration to address the staff shortage. It is concluded that the successful adaptation of the education system requires a deep structural transformation aimed at fostering a new type of thinking in future economists – analytical, systemic, and innovative – which is crucial for the country's economic growth.

Key words: artificial intelligence, economic education, labor market, digital competencies, specialist training, education modernization, data analysis, educational programs.

References

1. Brynolfsson, E., & Makafi, E. (2016). *Druha epokha mashyn: robota, prohres ta prostyvannia v chasy nadzvychainykh tekhnolohii* [The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of extraordinary technologies]. K.Fund. [in Ukrainian].
2. Burlakov, O. S. (2021). Teoretychni zasady vprovadzhennia ta vykorystannia suchasnykh tekhnolohii intelektualnoho analizu danykh v ekonomitsi [Theoretical principles of introduction and use of modern technologies of intellectual data analysis in economics]. *Modern Economics*, (25), 27–32 [in Ukrainian].
3. Hlukhova, S. (2025). Yak shtuchnyi intelekt intehruiut v ukrainsku osvitu. Rozbyraemos plani Mintsufry, MON ta kliuchovi ryzyky [How artificial intelligence is being integrated into Ukrainian education. Analyzing the plans of the Ministry of Digital Transformation, the Ministry of Education and Science, and key risks]. *DOU*. Retrieved from <https://dou.ua/lenta/articles/ai-in-the-ukrainian-education-2025/> [in Ukrainian].
4. Yurchenko, H., & Lesio, A. (2024). Rol shtuchnoho intelektu v ekonomichnomu zrostanti [The role of artificial intelligence in economic growth]. *Development Service Industry Management*, 2(2), 195–200. [https://doi.org/10.31891/dsim-2024-6\(29\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2024-6(29)) [in Ukrainian].
5. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). *Artificial intelligence, automation and work* (NBER Working Paper No. 24196). National Bureau of Economic Research. Retrieved from <https://www.nber.org/papers/w24196> [in English].
6. Akhtanova, S., Baibatshayeva, A., Uzakhova, A., Saimbetova, Z., & Zhubakova, S. (2024). Artificial intelligence and the transformation of the labor market: Pedagogical challenges in training specialists. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 7(3), 863–871. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i6.10078> [in English].
7. Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1> [in English].
8. World Economic Forum. (2025). *Future of jobs report 2025*. Retrieved from https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf [in English].
9. Marr, B. (2020). *The intelligence revolution: Transforming your business with AI*. John Wiley & Sons. [in English].
10. International Labour Organization. (2025). *Navigating the digital and artificial intelligence revolution in Arab labour markets: Trends, challenges and opportunities*. Retrieved from <https://www.ilo.org/sites/default/files/2025-09/En-FullReport-Navigating%20the%20digital%20and%20AI%20revolution.pdf> [in English].
11. Vergara-Romero, A. (2023). Challenges and stakes of artificial intelligence in economic sciences. *Revista Amazonia Investiga*, 12(64), 7–8. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.64.04.0>. [in English].
12. Wong, Lawrence P. W. (2024). Artificial Intelligence and Job Automation: Challenges for Secondary Students' Career Development and Life Planning. *Merits*, 4(4), 370–399. <https://doi.org/10.3390/merits4040027> [in English].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 11.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 332.2:332.3

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.28>

Місюк М. В.

*доктор економічних наук, професор,
проректор з навчальної роботи
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: misyuknikolai@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2903-7715*

Лобунько А. В.

*кандидат економічних наук,
докторант кафедри економіки, підприємництва,
торгівлі та біржової діяльності
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: lobunkoanton@ukr.net
ORCID: 0009-0005-3661-3719*

ЗЕМЕЛЬНІ РЕСУРСИ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ: СУТНІСТЬ, ФУНКЦІЇ, СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІН

Анотація

У статті обґрунтовано, що під земельними ресурсами необхідно розуміти сукупність запасів землі, розташованих на певних територіях держави, регіону, територіальної громади, які володіють природно-економічними властивостями і є джерелом задоволення різних потреб та інтересів як окремих людей (землекористувачів), так і суспільства (держави) в цілому, відносини щодо управління і розпорядження якими через наявність унікальної економічної, екологічної та соціальної значущості підлягають прямому чи опосередкованому впливу держави щодо землевпорядкування. Також визначено, що земельні ресурси – це найширше і узагальнююче поняття стосовно земель, землекористування, земельних ділянок та їх частин. З'ясовано, що площа сільськогосподарських угідь у Хмельницькій області зменшилась. Разом з тим, площа ріллі зросла за рахунок розорювання природних кормових угідь. Збільшилась площа лісів. Також зросла площа забудованих земель. — — — — Визначено, що найбільш масштабними деградаційними процесами є водна та вітрова ерозія земель. Оскільки область має значну протяжність з півночі на південь, спостерігається відмінності в структурі та якості земельних ресурсів. Таким чином, на сучасному етапі проблеми управління земельними ресурсами не втрачають своєї гостроти та актуальності. На рівні регіону загострюються існуючі проблеми у організації використання земельних ресурсів у реалізованій державній земельній політиці та в управлінні земельними ресурсами. До таких проблем можна віднести непрозорість процедур управління земельними ресурсами, диспропорції на площах земель різних категорій, особливості економічного розвитку регіону тощо. Вони вимагають створення дієвого механізму цілеспрямованого регулювання організації використання земельних ресурсів та управління ними у необхідному економічному руслі. Питання вдосконалення ефективності управління земельними ресурсами продовжують залишатися найважливішим і пріоритетним завданням земельної політики.

Ключові слова: земля, земельні ресурси, землекористування, землевпорядкування, земельний фонд.

Вступ. Земля є основою для життєдіяльності громадян, життя інших живих організмів, функціонування економіки. Вона є частиною національного багатства і має особливі властивості. Притаманні землі особливості зумовлюють необхідність державного регулювання відносин, пов'язаних із землекористуванням та розподілом земельних ресурсів. Такими особливостями є: родючість, обмеженість та непоправність; довговічність; багатофункціональність; унікальність; законодавчо встановлений режим використання; неможливість переміщення.

Одночасно зазначимо, що українські вчені у праці «Концепція проекту закону України «Про землевпорядкування» визначають термін «земля» як «**унікальний природний актив**, що є простір, в якому протікають економічна діяльність і природні процеси, і в межах якого зосереджені активи навколишнього середовища та економічні активи» [11].

Проте, **методи управління земельними ресурсами** (а, відповідно, і організація використання земельних ресурсів) часто призводять до наслідків, що виходять за межі таких територій; тому землевласники все частіше стикаються з обмеженнями щодо використання або управління земельними ресурсами і землекористуванням [14] та спрямованими на захист численних екосистемних послуг землекористування, які забезпечуються завдяки цим землям [13].

Мета дослідження: з'ясувати сутність, функції, стан і тенденції змін земельних ресурсів сільських територій Хмельницької області.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно статті 1 закону України «Про охорону земель» **земельні ресурси** – «сукупний природний ресурс поверхні суші як просторового базису розселення і господарської діяльності, основний засіб виробництва в сільському та лісовому господарстві» [5].

Однак необхідно пам'ятати про потрібну роль земельних ресурсів у суспільних відносинах (табл. 1).

Таблиця 1. Підходи до визначення змісту поняття «земельні ресурси»

Підхід	Трактування
Екологічний	Земельні ресурси – це самостійний природний об'єкт, складова частина навколишнього середовища, що взаємодіє з іншими об'єктами природи (<i>лісами, надрами, водами</i>)
Економічний	Земельні ресурси – це об'єкт господарської та іншої діяльності, матеріальна база всім видів виробництва, джерело (ресурс) для задоволення найрізноманітніших потреб людини
Соціальний	Земельні ресурси – це об'єкт різних форм власності та місце проживання людей

Джерело: [7].

Узагальнюючи викладене вище, пропонуємо під **земельними ресурсами** розуміти сукупність запасів землі, розташованих на певних територіях держави, регіону, територіальної громади, які володіють природно-економічними властивостями і є джерелом задоволення різних потреб та інтересів як окремих людей (*землекористувачів*), так і суспільства (держави) в цілому, відносини з щодо управління і розпорядження якими через наявність унікальної економічної, екологічної та соціальної значущості підлягають прямому чи опосередкованому впливу держави щодо землевпорядкування.

За дослідженням А. М. Третяка, В. М. Третяк, А. В. Лобунько «Земельні ресурси сільських територій відрізняються від інших ресурсів багатифункціональністю, визначаючи взаємозв'язок та взаємозалежність сільсько-господарського виробництва, екологічних процесів, середовища життєдіяльності людини та інтегруючи таким чином економіку, екологію та соціальні процеси» [10]. На рис. 1 приведена логічно-змістовна схема багатифункціональної ролі земельних ресурсів як фактору впливу на сталий розвиток сільських територій.

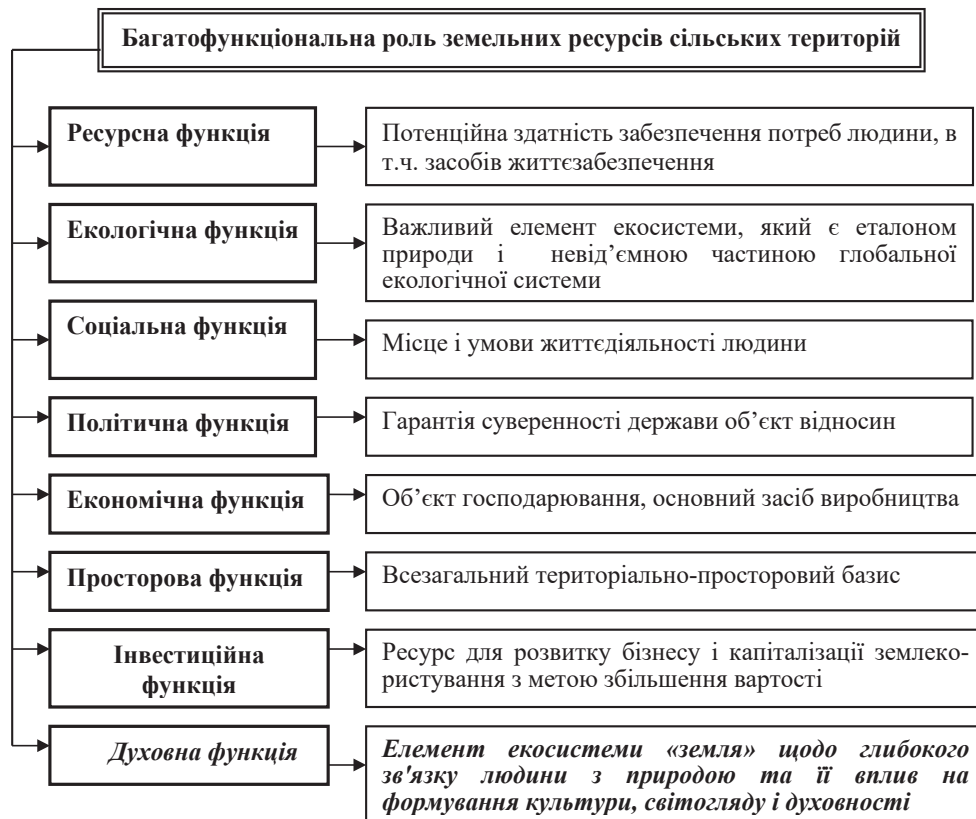


Рис. 1. Логічно-змістовна схема багатифункціональної ролі земельних ресурсів як фактору впливу на сталий розвиток сільських територій

Джерело: сформовано автором за даними [12].

Багатифункціональна роль земельних ресурсів обумовлює необхідність дбайливого ставлення до землі та усвідомлення відповідальності суспільства за її збереження. Всі приведені функції землі (*земельних ресурсів*) на

рис. 1 повинні реалізуватися територіальними громадами згідно повноважень визначених статтями 26, 31, 33 та іншими закону України «Про місцеве самоврядування» [6].

Таким чином, в основу **визначення значення і функцій земельних ресурсів** для різних суб'єктів покладено соціально-економічні пріоритети, такі як безпека, переваги для суспільства, екосистемні процеси та земельний капітал [4]. Збереження функцій земельних ресурсів безпеки людства, оскільки земельні ресурси – це доступ до продовольства та привніюється до забезпечення – води, стабільна зайнятість та життєзабезпечення населення, стійкість до зміни клімату та екстремальних природних явищ, соціальна та політична безпека.

Структуру земельних ресурсів держави, регіону чи територіальної громади можна наглядно виразити наступним чином (рис. 2).

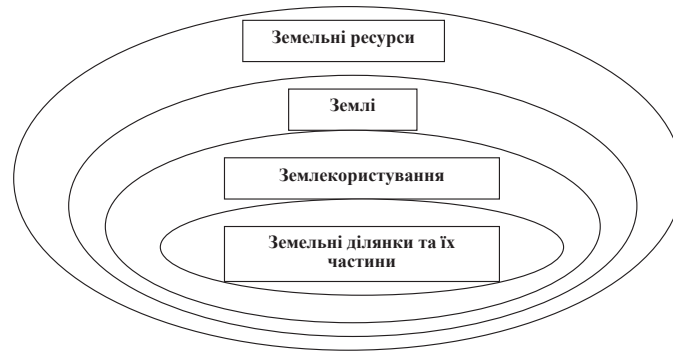


Рис. 2. Логічно-змістовна схема складу земельних ресурсів в Україні

Джерело: [14].

Отже, **земельні ресурси** – це найширше і узагальнююче поняття стосовно земель, землекористування, земельних ділянок та їх частин.

В структурі земельного фонду Хмельницької області, яка характеризується загальною площею 2 062,9 тис. га, майже 3/4 території зайнято сільськогосподарськими землями (табл. 2).

Таблиця 2. Тенденції зміни структури земельного фонду Хмельницької області

Основні види земель та угідь	2010 р.*		2020 р.*		2024 р.**		+,- 2024 р. до 2010 р.	
	усього, тис. га	в %	усього, тис. га	в %	усього, тис. га	в %	усього, тис. га	в %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Загальна площа	2062,9	100	2062,9	100	2062,9	100	2026,5	0
у тому числі:								
1. Сільгоспугіддя, з них:	1568,3	76,02	1566,2	75,9	1560,7	75,65	-7,6	-0,37
рілля	1254,4	60,81	1326,4	64,3	1326,9	64,32	72,5	3,51
перелоги	1,3	0,06	0,7	0,03	0,7	0,03	-0,6	-0,03
багаторічні насадження	41,2	2,00	38,3	1,86	38,0	1,8	-3,2	-0,16
сіножаті	134,6	6,52	59,9	2,90	59,5	1,84	-75,1	-3,64
пасовища	136,7	6,63	135,4	6,56	135,4	2,88	-1,3	-0,06
2. Ліси та інші лісовкриті площі	287,2	13,92	294,7	14,29	294,7	14,29	7,5	0,36
з них: вкриті лісовою рослинністю	268,6	13,02	280,0	13,57	280,0	13,57	11,4	0,55
3. Забудовані землі	84,4	4,09	99,9	4,84	100,2	4,88	15,8	0,77
з них: під житловою і громадською забудовою	77,3	3,75	60,8	2,96	61,1	2,98	-16,2	-0,79
4. Відкриті заболочені землі	20,2	0,98	13,8	0,67	13,8	0,67	-6,4	-0,31
5. Під водою	42,2	2,05	41,0	1,99	41,0	1,99	-1,2	-0,06
6. Відкриті землі без рослинного покриття	24,2	1,17	16,4	0,79	16,4	0,79	-7,8	-0,38
7. Інші землі	36,4	1,76	36,4	1,76	36,4	1,76	0	0,00

Джерело: розроблено автором за даними [3; 8;9].

Площа сільськогосподарських угідь становить 1 560,7 га, або 75,6% від загальної площі області, в тому числі рілля 1 326,9 тис. га, або 64,3% (табл. 2). Забудовані землі займають 100,2 тис. га або 4,9% від загальної площі області. Як показують дані табл. 2, за період з 2010 р. по 2024 р. пройшло зменшення площі сільськогосподарських угідь на -7,6 тис. га або на 0,4%. Разом з тим, площа ріллі зросла на 72,5 тис. га або на 3,5% за рахунок розорювання природних кормових угідь. Також збільшилася площа лісів на 7,5 тис. га або на 0,4%. Також зросла площа забудованих земель на 15,8 тис. га або 0,8%.

У структурі сільськогосподарських земель рілля займає близько 78,64%, багаторічні насадження – 2,34%, сіножаті – 8,53%, пасовища – 9,61%, перелоги – 0,14% та інші сільськогосподарські землі – 0,74%. Оскільки, область має значну протяжність з півночі на південь, спостерігаються деякі відмінності в структурі земельного

фонду. Тому доцільно охарактеризувати земельний фонд і структуру сільськогосподарських земель в адміністративних районах.

За дослідженнями групи українських вчених рівень розораності земельного фонду України складає 54%, а в Європі – 35 [4]. Хмельницька область відноситься до регіонів з високим рівнем розораності території (64,3%) та сільськогосподарських угідь (85,0%).

За дослідженнями М. Р. Питуляка, М. В. Питуляк, Б. М. Жулканич, С. Л. Бартко коефіцієнт екологічної стійкості земельних угідь Хмельницької області (рис. 3) становить 0,85 [5]. Перш за все, даний показник залежить від величини площ стійких угідь (пасовищ, сіножатей, лісів та боліт). Так, найнижчі показники цього коефіцієнту в центральній частині області. В Хмельницькому районі (рис. 3) до нестійких угідь належать землі Гвардійської (0,17), Старосинявської (0,17), Староостропільської (0,24), Красилівської (0,25), Теофіпільської (0,29), Волочиської (0,27), Городоцької (0,22) та Розсошанської ОТГ (0,26). На схід та північний-схід даний показник підвищується, оскільки, частка лісів, пасовищ та сіножатей збільшується. До умовно-стійких належать земельні ресурси Летичівської (0,71), Вінківської (0,88) та Зінківської ОТГ (0,82).

До основних чинників деградації земельного покриву належать: високий рівень розораності угідь, складний рельєф, ерозія, недотримання агротехнічних вимог, урбанізація. Стан родючості ґрунтів залишається критичним фактором екологічної стабільності. Важливим індикатором є вміст гумусу: середньозважене значення по області становить 2,79%. Загалом ґрунтове покриття області є різноманітним як за типами ґрунтів, так і за рівнем природної родючості, що обумовлює поділ території на сім агроґрунтових районів.

Найбільші площі займають чорноземи типові, що утворились на різних ґрунтоутворюючих та підстилаючих породах.

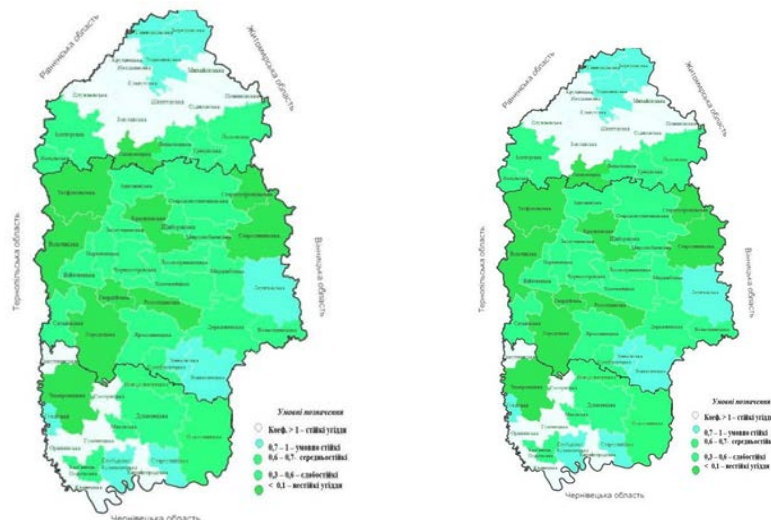


Рис. 3. Характеристика екологічної стійкості земельних угідь Хмельницької області

Джерело: [6].

Чорноземи типові утворились на лесах та лесовидних суглинках під степовою рослинністю, які поширені в центральній частині області. На рис. 4 приведено структури ґрунтового покриття Хмельницької області.



Рис. 4. Характеристика структури ґрунтового покриття Хмельницької області

Джерело: [1].

Як видно із рис. 4 в Хмельницькій області у структурі ґрунтового покриття переважає чорноземний тип (64,4%). Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу за результатами агрохімічної паспортизації для земель сільськогосподарського призначення приведено в табл. 5 [1].

Таблиця 5. Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу

№ з/п	Райони	Площа ґрунтів, %						Середньо зважений показник, %
		Дуже низький <1,1	Низький 1,1–2,0	Середній 2,1–3,0	Підвищений 3,1–4,0	Високий 4,1–5,0	Дуже високий >5,0	
1	Городоцький	-	20,4	17,6	59,3	2,7	-	2,99
2	Кам'янець-Подільський	-	12,6	49,1	38,3	-	-	2,80
3	Новоушицький	1,7	64,5	33,7	-	-	-	1,95
4	Чемеровецький	-	1,2	37,6	56,4	4,8	-	3,11

Джерело: [10].

Як показують дані табл. 5, найбільша площа ґрунтів із середнім та підвищеним вмістом гумусу знаходиться в Кам'янець-Подільському та Чемеровецькому районах.

За дослідженнями інституту землеробства Національної академії аграрних наук України «основними чинниками антропогенного впливу на земельні ресурси області є сільське господарство, промисловість, енергетика, транспорт, гірничодобувна промисловість. Найбільшу загрозу становлять явища, які спостерігаються в ґрунтовому покритті, де внаслідок ерозії, відкритих розробок корисних копалин та будівельної сировини, відбувається забруднення хімічними речовинами і промисловими викидами. Також серед основних чинників негативного впливу на земельні ресурси сільськогосподарського виробництва області є: значна розораність земель і, що найбільш небезпечно, на схилах; порушення і не дотримування сівозмін; застосування важкої техніки; недостатність внесення органічних та мінеральних добрив; надмірна насиченість структури посівних площ технічними культурами і, особливо, соняшником; припинення будівництва протиерозійних гідротехнічних споруд» [2].

Найбільшими деградаційними процесами в Хмельницькій області є водна ерозія земель (32,2% сільськогосподарських угідь від території регіону, в тому числі 35% орних земель; 13,6% середньо і сильно змитих за даними державного земельного кадастру), підтоплення земель (приблизно 12%), підкислення (майже 18%), засолення та осолонцювання ґрунтів (більш як 6 %).

Таким чином, на сучасному етапі проблеми управління земельними ресурсами не втрачають своєї гостроти та актуальності. На рівні регіону загострюються існуючі проблеми у організації використання земельних ресурсів, у реалізованій державній земельній політиці та в управлінні земельними ресурсами. До таких проблем можна віднести непрозорість процедур управління земельними ресурсами, диспропорції на площах земель різних категорій, особливості економічного розвитку регіону тощо. Вони вимагають створення дієвого механізму цілеспрямованого регулювання організації використання земельних ресурсів та управління ними у необхідному економічному руслі. Питання вдосконалення ефективності управління земельними ресурсами продовжують залишатися найважливішим і пріоритетним завданням земельної політики.

Висновки. Обґрунтовано, що під *земельними ресурсами* необхідно розуміти сукупність запасів землі, розташованих на певних територіях держави, регіону, територіальної громади, які володіють природно-економічними властивостями і є джерелом задоволення різних потреб та інтересів як окремих людей (*землекористувачів*), так і суспільства (держави) в цілому, відносини щодо управління і розпорядження якими через наявність унікальної економічної, екологічної та соціальної значущості підлягають прямому чи опосередкованому впливу держави щодо землепорядкування. Визначено, що *земельні ресурси* – це найширше і узагальнююче поняття стосовно земель, землекористування, земельних ділянок та їх частин. З'ясовано, що за період з 2010 р. по 2024 р. пройшло зменшення площі сільськогосподарських угідь – на -7,6 тис. га або на 0,4%. Разом з тим, площа ріллі зросла на 72,5 тис. га або на 3,5% за рахунок розорювання природних кормових угідь. Також збільшилася площа лісів на 7,5 тис. га або на 0,4% і зросла площа забудованих земель на 15,8 тис. га або 0,8%. У структурі сільськогосподарських земель рілля займає близько 78,64%, багаторічні насадження – 2,34%, сіножаті – 8,53%, пасовища – 9,61%, перелоги – 0,14% та інші сільськогосподарські землі – 0,74%.

Список використаних джерел

1. Екологічний паспорт Хмельницької області у 2019 році URL: <https://www.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2020/>
2. Екологічний стан сільських населених пунктів Західного регіону та заходи для еколого-безпечного функціонування агроєкосистем Г. В. Давидок, Л. І. Шкарівська, І. І. Клименко [та ін.]: науково-практичні рекомендації / Київ : ННЦ «ІАЕ», 2023. – 76 с.

3. Державний земельний кадастр Хмельницької області. Форма 6-зем станом на 2010 рік.
4. Земельні ресурси та їх використання Третяк А. М., Третяк В. М., Трофименко П. І., Трофименко Н. В.: навч. посіб. / за заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. с.303 <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7286>
5. Питуляк М. Р., Питуляк М. В., Жулканич Б. М., Бартко С. Л. Природно-екологічні особливості та сучасний стан землекористування в ОТГ Хмельницької області. *Екологічні науки*. 2022. № 4(43). с. 121–126. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.есо.4-43.19>
6. Про місцеве самоврядування в Україні : Закон України від 21.05.1997 № 280/97-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-вр#Text> (дата звернення: 11.09.2025).
7. Про охорону земель : Закон України від 19.06.2003 № 962-IV URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 10.09.2025).
8. Регіональна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища Хмельницької області у 2020 році» / Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької обласної державної адміністрації. Хмельницький : Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької ОДА, 2021. 266 с.
9. Регіональна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища Хмельницької області у 2024 році» / Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької обласної державної адміністрації. Хмельницький : Департамент екології та природних ресурсів Хмельницької ОДА, 2025. – 321 с.
10. Третяк А. М., Третяк В. М., Лобуцько А. В. Поняття та сутність організації використання земельних ресурсів як фактору впливу на сталий розвиток сільських територій. *Агросвіт*. 2025. № 13. с. 4–14. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.13.4>
11. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Н. А. Концепція проекту закону України «Про землевпорядкування». *Агросвіт*. 2025. № 5. с. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.5.3>
12. Третяк А. М., Третяк В. М., Сіроштан Т. М., Лобуцько А. В., Лобуцько Ю. В. Зasadничі основи проекту «Типове положення про земельний відділ територіальної громади». *Агросвіт*. 2025. № 17. с. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.17.22>
13. Третяк А. М., Третяк В. М., Третяк Н. А. Місія землевпорядкування щодо розвитку екосистемних послуг в Україні. *Агросвіт*. – 2024. – № 8. – С. 4–14. – DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.8.4>.
14. Управління земельними ресурсами та землекористуванням: навчальний посібник / А. М. Третяк, В. М. Третяк, Р. М. Курильців, Т. М. Прядка, Н. О. Капінос, Н. А. Третяк ; за заг. ред. проф. А. М. Третяка. Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 432 с. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/10227>.

Misyuk M. V.

*Doctor of Economics, Professor,
Vice-Rector for Academic Affairs,
Higher Educational Institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: misyuknikolai@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2903-7715*

Lobunko A. V.

*Candidate of Economics, Doctoral Student at the Department of Economics, Entrepreneurship,
Trade and Stock Exchange Activities,
Higher Educational Institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: lobunkoanton@ukr.net
ORCID: 0009-0005-3661-3719*

LAND RESOURCES OF RURAL AREAS OF KHMELNYTSKYI REGION: ESSENCE, FUNCTIONS, CONDITION AND TRENDS OF CHANGE

Abstract

The article substantiates that land resources should be understood as a set of land reserves located in certain territories of the state, region, territorial community, which have natural and economic properties and are a source of satisfaction of various needs and interests of both individuals (land users) and society (state) as a whole, relations regarding management and disposal of which, due to the presence of unique economic, ecological and social significance, are subject to direct or indirect influence of the state regarding land management. It is also determined that land resources are the broadest and most generalizing concept regarding land, land use, land plots and their parts. It was found that the area of agricultural land in Khmelnytskyi region decreased, along with the area of agricultural land. At the same time, the area of arable land increased due to the plowing of natural fodder lands. The area of forests increased. The area of built-up land also increased. It was determined that the most large-scale degradation processes are water and wind erosion of land. Since the region has a significant length from north to south, differences in the structure and quality of land resources are observed. Thus, at the present stage, the problems of land resource management do not lose their sharpness and relevance. At the regional level, existing problems in the organization of land resource use, in the implemented state land policy and in land resource management are becoming more acute. Such problems include the opacity of land resource management procedures, disparities in land areas of different categories, features of the economic development of the region, etc. They require the creation of an

effective mechanism for targeted regulation of the organization of land resource use and their management in the necessary economic direction. The issue of improving the efficiency of land resource management continues to remain the most important and priority task of land policy.

Key words: land, land resources, land use, land management, land fund structure.

References

1. *Ekologichnyi pasport Khmelnytskoi oblasti za 2019 rik* [Ecological passport of Khmelnytskyi region for 2019]. Khmelnytskyi Regional State Administration. Retrieved from: <https://surl.li/upmijy> [in Ukrainian].
2. Davydiuk, H. V., Shkarivska, L. I., Klymenko, I. I., et al. (2023). *Ekologichnyi stan silskykh naselenykh punktiv Zakhidnoho rehionu ta zakhody dlia ekolo-ho-bezpechnoho funktsionuvannia ahroekosystem* [Ecological condition of rural settlements of the Western region and measures for environmentally safe functioning of agroecosystems]. Kyiv: NNTs "IAE". [in Ukrainian].
3. *Derzhavnyi zemelnyi kadastr Khmelnytskoi oblasti. Forma 6-zem stanom na 2010 rik*. [State Land Cadastre of Khmelnytskyi Region. Form 6-land as of 2010]. [in Ukrainian].
4. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Trofymenko, P. I., & Trofymenko, N. V. (2022). *Zemelni resursy ta yikh vykorystannia* [Land resources and their use] (A. M. Tretiak, Ed.). Bila Tserkva: LLC "Bilotserkivdruk". 303 p. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7286> [in Ukrainian].
5. Pytuliak, M. R., Pytuliak, M. V., Zhulkanych, B. M., & Bartko, S. L. (2022). *Pryrodno-ekolohichni osoblyvosti ta suchasnyi stan zemlekorystuvannia v OTH Khmelnytskoi oblasti* [Natural-ecological features and current state of land use in the united territorial communities of Khmelnytskyi region]. *ECO Journal*. Retrieved from: DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.19> [in Ukrainian].
6. Verkhovna Rada of Ukraine. (1997) *Pro mistseve samovriaduvannia v Ukraini: Zakon Ukrainy vid 21.05.1997 № 280/97-VR* [The Law of Ukraine "On local self-government in Ukraine"] available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text> (accessed 11.09.2025). [in Ukrainian].
7. Verkhovna Rada of Ukraine. (2003, June 19). *Pro okhoronu zemel': Zakon Ukrainy vid 19.06.2003 № 962-IV* [On Land Protection: Law of Ukraine of June 19, 2003 No. 962-IV]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (accessed 10.09.2025). [in Ukrainian].
8. *Rehionalna dopovid «Pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Khmelnytskoi oblasti u 2020 rotsi»* (2021) [Regional Report "On the state of the natural environment of khmelnytskyi region in 2020"] Khmelnytskyi: Department of Ecology and Natural Resources of Khmelnytskyi State Administration, 266 p. [in Ukrainian].
9. *Rehionalna dopovid «Pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Khmelnytskoi oblasti u 2024 rotsi»* (2025) [Regional Report "On the state of the natural environment of khmelnytskyi region in 2024"] Khmelnytskyi: Department of Ecology and Natural Resources of Khmelnytskyi State Administration, 321 p. [in Ukrainian].
10. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., & Lobunko, A. V. (2025). *Poniattia ta sutnist orhanizatsii vykorystannia zemelnykh resursiv yak faktoru vplyvu na stalyy rozvytok silskykh terytorii* [The concept and essence of land resource use organization as a factor influencing sustainable development of rural areas]. *Agrosvit*, (13), 4–14. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.13.4> [in Ukrainian].
11. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., & Tretiak, N. A. (2025). *Kontseptsiia proektu zakonu Ukrainy "Pro zemlevporiadkuvannia"* [Concept of the draft Law of Ukraine "On Land Management"]. *Agrosvit*, (5), 3–15. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.5.3> [in Ukrainian].
12. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Siroshstan, T. M., Lobunko, A. V., & Lobunko, Y. V. (2025). *Zasadnychi osnovy proektu "Typove polozhennia pro zemelnyi viddil terytorialnoi hromady"* [Foundational principles of the draft "Model Regulation on the Land Department of the Territorial Community"]. *Ahrosvit*, (17), 22–33. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.17.22> [in Ukrainian].
13. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., & Tretiak, N. A. (2024). *Misiia zemlevporiadkuvannia shchodo rozvytku ekosystemnykh posluh v Ukraini* [The mission of land management in the development of ecosystem services in Ukraine]. *Agrosvit*, (8), 4–14. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.8.4> [in Ukrainian].
14. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Kuryltsev, R. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., & Tretiak, N. A. (2022). *Upravlinnia zemelnymy resursamy ta zemlekorystuvanniam* [Management of land resources and land use]. Bila Tserkva: TOV "Bilotserkivdruk". Retrieved from: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/10227> [in Ukrainian].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 14.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 332.6

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.29>**Смолярчук М. В.**

кандидат економічних наук,

доцент кафедри земельного кадастру,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького
Львів, УкраїнаE-mail: muroslava.kovalishin@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7350-431X

ЗЕМЕЛЬНІ СЕРВІТУТИ У ДЕРЖАВНОМУ ЗЕМЕЛЬНОМУ КАДАСТРІ: СУТНІСТЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ

Анотація

У статті розглянуто місце та роль земельних сервітутів у системі Державного земельного кадастру України як одного з ключових правових механізмів регулювання земельних відносин. Показано, що інститут сервітутів має давнє історичне коріння та нині виступає важливим інструментом забезпечення балансу приватних і суспільних інтересів у сфері землекористування. Наголошено на необхідності їх належного правового врегулювання й відображення у кадастрових даних, що дає змогу уникати конфліктних ситуацій між власниками та користувачами земельних ділянок і забезпечує передбачуваність управлінських рішень.

Особливу увагу приділено інформаційним аспектам ведення даних про земельні сервітутути у систему Державного земельного кадастру. Деталізовано, що такі обмеження мають не лише правове, а й просторове відображення, оскільки супроводжуються внесенням відповідних записів у текстову та графічну частини кадастру. Підкреслено значення цифрових інструментів і сервісів, які сприяють відкритості кадастрових відомостей, забезпечують оперативний доступ до них та формують підґрунтя для подальшої інтеграції України у європейський просторовий простір.

Практичний аспект дослідження продемонстровано на прикладі села Малехів Львівського району Львівської області, де пропонується встановити земельний сервітут для забезпечення права проїзду на транспортному засобі. Проаналізовано особливості відображення меж сервітуту у кадастрових даних та його значення для забезпечення доступності земельної ділянки, що перебуває у комунальній власності. Такий приклад підтверджує необхідність комплексного підходу до планування встановлення сервітутів, де поєднуються правові та інформаційні аспекти.

Удосконалення кадастрового обліку сервітутів у сучасних умовах розглядається як складова частина цифрової трансформації земельних відносин, що сприятиме прозорості управління, підвищенню інвестиційної привабливості територіальних громад та ефективному просторовому розвитку у післявоєнний період.

Ключові слова: Державний земельний кадастр, земельний сервітут, кадастровий облік, геоінформаційні системи, цифрові сервіси.

Вступ. Система Державного земельного кадастру України є фундаментом управління земельними ресурсами та забезпечує накопичення і поширення відомостей про їхній правовий статус, межі, цільове призначення та обмеження у використанні. Одним із таких обмежень виступають земельні сервітутути, що забезпечують гармонізацію приватних і суспільних інтересів у сфері землекористування.

Безперечно, інститут сервітутів має глибоке історичне коріння, який сягає у глибину зародження земельних відносин Древньої Греції, Риму та ін.

У римському приватному праві до категорії прав на чужі речі відносили сервітутути, узуфрукт, суперфіцій та емфітевзис. Вони розглядалися як обмежені речові права, що забезпечували користування чужим майном у визначених межах, і саме ці правові конструкції стали основою для формування сучасних земельних сервітутів [2, с. 9–10].

А нині він є важливим правовим механізмом упорядкування відносин між власниками й користувачами. У сучасних умовах значення цього інституту зростає, адже державний земельний кадастр виступає не лише правовим, а й насамперед інформаційним інструментом, що забезпечує відкритість та просторове відображення даних про сервітутути.

Мета роботи – комплексний аналіз земельних сервітутів як складової частини Державного земельного кадастру, з'ясування особливостей їх правового регулювання та інформаційного відображення, а також обґрунтування практичних підходів до вдосконалення їх обліку в умовах цифровізації та забезпечення прозорості земельних відносин. Особливу увагу приділено прикладним аспектам планування встановлення сервітутів, що дає змогу пов'язати теоретичні положення з практикою їх відображення у кадастрових даних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до ст. 98 Земельного кодексу України [3], земельний сервітут визначається як право власника або користувача земельної ділянки на обмежене користування чужою земельною ділянкою для задоволення потреб, які не можуть бути забезпечені іншим способом.

Як зазначає І.Я. Бабецька, цей інститут у сучасному земельному праві України спрямований на узгодження приватних і публічних інтересів та передбачає можливість платного чи безоплатного користування чужими земельними ділянками [1, с. 172].

Такий підхід дає змогу врегулювати відносини між різними суб'єктами землекористування, зберігаючи баланс інтересів і запобігаючи можливим конфліктам.

До основних видів сервітутів належать: право проходу і проїзду, право прокладання інженерних мереж, право водопостачання та водовідведення, право встановлення будівельних риштувань, право забору води з природних водойм і проходу до них тощо. Важливо, що перелік не є вичерпним, що дає змогу гнучко адаптувати його до конкретних обставин та потреб землекористувачів [3; 4, с. 277; 5, с. 365]. Земельно-правові сервітuti можуть класифікуватися за різними критеріями, які можна побачити зі схеми (рис. 1).



Рис. 1. Види земельно-правових сервітутів

Зокрема, вони можуть бути різними: за строками (постійні та строкові), оплатністю (платні й безоплатні), підставами встановлення (ті, що виникають на підставі договору, закону, заповіту чи рішення суду), за суб'єктами (особисті та неособисті) [5, с. 365; 6, с. 446].

Процедура встановлення сервітуту включає кілька етапів: визначення потреби, підготовку необхідної документації, ухвалення відповідного рішення чи укладення договору, а також внесення даних до Державного реєстру речових прав та до Державного земельного кадастру [7; 8, с. 60; 9, с. 387]. У кадастрі такі обмеження мають як графічне, так і текстове відображення: зазначаються контур і межі, вид сервітуту, строк дії та підстава для його встановлення. Важливо, що відомості про земельні сервітuti у Державному земельному кадастрі мають бути узгоджені з даними інших державних реєстрів, зокрема Державного реєстру речових прав на нерухоме майно, що забезпечує повноту та достовірність інформації і зменшує ризик виникнення правових колізій [3; 7].

Практичний вимір цього процесу ми запропонували на прикладі встановлення земельного сервітуту для забезпечення права проїзду транспортним засобом по наявному шляху саме для частини земельної ділянки, яка знаходиться у населеному пункті Малехів Львівського району Львівської області (рис. 2).

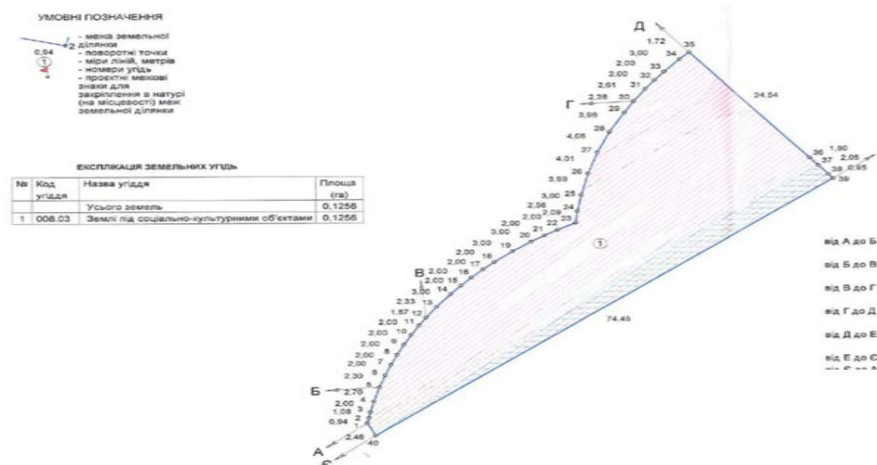


Рис. 2. Схема земельної ділянки, на яку буде поширена дія земельного сервітуту

Важливо, сьогодні земельна ділянка площею 0,1256 га, на яку в перспективі планується поширення дії сервітуту, перебуває у комунальній власності Львівської міської громади та, відповідно, ідентифікується як (008.03) – землі під соціально-культурними об'єктами. Відповідно, визначено площу земельного сервітуту, а саме 0,0095 га,

необхідну для здійснення нормального під'їзду на транспортному засобі до ділянки, яка перебуває у приватній власності громадянина N та площа якої нині становить 0,0652 га (табл. 1).

Характеристику земельного сервіту, що пропонується до встановлення у селі Малехів Львівського району, подано в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика досліджуваних ділянок для встановлення земельного сервіту

Показник	Опис показника для земельної ділянки	
	для якої буде встановлено земельний сервітут	на яку поширюватиметься дія земельного сервіту
Локація земельної ділянки	Львівська область, Львівський район, с. Малехів, вул. Північна	Львівська область, Львівський район, с. Малехів, вул. Північна
Форма власності	приватна	комунальна
Цільове призначення, код КВЦПЗ	02.01 Для будівництва і обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд (присадибна ділянка)	03.07 Для будівництва та обслуговування будівель торгівлі
Розмір земельної ділянки	0,0652	0,1256 га
Кадастровий номер земельної ділянки	4622710200:04:000:0155	4622710200:04:000:1227

Як видно з таблиці, ключовими параметрами виступають площа обмеження, функціональне призначення та правова підстава встановлення сервіту. Таке структурування даних забезпечує зручність подальшого внесення відомостей у Державний земельний кадастр та дає змогу формалізувати локальні обставини у загальнодержавній системі обліку земельних відносин.

Оскільки земельна ділянка перебуває у комунальній власності, її внесення до Державного земельного кадастру є обов'язковим, що дасть змогу відобразити відповідні відомості у технічній документації із землеустрою та уникнути правових колізій між місцевою радою і користувачами даного шляху. Отже, схема меж земельного сервіту демонструє просторові межі частини ділянки – сервіту, що підлягають подальшому внесенню до Державного земельного кадастру (рис. 3).

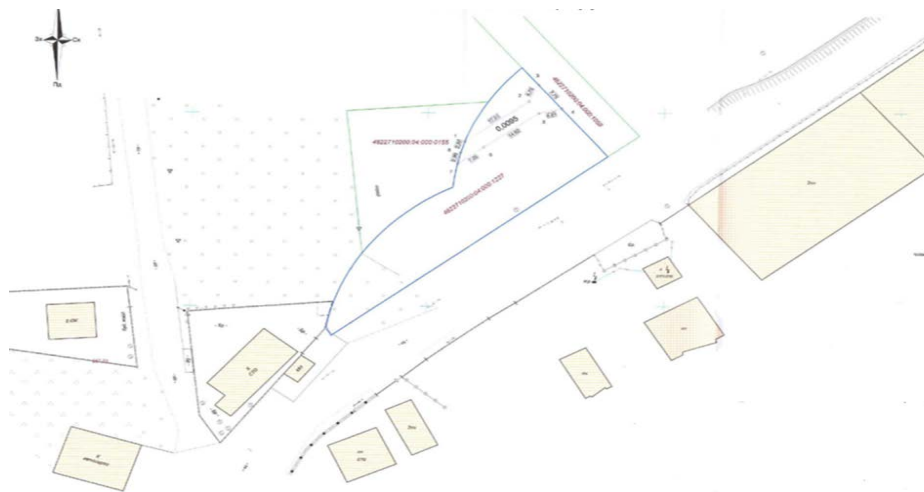


Рис. 3. Схема меж земельного сервіту

Важливу роль у цьому процесі відіграє також Містобудівний кадастровий портал м. Львова, що функціонує як геоportal містобудівного кадастру Львівської міської територіальної громади, до складу якої нині входить і село Малехів. Саме цей ресурс забезпечує інтеграцію даних про локальні сервіти з містобудівною документацією та робить просторову інформацію доступною для всіх зацікавлених сторін.

З огляду на це, відображення земельних сервітів у цифрових сервісах набуває ключового значення для усієї системи земельних відносин. Внесення даних про такі обмеження до Державного земельного кадастру гарантує їх подальшу доступність для громад, власників і потенційних користувачів. Хоча Публічна кадастрова карта України в умовах воєнного стану працює з обмеженим доступом, перспективне післявоєнне відновлення її повноцінного функціонування дасть змогу прозоро висвітлювати межі сервітів і забезпечувати відкритість просторової інформації [8, с. 60; 10, с. 338].

Практичний приклад, який ми розглядали, демонструє, що встановлення земельного сервіту вимагає не лише правового врегулювання, а й чіткого інформаційного відображення меж та характеристик обтяженої частини земельної ділянки. Такі локальні кейси підтверджують потребу в удосконаленні кадастрових процедур, інтеграції обліку сервітів із містобудівною документацією та інтеграції із цифровими сервісами територіальних громад,

адже лише так можна запобігати конфліктам між користувачами, підвищувати ефективність використання земель та забезпечувати баланс інтересів на рівні громади.

Висновки. Земельні сервітути є важливим інструментом узгодження інтересів власників і користувачів земельних ділянок, а їх належне відображення в Державному земельному кадастрі гарантує стабільність і прозорість земельних відносин. Подальший розвиток у цій сфері має ґрунтуватися на деталізації методичних підходів до внесення даних про сервітути, підвищенні ефективності їх обліку як обтяжень земельних ділянок, а також на впровадженні сучасних цифрових технологій для забезпечення точності та оперативності роботи кадастрових систем. Реалізація цих кроків сприятиме формуванню ефективної та прозорої системи управління земельними ресурсами, яка відповідатиме потребам як держави, так і територіальних громад перш за все.

Список використаних джерел

1. Бабецька І.Я. Особливості правового регулювання земельного сервітуту у період війни. *Вісник Івано-Франківського університету права імені Короля Данила. Серія «Право»*. 2023. Т. 15. Вип. 27. Ч. 1. С. 170–179. DOI: <https://doi.org/10.33098/2078-6670.2023.15.27.1.170-179>.
2. Ваганова І.М. Сервітути та узуфрукт у римському праві. *Нове українське право*. 2021. Вип. 4. С. 9–13. DOI: <https://doi.org/10.51989/NUL.2021.4.1>.
3. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III (зі змінами і доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
4. Ільків Н.В. Особливості судового розгляду справ щодо виникнення права земельного сервітуту. *Вісник Ужгородського національного університету. Серія «Право»*. 2025. Вип. 89. Ч. 2. С. 274–281. DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.89.2.41>.
5. Лісова Т.В. Право земельного сервітуту: актуальні питання. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2025. № 1. С. 363–367. DOI 10.24144/2788-6018.2025.01.58. URL: <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.01.58>
6. Литвиненко І.В. Установлення земельних сервітутів на землях територіальних громад під час розроблення комплексних планів просторового розвитку. *Просторовий розвиток*. 2024. № 8. С. 444–455. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.8.444-455. URL: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.444-455>
7. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>
8. Шпик Н., Смолярчук М. Застосування кадастрових даних під час установлення земельних сервітутів. *Використання й охорона земельних ресурсів та туристично-рекреаційний потенціал територій* : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, м. Дубляни, 14 травня 2024 р. Дубляни, 2024. С. 59. URL: <http://repository.lnau.edu.ua:8080/jsrui/bitstream/123456789/1915/1/Збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції.pdf#page=59>
9. Шульга М.В., Гордєєв В.І., Лейба Л.В. Особливості сервітутного землекористування в Україні. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2022. № 10. С. 384–388. <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2022-10/93>
10. Ibatullin S., Dorosh Y., Sakal O., Krupin V., Kharytonenko R., Bratinova M. Agricultural land market in Ukraine: challenges of trade liberalization and future land policy reforms. *Land*. 2024. Vol. 13. No. 3. P. 338. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13030338>.

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

LAND SERVITUDES IN THE STATE LAND CADASTRE: ESSENCE AND INFORMATION REPRESENTATION

Abstract

The article examines the place and role of land easements in the system of the State Land Cadastre of Ukraine as one of the key legal mechanisms for regulating land relations. It is emphasized that the institution of easements has a long historical background and today serves as an important tool for balancing private and public interests in the field of land use. Particular attention is paid to the need for proper legal regulation and accurate representation of easements in cadastral data, which makes it possible to avoid conflicts between landowners and land users and ensures predictability in decision-making.

The informational dimension of easement registration in the State Land Cadastre is analyzed in detail. It is underlined that easements are not only legal restrictions but also have spatial representation, as their establishment requires corresponding entries in the textual and graphical sections of cadastral records. The growing role of digital tools and services is highlighted, as they contribute to the openness of cadastral data, provide timely access to information, and create the foundation for further integration of Ukraine into the European spatial information infrastructure.

The practical aspect of the study is demonstrated using the example of Malehiv village, Lviv district, Lviv region, where the establishment of a land easement is proposed to ensure the right of vehicle passage. The peculiarities of representing the boundaries of the easement in cadastral data and its significance for guaranteeing accessibility to a land parcel in communal ownership are

discussed. This example confirms the importance of applying a comprehensive approach to the planning of easements, which combines both legal and informational aspects.

Improvement of cadastral registration of easements in the current context is regarded as an integral part of the digital transformation of land relations. This will contribute to greater transparency in land management, increase the investment attractiveness of territorial communities, and ensure effective spatial development in the post-war period.

Key words: State Land Cadastre, land easement, cadastral registration, geographic information systems, digital services.

References

1. Babetska, I.Ya. (2023). *Osoblyvosti pravovoho rehuliuвання zemel'noho servitutu u period viiny* [Peculiarities of legal regulation of land servitude during the war period]. *Visnyk Ivano-Frankivs'koho universytetu prava imeni Korolia Danyla. Seriia «Pravo»* [Bulletin of King Danylo University of Law. Series «Law»], 15(27, Part 1), 170–179. <https://doi.org/10.33098/2078-6670.2023.15.27.1.170-179> [in Ukrainian].
2. Vahanova, I.M. (2021). *Servituty ta uzufrukt u rym's'komu pravi* [Servitudes and usufruct in Roman law]. *Naukovi zapysky L'vivs'koho universytetu biznesu ta prava* [Scientific Notes of Lviv University of Business and Law], 4(36), 7–13. <https://doi.org/10.51989/NUL.2021.4.1> [in Ukrainian].
3. *Zemel'nyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 25.10.2001 № 2768-III (iz zminamy i dopovnenniamy)* [Land Code of Ukraine: Law of Ukraine of October 25, 2001 No. 2768-III (with amendments)]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> [in Ukrainian].
4. Ilkiv, N.V. (2025). *Osoblyvosti sudovoho rozghliadu sprav shchodo vynykannia prava zemel'noho servitutu* [Peculiarities of court proceedings concerning the emergence of land servitude rights]. *Visnyk Uzhhorods'koho natsional'noho universytetu. Seriia «Pravo»*, 89(2), 274–281. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.89.2.41> [in Ukrainian].
5. Lisova, T.V. (2025). *Pravo zemel'noho servitutu: aktual'ni pytannia* [The right of land servitude: Current issues]. *Journal of Administrative and Legal Studies*, (1), 363–367. Retrieved from <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.01.58> [in Ukrainian].
6. Lytvynenko, I.V. (2024). *Vstanovlennia zemelnykh servitutiv na zemliakh terytorialnykh hromad pry rozrobttsi kompleksnykh planiv prostorovoho rozvytku* [Establishment of land servitudes on the lands of territorial communities during the development of comprehensive spatial development plans]. *Prostorovyi rozvytok*, (8), 444–455. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.444-455> [in Ukrainian].
7. *Pro Derzhavnyi zemel'nyi kadastr: Zakon Ukrainy vid 07.07.2011 № 3613-VI* [On the State Land Cadastre: Law of Ukraine of July 7, 2011 No. 3613-VI]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17> [in Ukrainian].
8. Shpik, N., & Smolyarchuk, M. (2024). *Zastosuvannia kadaastrovykh danykh pry vstanovlenni zemelnykh servitutiv* [Application of cadastral data in establishing land servitudes]. In *Vykorystannia y okhorona zemelnykh resursiv ta turystychno-rekreatsiyni potentsial terytorii: Materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii* (Dubliany, 14 travnia 2024 r.) (p. 59). Dubliany: Lvivskyi natsionalnyi universytet pryrodokorystuvannia. <http://repository.lnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/1915/1/3613-VI.pdf#page=59> [in Ukrainian].
9. Shulha, M.V., Hordieiev, V.I., & Leiba, L.V. (2022). *Osoblyvosti servitutnoho zemlekorystuvannia v Ukraini* [Features of servitude land use in Ukraine]. *Iurydychnyi naukovyi elektronnyi zhurnal*, (10), 384–388. <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2022-10/93> [in Ukrainian].
10. Ibatullin, S., Dorosh, Y., Sakal, O., Krupin, V., Kharytonenko, R., & Bratinova, M. (2024). *Agricultural land market in Ukraine: Challenges of trade liberalization and future land policy reforms*. *Land*, 13(3), 338. <https://doi.org/10.3390/land13030338> [in English].

Отримано: 29.09.2025

Рекомендовано: 21.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 332.1. 330.101.22

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.30>

Цвігун І. А.

*доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри обліку, оподаткування
та технологій електронного бізнесу,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: tsvihun@pdatu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2752-267X

Білянський Ю. О.

кандидат економічних наук,

докторант кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: bil21061978@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9949-9494

Матіяш В. П.

аспірант кафедри обліку, оподаткування та технологій електронного бізнесу,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: v.p.matiiash@gmail.com

ORCID: 0009-0003-4737-6697

ЕКОНОМІЧНІ ВИКЛИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Анотація

У статті досліджено економічні виклики сталого розвитку України в умовах війни та повоєнного відновлення. Розкрито сутність економічного складника сталого розвитку як ключового чинника забезпечення макрофінансової стабільності, соціальної рівноваги та екологічної безпеки. На основі статистичних даних Національного банку України, Світового банку, Київської школи економіки та Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) здійснено аналіз основних макроекономічних показників за 2021–2024 рр. Виявлено суттєве скорочення ВВП у 2022 р. на 28,8%, зростання інфляції, боргове навантаження та високий дефіцит державного бюджету, що зумовлені руйнуванням інфраструктури, падінням експорту та війсьними видатками.

Показано, що попри глибоку кризу в 2023 р. економіка України продемонструвала часткове відновлення, а в 2024 р. – стабілізацію темпів зростання на рівні 2,9%. Значну увагу приділено оцінкам потреб у відновленні (Rapid Damage and Needs Assessment, RDNA), які свідчать, що загальний обсяг необхідного фінансування реконструкції перевищує 486 млрд дол. США. Найбільших ресурсів потребують енергетика, житловий фонд та соціальна інфраструктура.

У статті висвітлено роль міжнародної фінансової підтримки, зокрема програм МВФ, Світового банку, ЄС, ЄБРР та ЄІБ, які забезпечують понад 270 млрд дол. зовнішньої допомоги Україні у формі грантів, кредитів та технічної підтримки. Узагальнено принципи сталого повоєнного розвитку: інноваційність, енергоефективність, соціальна справедливість, міжнародне партнерство та екологічна безпека. Запропоновано концепцію build back better як основу для створення нової архітектури економічної стійкості.

Зроблено висновок, що сталий розвиток у воєнних умовах потребує переходу від стратегії виживання до моделі відновлення на основі інновацій, ефективного використання ресурсів та посилення інституційної спроможності. Синергія внутрішніх реформ та міжнародної допомоги створює передумови для побудови конкурентоспроможної, соціально орієнтованої та екологічно збалансованої економіки.

Ключові слова: сталий розвиток, економічна стійкість, війна, повоєнне відновлення, RDNA, міжнародна допомога, фінансова стабільність, інновації, Україна.

Вступ. Сталий розвиток є стратегічною основою сучасної економічної політики, що передбачає гармонійне поєднання економічного зростання, соціальної стабільності та екологічної безпеки. У світовій практиці концепція сталого розвитку трактується як інтегрована модель державного управління, спрямована на підвищення якості життя населення за умов раціонального використання ресурсів, технологічного оновлення та соціальної відповідальності.

Для України, яка у 2022–2025 рр. зазнала масштабних руйнувань унаслідок збройної агресії, питання забезпечення сталого розвитку набуло критичного значення. Війна спричинила глибокі структурні трансформації економіки, скорочення виробничого потенціалу, втрату інвестиційної привабливості та зростання соціальних ризиків. Водночас навіть за умов воєнної невизначеності українська економіка продемонструвала здатність до адаптації та підтримання ключових елементів макрофінансової стабільності.

Актуальність дослідження зумовлена потребою у визначенні ефективних механізмів забезпечення економічної стійкості та формування довгострокової стратегії відновлення, що відповідає принципам сталого розвитку. Вивчення економічних викликів і факторів стійкості має не лише теоретичне, а й прикладне значення: воно створює основу для вироблення державної політики повоєнного відновлення, інтеграції в європейський економічний простір та реалізації міжнародних програм підтримки.

Мета роботи – дослідити ключові економічні виклики сталого розвитку України в умовах війни та обґрунтувати напрями формування моделі повоєнного відновлення, заснованої на принципах інноваційності, енергоефективності, соціальної справедливості, фінансової відповідальності та міжнародного партнерства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Повномасштабна військова агресія росії, розпочата у 2022 р., створила безпрецедентні виклики для економічної системи України. Війна призвела до руйнування промислової, енергетичної та транспортної інфраструктури, скорочення експорту, відтоку трудових ресурсів і посилення інфляційного тиску. Ці чинники істотно ускладнили реалізацію національних цілей сталого розвитку, визначених у стратегічних документах держави.

За визначенням Світового банку, економічна стійкість – це здатність економічної системи протистояти шокам і швидко адаптуватися до змін зовнішнього середовища [7]. Для України такими шоками стали зниження виробництва, втрати експортних ринків, руйнування логістики, а також зростання витрат на оборону й соціальну підтримку.

Відповідно до даних Світового банку [10] та Національного банку України [3], 2022 р. став переломним для національної економіки: падіння реального ВВП становило –28,8%, інфляція досягла 26,6%, а державний борг збільшився до 78,4% ВВП. Водночас у 2023 р. спостерігалось часткове відновлення економічної активності – приріст реального ВВП на 5,3%, що свідчить про адаптаційний потенціал економіки навіть за умов війни.

Таблиця 1. Динаміка основних макроекономічних показників України, 2021–2024 рр.

Показник	2021	2022	2023	2024	2024 р. у % до 2021 р.
Номінальний ВВП, млрд дол. США	199,8	162,0	181,2	190,7	95,5
Зміна номінального ВВП, %	28,4	-18,9	11,9	5,3	-23,1
Зміна реального ВВП, %	3,45	-28,8	5,3	2,9	-0,55
Інфляція, %	10	26,6	5,1	12	2,0
ВВП, млрд грн	5459,6	5191,0	6537,8	7658,7	140,3
Державний борг, млрд грн	2671,8	4071,7	5519,5	6981,0	261,3
Державний борг, % ВВП	48,9	78,4	84,4	91,2	42,2
Дефіцит бюджету, % ВВП	3,42	16,27	20,31	17,64	14,22
Оборонні витрати, млрд грн	127,5	1142,9	1141,1	1164,0	912,9
Оборонні витрати, % ВВП	8,9	18,2	21,6	21,6	12,7

Джерело: складено за даними Світового банку [10], НБУ [3], Київської школи економіки [6], Trading Economics [13], OECD [2].

Як видно з таблиці, воєнні події призвели до різкого падіння макроекономічних показників у 2022 р. Основними чинниками стали руйнування інфраструктури, скорочення промислового виробництва та зниження експорту. У наступні роки спостерігається поступове відновлення економічної активності, однак темпи зростання залишаються обмеженими.

Інфляційний тиск, який у 2022 р. досяг 26,6%, у 2023–2024 рр. зменшився, але продовжував впливати на рівень життя населення та фінансову стабільність підприємств. Це свідчить про те, що економічна адаптація України відбувається переважно за рахунок внутрішньої гнучкості бізнесу та підтримки міжнародних партнерів, а не через повноцінне структурне відновлення.

Позитивною тенденцією є те, що в 2023 р. почалося зростання реального ВВП на 5,3%, яке збереглося і в 2024 р. на 2,9%. Однак це зростання має переважно ефект низької бази і не компенсує втрат 2022 р. Українська економіка залишається у фазі вимушеної адаптації, коли пріоритетом є утримання базових функцій держави, фінансування оборони та соціальної підтримки.

Оборонна економіка воєнного часу потребує значних бюджетних ресурсів, що спричиняє перерозподіл фінансових потоків та зростання боргового навантаження. Починаючи з 2022 р. Україна функціонує в умовах вимушеної фіскальної експансії, коли головним пріоритетом є фінансування сектору безпеки й оборони, а не економічне зростання.

Дані табл. 1 свідчать про різке збільшення державного боргу – з 2,67 трлн грн у 2021 р. до 6,98 трлн грн у 2024 р., тобто більше ніж у 2,6 рази. Співвідношення боргу до ВВП зросло з 48,9% до 91,2%, що перевищує критичний рівень боргової стійкості для країн із перехідною економікою.

Основними чинниками зростання боргу стали фінансування оборонних витрат і соціальних програм, падіння податкових надходжень через скорочення виробництва та збільшення частки зовнішніх запозичень і грантів.

Бюджетний дефіцит у 2023 р. досяг 20,31% ВВП, що стало рекордом за всю історію незалежності. У 2024 р. за рахунок зростання грантової підтримки та стабілізації доходів дефіцит скоротився до 17,64% ВВП, однак залишився структурно високим.

У 2021 р. частка оборонних видатків становила лише 8,9% ВВП, проте у 2022–2024 рр. вона стабільно перевищує 21% ВВП, що є безпрецедентним рівнем навіть для воюючої країни.

Переважна частина цих коштів спрямовується на фінансування Збройних сил України, закупівлю озброєння та військової техніки та забезпечення логістики, медичної підтримки, оборонного виробництва. Таке навантаження на бюджет обмежує фінансування інших сфер: освіти, медицини, інфраструктури, але водночас гарантує збереження державності та безпеки, що є базовою передумовою будь-якого сталого розвитку.

Організація економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) [2] відзначає, що високі оборонні витрати України супроводжуються значною залежністю від міжнародної допомоги. Водночас понад 60% нових зовнішніх запозичень у 2023–2024 рр. мали пільгові або грантові умови, що тимчасово знижує ризики боргової нестійкості, але створює потенційні загрози середньостроковій фінансовій стабільності.

Таким чином, Україна перебуває у стані вимушеної фінансової експансії, коли головним завданням є фінансування оборони, соціальної підтримки та утримання базових економічних функцій. Надалі пріоритетом державної політики має стати поступова боргова консолідація, підвищення ефективності видатків і залучення інвестицій, що створюють економічну додану вартість.

Міжнародна фінансова підтримка відіграє вирішальну роль у забезпеченні макроекономічної стабільності України під час війни. Вона є не лише джерелом бюджетного фінансування, а й фактором підтримки платіжного балансу, стримування інфляції та відновлення інфраструктури. Основними донорами виступають Європейський Союз, США, Міжнародний валютний фонд (МВФ), Світовий банк, ЄБРР, ЄІБ, а також уряди країн-партнерів.

Після повномасштабного вторгнення у 2022 р. Світовий банк спільно з Європейською Комісією та урядом України запровадив методологію Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA) – оперативної оцінки руйнувань і потреб у відновленні. Нижче в табл. 2 подано динаміку результатів чотирьох хвиль оцінювання.

Таблиця 2. Оцінки потреб у відновленні України (RDNA1–RDNA4), млрд дол. США

Показник	2022 (RDNA1)	2023 (RDNA2)	2023 (RDNA3)	2024 (RDNA4)
Інфраструктура	92	138	165	211
Житловий сектор	60	71	80	91
Енергетика	18	20	26	47
Соціальні послуги	24	28	34	49
Разом	194	257	305	486

Джерело: складено автором за даними World Bank [12].

Дані RDNA-4 свідчать, що загальні потреби у відновленні України становлять 486 млрд дол. США, що на 50% більше, ніж у попередній оцінці 2023 р. Найбільша частка фінансування необхідна для відновлення інфраструктури (понад 43% від загального обсягу), житлового сектору та енергетики. Таке зростання зумовлено продовженням руйнувань унаслідок бойових дій, пошкодженням енергосистеми після атак на критичну інфраструктуру та зростанням вартості будівельних матеріалів та логістичних витрат.

Більше ніж через три роки після початку російського вторгнення втрати для економіки, інфраструктури та населення України вражають. Потреби країни у відновленні величезні – приблизно 524 млрд дол. протягом наступного десятиліття, згідно з «Оперативною оцінкою збитків та потреб (RDNA4)» за лютий 2025 р. [14].

Високий рівень потреб створює значний фінансовий тиск на державний бюджет і визначає необхідність залучення зовнішніх донорів (табл. 3).

Загальний обсяг міжнародної допомоги Україні у 2022–2025 рр. перевищує 270 млрд дол. США, з яких понад дві третини становлять гранти та кредити від США та ЄС.

Таблиця 3. Основні донори міжнародної допомоги Україні (2022–2025 рр.)

№	Донор / Організація	Загальний обсяг допомоги (млрд дол. США)	Основні напрями використання
1	Європейський Союз	36,0	Макрофінансова допомога, енергетика, інфраструктура
2	США	182,8	Військова, бюджетна, гуманітарна підтримка
3	МВФ	15,6	Програма Extended Fund Facility (EFF)
4	Світовий банк	18,0	Відновлення соціальної інфраструктури, медицина
5	Європейський банк реконструкції та розвитку, Європейський інвестиційний банк	10,5	Кредитування бізнесу, логістика, транспорт
6	Інші країни-донори (Канада, Японія, Велика Британія)	12,0	Гранти, гуманітарні та енергетичні проекти

Джерело: складено автором за даними IMF [9], World Bank [5], European Commission [11], USAFacts [8], EBRD [4], Міністерства фінансів України [1].

Програма Extended Fund Facility (EFF) від МВФ (15,6 млрд дол.) спрямована на підтримку макрофінансової стабільності, тоді як Ukraine Facility (2024–2027) від Єврокомісії (50 млрд євро) зосереджена на стійкому відновленні, енергетичній безпеці та цифровій трансформації [11].

Водночас лише близько 35% усіх надходжень мають інвестиційний характер: вони спрямовані безпосередньо на реконструкцію та розвиток. Решта – це бюджетна підтримка та гуманітарні програми, що забезпечують поточну стабільність, але не формують основу для довгострокового зростання.

Ефективне використання міжнародної допомоги вимагає високого рівня прозорості, координації донорських програм і створення єдиного механізму управління відновленням.

Світовий банк [5] та Організація економічного співробітництва і розвитку [2] підкреслюють, що для України пріоритетним має стати перехід від реагування до стратегічного планування – від короткострокових проєктів до системного відновлення з елементами «зеленої» та цифрової трансформації.

В умовах сучасних викликів Україна має можливість реалізувати концепцію build back better – «відбудови краще, ніж було», яка базується на впровадженні інноваційних підходів, цифрових технологій та екологічної трансформації економіки [2]. Така стратегія передбачає не лише фізичне відновлення зруйнованих територій, а й побудову більш ефективної, стійкої та безпечної економічної системи.

Ефективна модель повоєнного розвитку України повинна спиратися на такі базові принципи:

1. Інноваційність – стимулювання технологічних стартапів, цифровізація державного управління, розвиток сектору науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи (НДДКР), підвищення ролі освіти й науки у формуванні економічної доданої вартості.

2. Енергоефективність – модернізація енергетичної інфраструктури, зменшення залежності від викопних ресурсів, розвиток відновлюваних джерел енергії, «зелені» інвестиції.

3. Соціальна справедливість – забезпечення доступу до базових послуг для всіх громадян, підтримка внутрішньо переміщених осіб, боротьба з бідністю та відновлення зайнятості.

4. Міжнародне партнерство – інтеграція України до глобальних ринків, участь у програмах ЄС, ОЕСР, Світового банку, МВФ та залучення приватного капіталу до інноваційних і відновлювальних проєктів.

5. Екологічна безпека – рекультивація зруйнованих земель, очищення територій від мін, запровадження екотехнологій і системи «зеленої» сертифікації промисловості.

Упровадження цих принципів формує основу для нової архітектури економічної стійкості, що поєднує конкурентоспроможність, інклюзивність і безпечність розвитку.

Міжнародне співробітництво виступає не лише фінансовим, а й інституційним ресурсом для України. За даними ОЕСР [2], ефективна координація донорських програм і прозорість управління допомагають підвищити довіру партнерів та залучити інвестиції приватного сектору. Ключову роль у цьому процесі відіграє Ukraine Facility (2024–2027), що створює механізми контролю, планування та моніторингу використання коштів на рівні ЄС.

Важливим напрямом є публічно-приватне партнерство – поєднання державного фінансування з інвестиціями бізнесу у сфери енергетики, транспорту, житла, освіти та охорони здоров'я. Це забезпечує мультиплікаційний ефект, коли кожен долар міжнародної допомоги генерує додаткові інвестиції у внутрішню економіку.

Висновки. Війна суттєво змінила умови реалізації концепції сталого розвитку в Україні, висунувши на перший план економічний складник стійкості. Саме він визначає здатність держави підтримувати соціальні функції, забезпечувати відновлення інфраструктури, фінансувати оборону та створювати умови для інноваційного зростання.

Аналіз макроекономічних показників засвідчив наявність системних викликів: глибоке скорочення ВВП, інфляційний тиск, зростання боргового навантаження та дефіциту бюджету. Водночас спостерігається поступова стабілізація економічної динаміки, що свідчить про адаптаційний потенціал національної економіки. У повоєнний період пріоритетами державної політики мають стати фінансова відповідальність, ефективне управління ресурсами, залучення інвестицій і розвиток інноваційних секторів.

Сталий розвиток України повинен ґрунтуватися на поєднанні принципів інноваційності, енергоефективності, соціальної справедливості, міжнародного партнерства та екологічної безпеки. Реалізація цих засад забезпечить не лише відновлення економіки, а й перехід до нової моделі зростання – конкурентоспроможної, соціально орієнтованої та екологічно збалансованої.

Список використаних джерел

1. Партнери з розвитку, які надали бюджетну підтримку Україні у 2024 році загальним обсягом понад \$41 млрд, та напрям спрямування коштів. *Міністерство фінансів України. Новини*. 02.01.2025. URL: https://mof.gov.ua/uk/news/development_partners_that_provided_ukraine_with_over_41_billion_in_budget_support_in_2024_and_the_allocation_of_these_funds-4974
2. Economic Surveys: Ukraine 2025. *OECD*. 06.05.2025. URL: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-ukraine-2025_940cee85-en/full-report.html
3. External Sector Statistics. *National Bank of Ukraine. Statistics*. URL: <https://bank.gov.ua/en/statistic/sector-external>
4. Financial Report 2024. *European Bank for Reconstruction and Development (EBRD)*. URL: <https://www.ebrd.com/home/news-and-events/publications/financial-report/financial-report-2024.html>
5. Financing Mobilized for Ukraine since February 24, 2022. *World Bank. News and Press Release*. 14.04.2025. URL: <https://reliefweb.int/report/ukraine/financing-mobilized-ukraine-february-24-2022-april-14-2025>

6. Fiscal Digest – 2023. Kyiv School of Economics. URL: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/02/FISCAL-DIGEST-2023-1.pdf>
7. Hallegatte S. Economic Resilience: Definition and Measurement. *World Bank Policy Research Working Paper*. 2014. T. 6852. 46 p. URL: <https://ssrn.com/abstract=2432352>
8. How much money has the US given Ukraine since Russia's invasion?. *USAFacts*. 14.05.2025. URL: <https://usafacts.org/articles/how-much-money-has-the-us-given-ukraine-since-russias-invasion/>
9. Ukraine – Eighth Review under the Extended Fund Facility (EFF). 6. *International Monetary Fund*. 30.06.2025. URL: <https://www.imf.org/en/News/Articles/2025/06/30/pr-25227-ukraine-imf-completes-8th-rev-of-ext-arrang-under-eff>
10. Ukraine Economic Update: Resilience Amid War. *World Bank*. URL: <https://data.worldbank.org/country/ukraine>
11. Ukraine Facility (2024–2027). Brussels: *European Commission*. URL: https://enlargement.ec.europa.eu/funding-technical-assistance/ukraine-facility_en
12. Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4). *World Bank*. 25.02.2025. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
13. Ukraine Government Budget. *Trading Economics*. URL: <https://tradingeconomics.com/ukraine/government-budget>
14. Ukraine Looks Toward the Future. *World Bank*. 28.07.2025. URL: <https://www.worldbank.org/en/country/ukraine/overview>

Tsvihun I. A.

*Doctor of Economics, Professor,
Head of the Department of Accounting, Taxation
and Electronic Business Technologies,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: tsvihun@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2752-267X*

Bilyansky Yu. O.

*Candidate of Economic Sciences,
Doctoral Candidate at the Department of Management and Public Administration,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: bil21061978@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9949-9494*

Matiyash V. P.

*Postgraduate Student at the Department of Accounting,
Taxation and E-Business Technologies,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: v.p.matiyash@gmail.com
ORCID: 0009-0003-4737-6697*

ECONOMIC CHALLENGES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF WAR AND POST-WAR RECOVERY

Abstract

The article examines the economic challenges of sustainable development in Ukraine during wartime and post-war recovery. The study defines the economic dimension of sustainability as the core component ensuring macro-financial stability, social cohesion, and environmental security. Based on statistical data from the National Bank of Ukraine, the World Bank, the Kyiv School of Economics, and the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), the paper analyzes key macroeconomic indicators for 2021–2024. It identifies a sharp GDP decline in 2022 (–28.8%), high inflation, a significant increase in public debt, and a critical budget deficit caused by infrastructure destruction, export contraction, and increased defense spending.

Despite the severe crisis, Ukraine's economy showed partial recovery in 2023 and stabilization in 2024, with growth of around 2.9%. The paper highlights the findings of the Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA), which estimate total reconstruction needs at over USD 486 billion, with the largest funding requirements in energy, housing, and social infrastructure.

The study emphasizes the crucial role of international financial assistance, including programs by the IMF, the World Bank, the European Union, the EBRD, and the EIB, which collectively provide more than USD 270 billion in grants, loans, and technical support. The article outlines the main principles of sustainable post-war recovery: innovation, energy efficiency, social equity, international partnership, and environmental safety. The concept of «build back better» is proposed as a foundation for forming a new architecture of economic resilience and sustainable reconstruction.

The results show that sustainable development under wartime conditions requires a shift from short-term survival strategies toward long-term recovery through innovation, resource efficiency, and institutional strengthening. The synergy of domestic reforms and international support will enable Ukraine to build a competitive, socially responsible, and environmentally balanced economy.

Key words: sustainable development, economic resilience, war, post-war recovery, RDNA, international assistance, financial stability, innovation, Ukraine.

References

1. Ministerstvo finansiv Ukrainy. (2024). *Partneri z rozvytku nadaly Ukraini ponad 41 miliard dolariv biudzhetnoi pidtrymky u 2024 rotsi* [Development partners provided Ukraine with over 41 billion USD in budget support in 2024]. Ministry of Finance of Ukraine. Retrieved from: https://mof.gov.ua/uk/news/development_partners_that_provided_ukraine_with_over_41_billion_in_budget_support_in_2024_and_the_allocation_of_these_funds-4974 [in Ukrainian].
2. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2025, May 6). *OECD Economic Surveys: Ukraine 2025*. Retrieved from: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-economic-surveys-ukraine-2025_940cee85-en/full-report.html [in English].
3. National Bank of Ukraine. (2024). *External sector statistics*. Retrieved from <https://bank.gov.ua/en/statistic/sector-external> [in English].
4. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2024). *Financial Report 2024*. Retrieved from: <https://www.ebrd.com/home/news-and-events/publications/financial-report/financial-report-2024.html> [in English].
5. World Bank. (2025, April 14). *Financing mobilized for Ukraine since February 24, 2022*. Retrieved from: <https://reliefweb.int/report/ukraine/financing-mobilized-ukraine-february-24-2022-april-14-2025> [in English].
6. Kyiv School of Economics. (2023). *Fiscal Digest 2023*. Retrieved from: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/02/FISCAL-DIGEST-2023-1.pdf> [in English].
7. Hallegatte, S. (2014). *Economic resilience: Definition and measurement*. World Bank Policy Research Working Paper No. 6852. Washington, D.C. World Bank. Retrieved from: <https://ssrn.com/abstract=2432352> [in English].
8. USAFacts. (2025, May 14). *How much money has the US given Ukraine since Russia's invasion?* Retrieved from: <https://usafacts.org/articles/how-much-money-has-the-us-given-ukraine-since-russias-invasion/> [in English].
9. International Monetary Fund (IMF). (2025, June 30). *Ukraine — Eighth Review under the Extended Fund Facility (EFF)*. Washington, D.C.: IMF. Retrieved from: <https://www.imf.org/en/News/Articles/2025/06/30/pr-25227-ukraine-imf-completes-8th-rev-of-ext-arrang-under-eff> [in English].
10. World Bank. (2023). *Ukraine Economic Update: Resilience amid war*. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/country/ukraine> [in English].
11. European Commission. (2024). *Ukraine Facility (2024–2027)*. Brussels: European Commission. Retrieved from: https://enlargement.ec.europa.eu/funding-technical-assistance/ukraine-facility_en [in English].
12. World Bank. (2025, February 25). *Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022–December 2024*. Retrieved from: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released> [in English].
13. Trading Economics. (2024). *Ukraine Government Budget*. Retrieved from: <https://tradingeconomics.com/ukraine/government-budget> [in English].
14. World Bank. (2025, July 28). *Ukraine looks toward the future*. Retrieved from: <https://www.worldbank.org/en/country/ukraine/overview> [in English].

Отримано: 01.10.2025

Рекомендовано: 07.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 621.867.2:631.372:004.9:620.92

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.31>

Басова Ю. О.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри механічної та електричної інженерії,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна*

E-mail: yuliia.basova@pdau.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4057-7712

Левченко Ю. В.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри механічної та електричної інженерії,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна*

E-mail: yuliia.levchenko@pdau.edu.ua

ORCID: 0000-0001-7087-3681

Проценко О. Ю.

*здобувач ступеня доктора філософії
(третій освітньо-науковий рівень вищої освіти),
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна*

E-mail: oleksandr.protsenko@pdau.edu.ua

ORCID: 0009-0003-1582-722X

Качур С. В.

*здобувач ступеня доктора філософії
(третій освітньо-науковий рівень вищої освіти),
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна*

E-mail: serhii.kachur@pdau.edu.ua

ORCID: 0009-0001-4873-632X

АНАЛІЗ ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СТІЧКОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ

Анотація

У статті розглянуто актуальні проблеми розвитку та вдосконалення стрічкових транспортерів, що широко застосовуються у сільському господарстві. Традиційні конструкції характеризуються низкою суттєвих недоліків, серед яких – швидкий знос транспортерних стрічок, значні енерговитрати, підвищені експлуатаційні витрати та складність обслуговування. Ці чинники призводять до зниження надійності, збільшення простой та передчасного виходу обладнання з ладу. Метою дослідження є проведення патентного аналізу, спрямованого на ідентифікацію сучасних інженерних рішень та визначення

перспективних напрямів удосконалення стрічкових транспортерів. Для цього було застосовано розширений пошук у Спеціальній інформаційній системі УКРНОІВІ з урахуванням ключових класів Міжнародної патентної класифікації.

Аналіз показав, що патентну активність зосереджено навколо трьох основних напрямів: удосконалення механічних компонентів (привідні вузли, барабани, роликоспоори, натяжні пристрої), що сприяє підвищенню довговічності та зниженню витрат на обслуговування; інтеграції інтелектуальних систем контролю, моніторингу та діагностики, які забезпечують прогнозне технічне обслуговування та оптимізацію роботи у режимі реального часу; розробленні нових матеріалів для транспортерних стрічок із підвищеною зносостійкістю, у тому числі композитних та самовідновлюваних, а також удосконалення конструкцій із метою підвищення енергоефективності й екологічної безпеки.

Отримані результати мають практичне значення для створення конкурентоспроможних конвеєрних систем, які відповідають сучасним вимогам надійності, енергоефективності та сталого розвитку.

Ключові слова: стрічковий транспортер, конвеєрна стрічка, патентний пошук, сільське господарство.

Вступ. Стрічкові транспортери є одним із найбільш поширених і ефективних засобів для транспортування матеріалів, які широко застосовуються у промисловості, сільському господарстві, будівництві та гірничодобувній сфері. Їх універсальність, висока продуктивність та можливість автоматизації процесів роблять цю техніку незамінною у сучасному виробництві [3; 4, с. 12–38; 6; 8; 9; 11, с. 4–8; 12; 14; 15, с. 65–75].

Разом із тим експлуатація стрічкових конвеєрів супроводжується низкою проблем. Однією з ключових є швидкий знос стрічки, на яку припадає від 50% до 70% вартості всієї системи, а витрати на її амортизацію становлять до 80% загальних ремонтних витрат [4, с. 63–65]. Додатковими чинниками є високі енергетичні витрати, значні динамічні навантаження під час пуску і гальмування, а також складність обслуговування окремих вузлів [6; 12]. До цього додаються зовнішні чинники: агресивне виробниче середовище, пил, волога, висока температура, що призводять до механічних пошкоджень і скорочення терміну служби обладнання.

Питання енергоефективності та надійності транспортерів набуває особливого значення в умовах зростання вартості енергоресурсів і потреби у підвищенні безпеки виробництва. Як показують сучасні дослідження, оптимізація конструкцій та застосування нових матеріалів здатні суттєво знизити експлуатаційні витрати, однак для цього необхідно враховувати специфіку робочих умов та технологічних процесів [14].

Важливим інструментом у визначенні напрямів удосконалення є патентний аналіз, який дає змогу:

- відстежити рівень науково-технічного прогресу в галузі;
- ідентифікувати найбільш перспективні конструктивні рішення;
- виявити тенденції розвитку інтелектуальних систем діагностики та контролю;
- визначити «білі плями» у сфері конвеєрних технологій, де існує потреба у нових дослідженнях

[1, с. 108–110; 2; 5; 7; 16; 17].

Таким чином, систематичний аналіз патентної бази створює передумови для пошуку інноваційних рішень, що сприятимуть підвищенню довговічності, енергоефективності та функціональної надійності стрічкових транспортерів. Це зумовлює актуальність вибраної теми та її практичне значення для розвитку галузевого машинобудування.

Мета роботи – проаналізувати існуючі патенти, виявити тенденції та окреслити перспективні напрями вдосконалення стрічкових транспортерів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення нашого дослідження був застосований комплексний підхід до патентного пошуку. Аналіз міжнародних патентних баз (WIPO, Espacenet, Google Patents) свідчить, що найбільшу активність у сфері стрічкових транспортерів демонструють:

Китай – лідирує за кількістю поданих заявок. Основні розробки стосуються здешевлення конструктивних рішень, удосконалення пристроїв для з'єднання та ремонту стрічок, а також створення комплексних конвеєрних систем, орієнтованих на потреби гірничої та вугільної промисловості.

США – значна частина патентів спрямована на впровадження високотехнологічних матеріалів для стрічок, розроблення енергоефективних приводів і систем автоматизації.

Німеччина – характеризується розробленням промислових конвеєрів з акцентом на модульні конструкції, спеціалізовані секції та системи контролю навантаження.

Японія – зосереджується на підвищенні точності, надійності та ергономічності обладнання. Значна частка патентів стосується компактних систем для виробничих просторів з обмеженими габаритами, а також використання високотехнологічних композитних матеріалів.

Підводячи підсумки, можна стверджувати, що Китай зберігає провідні позиції за кількісними показниками поданих патентних заявок, тоді як США, Німеччина та Японія вирізняються вищим рівнем технологічності та інноваційного характеру розробок.

Для проведення патентного аналізу було застосовано комплексний підхід, що передбачав пошук у національній патентній базі – Спеціальній інформаційній системі УКРНОІВІ, відбір ключових технічних рішень та їх систематизацію за основними напрямками інновацій. Основний фокус був зосереджений на класі B65G 15/00, який охоплює конвеєри з нескінченними вантажонесучими поверхнями, зокрема стрічками, де тягове зусилля передається за допомогою безкінечних приводних елементів [10].

У межах цього є численні підгрупи, які деталізують такі особливості:

- B65G 15/30 – стрічки або подібні нескінченні носії вантажу;

- B65G 15/32 – такі стрічки з гумового або пластикового матеріалу;
- B65G 15/34 – стрічки з підсилюючими прошарками, армовані;
- B65G 15/40-44 – стрічки з виступами, ребрами, направляючими тощо [10].

Додатково були використані споріднені класи, які допомагали розширити пошук і охопити допоміжні елементи:

- B65G 21/00 – опорні чи захисні рами або корпуси для нескінченних вантажонесучих або тягових елементів стрічкових чи ланцюгових конвеєрів;
- F16G 3/00 – з'єднувачі пасів або стрічок, наприклад для конвеєрних стрічок [10].

На першому етапі було ідентифіковано ключові класи Міжнародної патентної класифікації (IPC) [10], які безпосередньо стосуються стрічкових транспортерів та їхніх компонентів. Тобто патенти, пов'язані зі стрічковими транспортерами, можуть бути знайдені не лише в основному класі B65G 15/00, а й у пов'язаних підкласах – від самих стрічок до приводних механізмів.

Для отримання інформації про об'єкти промислової власності в Україні застосовували Спеціальну інформаційну систему УКРНОІВІ (СІС) [13]. Спеціальна інформаційна система (СІС) УКРНОІВІ – це офіційна база даних, яка містить інформацію про об'єкти інтелектуальної власності, зареєстровані в Україні. Система охоплює патенти на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, торговельні марки та географічні зазначення. Кожен запис містить детальну інформацію про патент (назву, номер, дату публікації, винахідників, заявників), а також відомості про його правовий статус (дієвий, не дієвий, анульований тощо).

Основні критерії відбору патентних заявок для аналізу наведено на рис. 1.

Завдяки такому підходу вдалося сформувати репрезентативну вибірку патентів, що відображає сучасний стан та перспективи розвитку стрічкових транспортерів.

Конструктивні рішення	Матеріали стрічок	Енергоефективність	Автоматизація та діагностика
☐ нові типи з'єднувачів	☐ композити	☐ системи приводів	☐ системи моніторингу стану
☐ модульні секції,	☐ полімери	☐ механізми регулювання натягу	☐ прогнозування зносу
☐ спеціальні вузли	☐ армовані структури	☐ зниження втрат енергії	☐ цифрове управління

Рис. 1. Параметри відбору патентів для дослідження

Здійснювали пошук за різними критеріями, включаючи ключові слова, номери патентів, імена винахідників та класифікаційні індекси (наприклад, МПК). Для виконання пошуку було здійснено перехід до режиму розширеного пошуку (рис. 2).

При необхідності виконання пошуку за декількома параметрами Вам необхідно натиснути кнопку "Додати параметр"

Корисні моделі

Охоронний докуме...

(51) Індекс МПК

B65G15/00

+

+ Додати параметр

Показати результати

^ Сховати умови пошуку

Всього РЕЗУЛЬТАТІВ: 59

ТИП ОПВ

Сортувати за: Релевантністю

Відображати на сторінці: 50

Рис. 2. Інтерфейс функції «Розширений пошук» у СІС УКРНОІВІ

У розділі «Розширений пошук» головного меню системи вибираємо такі елементи:

1. Тип об'єкта промислової власності: зі списку доступних типів об'єктів (наприклад, винаходи, корисні моделі) користувач вибирає відповідний варіант та визначає його правовий статус, наприклад «охоронний документ».
2. Бібліографічні параметри пошуку: система надає можливість фільтрації за такими параметрами:
 - індекс МПК (наприклад, B65G15/00);
 - дата публікації – за допомогою календарного віджету можна вказати початкову та кінцеву дату;
 - додаткові критерії – наприклад, ключові слова, заявник, винахідник. Для уточнення запиту доступна кнопка «Додати параметр».

3. Виконуємо пошуковий запит (системою формується перелік документів, що відповідають критеріям).

Застосування розширеного пошуку в СІС УКРНОІВІ дало змогу виконувати глибокий і цілковито контрольований пошук патентних документів [13].

Аналіз патентної бази даних за класом B65G 15/00 «Конвеєрні системи» показав високий рівень науково-технічної активності у сфері вдосконалення стрічкових транспортерів. Було виявлено 59 патентів на корисні моделі та 22 патенти на винаходи, що свідчить про постійний пошук ефективних рішень у цій галузі [13].

Більшість розробок стосується оптимізації окремих вузлів конвеєрних систем. Значну увагу винахідники приділяють натяжним пристроям, що підтверджується патентами № 153150, № 139776 та № 126276. Удосконалення цих елементів дає змогу забезпечити стабільний натяг стрічки, знизити ризик проковзування та вібрацій, а також мінімізувати експлуатаційні витрати.

Не менш важливим напрямом є модернізація приводних та опорних вузлів. Патенти на привідні барабани (№ 147299, № 45062, № 3078), ролики (№ 94664, № 5142) та роликоопори (№ 109767, № 105876) демонструють прагнення підвищити довговічність обладнання та зменшити опір руху, що напряму впливає на енергозбереження. Додатково, увага до підшипникових вузлів (патент № 84742) свідчить про акцент на деталях, від яких залежить безперебійність роботи системи [13].

Важливою тенденцією є перехід від суто конструктивних рішень до функціональних удосконалень та «розумних» технологій. Так, патенти № 151021, № 125252 та № 124341 описують методи контролю тягової спроможності, а № 125251, № 125250 та № 124340 – способи вимірювання зусиль натягу. Використання таких рішень відкриває можливості для впровадження систем діагностики у режимі реального часу, прогнозування ремонтів та підвищення надійності обладнання.

Окремий пласт становлять розробки для специфічних умов експлуатації. Це, зокрема, крутопохили (№ 62569, № 49869, № 28156) та трубчасті (№ 123416, № 114507) конвеєри, призначені для транспортування матеріалів у складних просторових умовах. Вони знаходять застосування у гірничодобувній промисловості, будівництві та хімічних виробництвах, де критичним є зменшення втрат матеріалів і впливу на довкілля. Додатково, інноваційними є рішення на основі канатно-стрічкових конвеєрів (№ 95851) та систем для спеціалізованих процесів, як-от гальванічна обробка (№ 12674) [13].

У групі патентів на винаходи простежується орієнтація на розширення функціональних можливостей обладнання. Так, патенти № 51881, № 61551, № 62423, № 58988, № 52130 та № 62264 спрямовані на вирішення проблем транспортування матеріалів під великим кутом. Інші приклади – самохідний конвеєр (№ 53251), конвеєр для в'язких речовин (№ 21748) та конвеєр для кар'єрів (№ 68569), що демонструють адаптацію технологій до умов конкретних галузей.

Серед патентів також простежується активність у сфері поліпшення методів контролю та діагностики. Наприклад, патент № 82051 («Спосіб лінеаризації характеристики конвеєрної ваги») відображає перехід від механічних до інтелектуальних рішень, що підвищує точність обліку матеріалів та сприяє автоматизації виробничих процесів.

Аналіз підгрупи B65G 15/30 виявив сім патентів на корисні моделі та 11 патентів на винаходи, спрямованих на вдосконалення конструктивних елементів конвеєрів. Особливо актуальними є рішення щодо з'єднань стрічок (патенти № 23260, № 24760, № 43215, № 142016), які мають критичне значення для підвищення надійності та зменшення простоїв обладнання.

Подальший аналіз патентної документації у класі B65G 15/00 показав, що значна увага приділяється проблемі з'єднання та стикування конвеєрних стрічок. Патенти на винаходи № 7360, № 35622, № 70666, № 4643, № 61022, № 105869 та № 106711 охоплюють різні аспекти цього завдання – від пристроїв попередньої обробки стрічки до конструкцій з'єднувачів і скоб для стрічок різних типів. Це підкреслює прагнення розробників до підвищення надійності з'єднань, що безпосередньо впливає на зменшення простоїв обладнання та витрат на його обслуговування [13].

Окрему групу становлять патенти, спрямовані на створення цілісних конвеєрних систем, адаптованих до конкретних умов експлуатації. Наприклад, патент № 50054 на «Стрічковий телескопічний конвеєр» орієнтований на роботу в обмежених просторах, тоді як патент № 61348 на «Крутопохилий стрічковий конвеєр» вирішує завдання транспортування матеріалів під великими кутами. Обидві розробки свідчать про зростання уваги до універсальності та мобільності конвеєрних систем.

У контексті контролю та діагностики заслуговує на увагу патент № 121977, який описує «Спосіб визначення згинальної жорсткості конвеєрної стрічки і пристрій для його реалізації». Подібні розробки підтверджують перехід від суто механічних рішень до інтеграції інженерних і діагностичних методів, що сприяє підвищенню надійності та прогнозованості роботи обладнання.

У підгрупах B65G 15/32 та B65G 15/34 акценти зміщено на матеріали та конструкцію самих стрічок. Тут переважають патенти, що описують гумові й пластикові стрічки, а також варіанти з армуванням чи посилюючими прошарками. Ця тенденція демонструє пошук шляхів підвищення зносостійкості та довговічності ключового елемента транспортерної системи.

Додатково було проведено патентний пошук у спорідненому класі B65G 21/00, що охоплює допоміжні елементи. У результаті виявлено 11 патентів на винаходи, з яких сім присвячено саме конвеєрним системам і вузлам, серед них: натяжні пристрої (№ 16518), конструкції поставів (№ 16505, № 50310, № 51935), секції (№ 1728) та завантажувальні механізми (№ 87906, № 13237). Інші чотири патенти стосуються суміжних сфер (автомобільна промисловість, харчове виробництво, пакування) і лише частково дотичні до стрічкових конвеєрів.

Серед 13 патентів на корисні моделі цього класу дев'ять безпосередньо стосуються стрічкових конвеєрів та їхніх компонентів. Найбільш показовими є розробки амортизаційних секцій (№ 69340, № 69339), завантажувальних блоків для крутопохилих конвеєрів (№ 88957, № 58134), закритих транспортерів і конвеєрів з укриттям (№ 108628, № 151329), а також пристроїв для захисту стрічки (№ 154398). Важливим напрямом залишаються рішення з аспірації та регулювання пиловиділення (№ 66777, № 88818), що має особливе значення під час роботи із сипучими матеріалами [13].

Таблиця 1. Узагальнений аналіз патентів з удосконалення стрічкових конвеєрів

Напрямок удосконалення	Приклади патентів	Суть розробок	Практичне значення
Натяжні пристрої	№153150, №139776, №126276, №16518	Пристрої для забезпечення стабільного натягу стрічки	Зниження проковзування, вібрацій, витрат на обслуговування
Привідні вузли та роликпопори	№147299, №45062, №3078, №94664, №5142, №109767, №105876, №84742	Привідні барабани, ролики, опори, підшипникові вузли	Підвищення довговічності, зниження опору руху, енергозбереження
Очищення та обслуговування	№120637, №133133, №26232	Пристрої для очищення стрічки та прибирання просипу	Зменшення забруднення, безпека праці, захист обладнання
Контроль і діагностика	№151021, №125252, №124341, №125251, №125250, №124340, №121977, №82051	Методи контролю тягової спроможності, натягу, згинальної жорсткості	Моніторинг у реальному часі, прогнозування ремонтів, автоматизація
Спеціалізовані конструкції	№62569, №49869, №28156, №123416, №114507, №95851, №12674, №50054, №61348, №53251, №21748, №68569	Крутопохилі, трубчасті, телескопічні, самохідні, канатно-стрічкові конвеєри	Адаптація до складних умов, транспортування під кутом, робота в обмеженому просторі
З'єднання стрічок	№7360, №35622, №70666, №4643, №61022, №105869, №106711, №23260, №24760, №43215, №142016	Пристрої для стикування, з'єднувачі, скоби	Підвищення надійності та довговічності з'єднань, зменшення простоїв
Матеріали стрічок (B65G 15/32, 15/34)	—	Стрічки з гуми, пластику, з армуванням та посилюючими прошарками	Збільшення міцності та зносостійкості
Секції та допоміжні елементи (B65G 21/00)	№16505, №50310, №51935, №1728, №87906, №13237, №69340, №69339, №88957, №58134, №108628, №151329, №154398, №66777, №88818	Постави, амортизаційні та завантажувальні секції, пристрої для захисту стрічки, аспірація	Зменшення ударних навантажень, зниження пиловиділення, підвищення безпеки

Таким чином, проведений патентний пошук демонструє, що основними тенденціями у сфері конвеєрних систем є:

– удосконалення механічних компонентів, що забезпечує зниження експлуатаційних витрат та підвищення загальної ефективності. Такі інновації спрямовані на підвищення надійності та довговічності ключових елементів, таких як привідні та опорні вузли, натяжні пристрої та самі стрічки (включно з їхньою армованою структурою та способами з'єднання);

– інтеграція інтелектуальних систем, що дає змогу здійснювати моніторинг стану конвеєра в режимі реального часу, прогнозувати необхідність обслуговування та оптимізувати робочий процес. Такі розробки стосуються «розумних» технологій – від способів контролю тягової спроможності та зусилля натягування до систем аспірації та прибирання просипу.

Проведений аналіз патентів дав змогу виділити такі ключові тенденції (рис. 3).

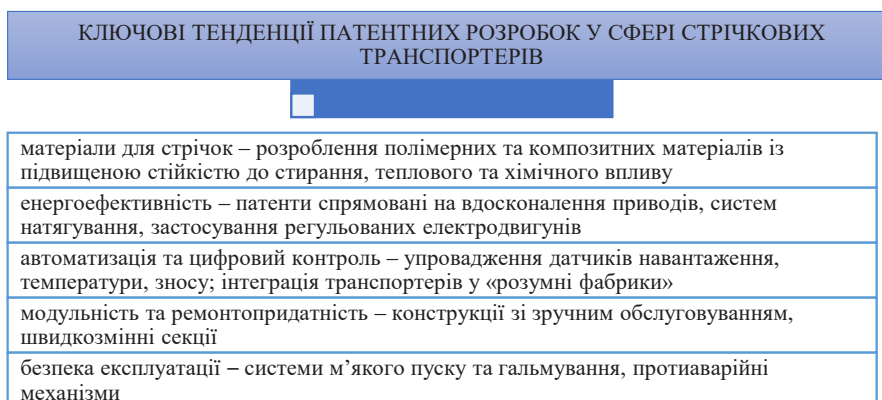


Рис. 3. Структурна схема напрямів удосконалення стрічкових транспортерів

Попри велику кількість патентів є напрями, що лише починають розвиватися:

- використання штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування зносу, діагностики стану стрічки та автоматичного регулювання режимів роботи;
- 3D-друк елементів транспортерів (роликів, кріпильних деталей, сегментів стрічки), що може знизити витрати на ремонт і підвищити гнучкість виробництва;
- рециклінг зношених конструктивних елементів – технології вторинної переробки та повторного використання зношених стрічок (наприклад, як будівельних матеріалів або вторинної сировини для гумових сумішей);
- екологічні аспекти – розроблення біорозкладних або екологічно безпечних матеріалів, що зменшують вплив на довкілля.

Патентну активність у сфері стрічкових транспортерів зосереджено на комплексних удосконаленнях, що охоплюють як механічні компоненти, так і інтелектуальні системи контролю. На основі проведеного аналізу патентної бази даних можна зробити висновок, що перспективи вдосконалення конвеєрних технологій є комплексними та багатограничними.

Висновки. Проведений патентний пошук показав, що розвиток стрічкових транспортерів у сільському господарстві та суміжних галузях зосереджується на трьох напрямках. По-перше, інтеграція сенсорних систем, алгоритмів штучного інтелекту та автоматизованого керування спрямована на підвищення адаптивності обладнання й забезпечення прогнозного обслуговування. По-друге, удосконалюються матеріали транспортерних стрічок і вузлів, зокрема шляхом розроблення композиційних та самовідновлюваних структур із підвищеною зносостійкістю та стійкістю до агресивних середовищ. По-третє, пріоритетними є енергоефективність і екологічна безпека, що реалізуються через оптимізацію приводних систем, застосування роликів зі зниженим опором коченню та впровадження технологій рекуперації енергії.

Отже, перспектива подальших досліджень визначається синтезом інтелектуальних систем керування, новітніх матеріалознавчих рішень та принципів «зеленої» інженерії, що відповідає сучасним критеріям надійності, енергоефективності й сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. Басова Ю.О., Кожушко Г.М., Шурдук І.В. Патентознавство та ліцензування : навчальний посібник. Полтава : ПУЕТ, 2019. 165 с.
2. Бондаренко Н.В., Кудін В.В. Патентно-інформаційний пошук як основа для прийняття управлінських рішень в інноваційній діяльності. Економіка та суспільство. 2017. № 9. С. 219–224.
3. Відмінності стрічкового транспортера від шнекового. *Компанія «Agrohelix»*. 2021. URL: <https://agrohelix.com.ua/vidminnosti-strichkovogo-transportera-vid-shnekovogo/>
4. Груньський Д.О. Обґрунтування параметрів гумових конвеєрних стрічок та заходи з підвищення їх довговічності : магістерська дипломна робота : 208. Дніпро, 2021. 109 с. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/578>
5. Заяць А.С. Патентний аналіз як інструмент управління інноваційним розвитком підприємства. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2015. № 52. С. 281–285.
6. Знос конвеєрної стрічки: причини та рекомендації. *ТОВ «Євро Белт»*. URL: <https://eurobelt.in.ua/ua/a494707-iznos-konvejerno-j-lenty.html>
7. Кашуба О.В. Оцінка рівня інноваційної активності підприємства на основі патентної інформації. Економічний вісник Національного технічного університету України «КПІ». 2016. № 13. С. 222–228.
8. Левченко Ю.В., Басова Ю.О., Молчанова Н.Ю., Ситник Д.Р. Дослідження конструктивних елементів обладнання для зберігання зерна. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. Вип. 2(39). С. 70–75. DOI: 10.37406/2706-9052-2023-2.10. URL: <http://surl.li/czehmv>
9. Левченко Ю., Басова Ю., Проценко О., Качур С. Інноваційні підходи до вдосконалення ефективності роботи обладнання для транспортування зерна. Modern Science, Economy and Digital Innovation : Collection of Scientific Papers «International Scientific Unity» with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. 2025. P. 148–152. URL: <https://isu-conference.com/en/archive/modern-science-economy-and-digital-innovation-12-03-25/>
10. Міжнародна патентна класифікація (МПК-2025.01). *Національний інститут інтелектуальної власності України*. URL: <https://base.nipo.gov.ua/mpk2009/index.html?level=c&version=2>
11. Посібники з експлуатації обладнання. *Компанія «Retra»*. URL: https://retra.com.ua/index.php?route=product/product/download&product_id=644&download_id=35
12. Ромасевич Ю.О. Динаміка стрічкового конвеєра при пуску. Підйомно-транспортна техніка. 2018. № 1. С. 62–68. URL: <https://ptt-journals.net/wp-content/uploads/2018/12/pidtt-2018-1-10.pdf>
13. Спеціальна інформаційна система (CIC) УКРНОІВІ. URL: <https://sis.nipo.gov.ua>
14. Створення енергоефективного елеватора потребує уваги до кожного його елемента. *АгроТаймс*. 2021. URL: <https://agrotimes.ua/article/stvorennya-energoefektyvnogo-elevatora-potrebuye-uvagy-do-kozhnogo-jogo-elementa/>
15. Підйомно-транспортні машини / А.С. Кобець та ін. Луганськ : ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2013. 218 с.
16. Ali A., Tufail A., De Silva L. C., Abas P. E. Innovating Patent Retrieval: A Comprehensive Review of Techniques, Trends, and Challenges in Prior Art Searches. *Applied System Innovation*. 2024. Vol. 7, no. 5. P. 91. DOI: 10.3390/asi7050091.
17. Ali A., Humayun M.A., De Silva L.C., Abas P.E. Optimizing Patent Prior Art Search: An Approach Using Patent Abstract and Key Terms. *Information*. 2025. Vol. 16, no. 2. P. 145. DOI: 10.3390/info16020145.

Basova Yu. O.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Mechanical and Electrical Engineering,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: yuliia.basova@pdau.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4057-7712

Levchenko Yu. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Mechanical and Electrical Engineering,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: yuliia.levchenko@pdau.edu.ua

ORCID: 0000-0001-7087-3681

Protsenko O. Yu.

*PhD Candidate (Third Educational and Scientific Level),
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: oleksandr.protsenko@pdau.edu.ua

ORCID: 0009-0003-1582-722X

Kachur S. V.

*PhD Candidate (Third Educational and Scientific Level),
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: serhii.kachur@pdau.edu.ua

ORCID: 0009-0001-4873-632X

PATENT ANALYSIS OF INNOVATIVE SOLUTIONS FOR THE ADVANCEMENT OF BELT CONVEYOR TECHNOLOGIES

Abstract

Purpose. The study aims to identify and analyze the main trends in the development of belt conveyors for agriculture and related industries based on a comprehensive patent search. Special attention is given to automation, materials engineering, energy efficiency, and environmental safety as the key drivers of innovation in conveyor systems. *Methods.* The research is grounded on a systematic patent search carried out in international and national databases (WIPO, Espacenet, Derwent, and others) for the period 2010–2025. Patent documentation was examined with regard to International Patent Classification (IPC) codes relevant to conveyor technology, automation, and materials science. The analysis focused on identifying technical solutions, innovative approaches, and recurring trends in patented developments.

Results. The patent analysis demonstrated three main directions of innovation. First, the integration of intelligent technologies – sensors, monitoring systems, and artificial intelligence algorithms – contributes to the transition from traditional mechanical conveyors to adaptive, self-regulating systems with predictive maintenance capabilities. Second, the improvement of conveyor belt materials is a priority, with developments in composite and self-healing structures ensuring enhanced wear resistance, durability in aggressive environments, and extended service life. Third, patents emphasize energy efficiency and ecological safety through optimized drive mechanisms, low-resistance idlers, and energy recovery technologies. Additionally, the use of eco-friendly materials and hermetic constructions reduces the environmental impact of conveyor systems. *Conclusions.* The results confirm that the future development of belt conveyors depends on the synergy between intelligent control, advanced materials, and green engineering principles. This integrative approach corresponds to modern requirements of reliability, energy efficiency, and sustainability. The findings provide a theoretical and practical basis for further research and technological implementation in the agricultural and industrial sectors, highlighting the role of patent information as a strategic tool for innovation management.

Key words: belt conveyors, agriculture, patent search, automation, artificial intelligence, advanced materials, energy efficiency, ecological safety, sustainable development.

References

1. Basova, Yu.O., Kozhushko, H.M., & Shurduk, I.V. (2019). Patentoznavstvo ta litsenzuvannia: navchalnyi posibnyk [Patent science and licensing: Textbook]. Poltava: PUET [in Ukrainian]
2. Bondarenko, N.V., & Kudin, V.V. (2017). Patentno-informatsiinyi poshuk yak osnova dlia pryiniattia upravlinskykh rishen v innovatsiini diialnosti [Patent information search as a basis for managerial decision-making in innovation activity]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 9, 219–224. [in Ukrainian]

3. Kompaniia «Agrohelix». (2021). Vidminnosti strichkovoho transportera vid shnekovoho [Differences between belt and screw conveyors]. Retrieved from: <https://agrohelix.com.ua/vidminnosti-strichkovogo-transportera-vid-shnekovogo/> [in Ukrainian]
4. Hruns'kyi, D.O. (2021). Obgruntuvannia parametriv humovykh konveiernykh strichok ta zakhody z pidvyshchennia yikh dohovichnosti: Mahisterska dyplomna robota: 208 Ahroinzheneriia [Justification of parameters of rubber conveyor belts and measures to improve their durability: Master's thesis: 208 Agroengineering]. Dnipro: Dniprov's'kyi derzhavnyi aharno-ekonomichnyi universytet, Inzhenerno-tekhnologichnyi fakultet, Kafedra nadiinosti i remontu mashyn. <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/578> [in Ukrainian]
5. Zaiats, A.S. (2015). Patentnyi analiz yak instrument upravlinnia innovatsiinym rozvytkom pidpriemstva [Patent analysis as a tool for enterprise innovation development management]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, 52, 281–285. [in Ukrainian]
6. TOV «Yevro Belt». (n.d.). Znos konveiernoi strichky: prychyny ta rekomendatsii [Conveyor belt wear: Causes and recommendations]. Retrieved from: <https://eurobelt.in.ua/ua/a494707-iznos-konvejernoj-lenty.html> [in Ukrainian]
7. Kashuba, O.V. (2016). Otsinka rivnia innovatsiinoi aktyvnosti pidpriemstva na osnovi patentnoi informatsii [Assessment of enterprise innovation activity level based on patent information]. *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «KPI»*, 13, 222–228. [in Ukrainian]
8. Levchenko, Yu.V., Basova, Yu.O., Molchanova, N.Yu., & Sytnyk, D.R. (2023). Doslidzhennia konstruktyvnykh elementiv obladnannia dlia zberihannia zerna [Study of design elements of grain storage equipment]. *Podil'skyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 2(39), 70–75. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.10> [in Ukrainian]
9. Levchenko, Y., Basova, Y., Protsenko, O., & Kachur, S. (2025). Innovatsiini pidkhody do udoskonalennia efektyvnosti roboty obladnannia dlia transportuvannia zerna [Innovative approaches to improving the efficiency of grain transportation equipment]. In *Modern Science, Economy and Digital Innovation: Collection of Scientific Papers «International Scientific Unity» with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference* (pp. 148–152). Retrieved from: <https://isu-conference.com/en/archive/modern-science-economy-and-digital-innovation-12-03-25/> [in Ukrainian]
10. Natsionalnyi instytut intelektualnoi vlasnosti Ukrainy. (2025). Mizhnarodna patentna klasyfikatsiia (MPK-2025.01) [International Patent Classification (IPC-2025.01)]. Retrieved from: <https://base.nipo.gov.ua/mpk2009/index.html?level=c&version=2> [in Ukrainian]
11. Kompaniia «Retra» (n.d.). Posibnyky z ekspluatatsii obladnannia [Equipment operation manuals]. Retrieved from: https://retra.com.ua/index.php?route=product/product/download&product_id=644&download_id=35 [in Ukrainian]
12. Romasevych, Yu.O. (2018). Dynamika strichkovoho konveiera pry pusku [Dynamics of a belt conveyor at start-up]. *Pidjomno-transportna tekhnika*, 1, 62–68. Retrieved from: <https://ptt-journals.net/wp-content/uploads/2018/12/pidtt-2018-1-10.pdf> [in Ukrainian]
13. UKRNOIVI. (n.d.). Spetsialna informatsiina systema (SIS) [Special information system]. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua> [in Ukrainian]
14. AhroTayms (2021). Stvorennia enerhoefektyvnoho elevatora potrebuie uvahy do kozhnogo yoho elementa [Creating an energy-efficient elevator requires attention to each of its elements]. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/article/stvorenniya-energoefektyvnogo-elevatora-potrebuye-uvagy-do-kozhnogo-jogo-elementa/> [in Ukrainian]
15. Kobets, A.S., Dyrda, V.I., Kozub, Yu.H., ta in. (2013). Pidjomno-transportni mashyny [Lifting and transport machines]. Luhansk: DZ «LNU imeni Tarasa Shevchenka» [in Ukrainian]
16. Ali, A., Tufail, A., De Silva, L.C., & Abas, P.E. (2024). Innovating patent retrieval: A comprehensive review of techniques, trends, and challenges in prior art searches. *Applied Sciences*, 7(5), 91. <https://doi.org/10.3390/asi7050091> [in English].
17. Ali, A., Humayun, M.A., De Silva, L.C., & Abas, P.E. (2025). Optimizing patent prior art search: An approach using patent abstract and key terms. *Information*, 16(2), 145. <https://doi.org/10.3390/info16020145> [in English].

Отримано: 25.09.2025

Рекомендовано: 31.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 631.37

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.32>

Бойко В. Б.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри тракторів і сільськогосподарських машин,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Дніпро, Україна

E-mail: boiko.v.b@dsau.dp.ua

ORCID: 0000-0003-1014-7201

Денисенков О. В.

аспірант кафедри тракторів і сільськогосподарських машин,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Дніпро, Україна

E-mail: service@agrottime.dp.ua

ORCID: 0009-0004-9877-1555

АГРОМІСТ З АВТОНОМНИМ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯМ ДЛЯ МОСТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Анотація

У статті розглянуто сучасні підходи до реалізації мостових технологій у землеробстві, проведено аналіз теоретичних основ і практичної реалізації мостових технологій у сільському господарстві, спрямованих на зменшення ущільнення ґрунту, підвищення енергоефективності та забезпечення сталості польових операцій. Дослідження підкреслює актуальність використання агромоств у сучасному точному землеробстві та пропонує структуровану класифікацію таких машин відповідно до ключових функціональних критеріїв. Необхідність мінімізації негативного впливу традиційних колісних систем на родючість і структуру ґрунту зумовила зростання інтересу інженерів, науковців та агровиробників до мостових систем.

Представлено всебічний огляд розвитку мостового землеробства – від історичних моделей, зокрема парового мостового трактора Александра Халкетта XIX ст., до сучасних рішень, таких як модульний французький трактор EOLE, універсальна платформа NEXAT, розроблена у Німеччині, та кругова система Agrokruih зі Словенії. Розглянуто технічні, екологічні та економічні параметри цих машин, зокрема переваги технології контрольованого руху (CTF), значення модульності конструкції, різні типи енергопостачання (дизельні, електричні та сонячні установки), а також рівні автоматизації (механізовані, автоматизовані та роботизовані рішення). Додатково запропоновано оригінальну конструкцію агромоств, що працює на сонячних панелях і пересувається по рейковій системі. Такий підхід дає змогу повністю виключити переміщення рушіїв у зоні розташування рослин, що сприяє зменшенню ущільнення ґрунту та економії енергії.

Проведений аналіз підтверджує, що мостові системи забезпечують суттєві переваги у зменшенні деградації ґрунтів, збереженні їхньої структури та підвищенні врожайності, особливо в умовах органічного та дрібномасштабного виробництва. Використання автономних джерел енергії та модульної архітектури надає цим машинам високої гнучкості та екологічної сумісності. Упровадження подібних систем може стати стратегічним рішенням для сталого та точного землеробства, що дає змогу поєднати продуктивність і збереження довкілля.

Ключові слова: точне землеробство, ущільнення ґрунту, мостова технологія, агроміст, Controlled Traffic Farming.

Вступ. Мостові технології у точному землеробстві є важливим елементом сучасного агропромислового виробництва, які дають змогу забезпечити високу точність та ефективність роботи сільськогосподарських машин і зменшити вплив на навколишнє середовище. Одним з основних завдань сучасних агротехнічних технологій є оптимізація використання техніки для обробки ґрунту та виконання інших сільськогосподарських операцій із мінімальним негативним впливом на природне середовище. Одним із рішень є застосування машин мостового типу, які завдяки своїй конструктивній особливості дають змогу усунути ущільнення ґрунту рушіями, автоматизувати виконання технологічних операцій із вирощування рослин, знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище шляхом використання електроприводів [5; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій доводить актуальність даної проблематики. Так, у роботах [3; 7; 10] наведено дослідження впливу ходових систем на родючий шар ґрунту, за результатами якого встановлено, що основною причиною зниження родючості ґрунтів і врожайності сільськогосподарської продукції є переущільнення. Одним з основних чинників переущільнення ґрунту є ріст кількості проходів по полю машино-тракторними агрегатами та самохідними машинами для захисту рослин та збирання врожаю. Переущільнення ґрунту призводить до зміни його структури, погіршуючи газо- та вологообмін, які впливають на ріст рослин. Багатократне переміщення ходових систем агрегатів по полю, що виконують одну операцію, призводить до ущільнення ґрунту до 1,4 г/см³ та, відповідно, до втрат врожайності сільськогосподарських культур.

Дослідженнями, проведеними на вирощуванні зернових культур [7], встановлено, що під час руху навколо слідів рушіїв енергетичних засобів, задіяних у технологічному процесі збирання зернових, створюються ущільнені зони, глибина яких за вологості 20...23% може становити 37...50 см. Використання легких гумово-кордових гусениць дає змогу зменшити ущільнюючу дію на ґрунті до допустимих показників.

Ще одним із найбільш поширених способів зниження ущільнення ґрунту ходовими системами є використання спарених шин. За результатами проведених досліджень із використанням спарених шин на тракторі CASE 340 [4] встановлено зниження майже вдвічі ущільнюючої дії колісних рушіїв.

Мета роботи – обґрунтування та розроблення конструктивної схеми агромота з автономним енергоживленням для мостової технології у точному землеробстві.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети виконано аналіз конструктивних рішень у реалізації принципів мостової технології землеробства.

Уперше мостову технологію було запропоновано у Великій Британії у середині XIX ст. для виконання ґрунтообробних операцій у рослинництві. Мостова машина англійського винахідника Александра Халкета (рис. 1) [15] рухалася по рейках та переміщувала ґрунтообробні знаряддя (плуг, культиватор).

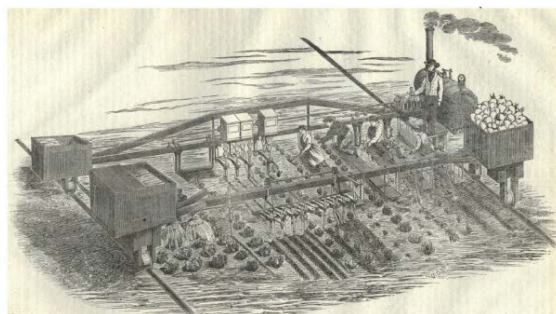


Рис. 1. Мостова машина Kensington Александра Халкета [15]

Як енергетична установка використовувався паровий двигун потужністю 8 к. с. Використання опорних рейок дає змогу в 10 разів зменшити витрати енергії на переміщення мостової машини, ніж, наприклад, по стерні під час оранки [12], що було особливо актуальним для парових енергетичних установок, коефіцієнт корисної дії яких на той час не перевищував 12%.

Із появою більш ефективних двигунів внутрішнього згорання та появою високопродуктивних мобільних машин даний напрям на деякий час утратив актуальність. І лише наприкінці минулого століття все більше наукових робіт було присвячено негативному впливу рушіїв на родючий шар ґрунту та показники врожайності. Винахідники-аматори почали роботу над розробленням машин нового типу, які рухалися по постійних коліях чи доріжках. Одним із таких перших аматорів є Девід Довлер, який у 1975 р. запропонував конструкцію мостового трактора з шириною прогінної частини 12 м (рис. 2) [12]. Порівняльними дослідженнями на вирощуванні зернових встановлено ефективність упровадження машин мостового типу. Так, на посівах пшениці та ячменю приріст урожайності за рахунок виключення руху рушіїв машини з агротехнічної зони становив 0,75 т/га. Витрати енергії знизилися до 70% за рахунок зниження тягового опору на оранці та зниженню опору перекочування коліс по постійних доріжках.



Рис. 2. Мостовий трактор Девіда Довлера [12]

У 1990-х роках ідею мостового землеробства почали активно підтримувати не лише окремі ентузіасти, а й наукові установи в Західній Європі, Австралії та США. У практиці з'являється термін Controlled Traffic Farming (CTF) – система контролюваного руху техніки, яка, по суті, є реалізацією принципу мостового землеробства. Суть

її полягає у використанні стабільних колій руху технічних засобів, які не змінюються протягом усього періоду експлуатації поля. Такий підхід дає змогу звести ущільнення ґрунту до мінімально можливої площі – 15–20% поля замість традиційних 80–90%. Розвиток конструктивних рішень у сфері мостового землеробства зумовив необхідність класифікації машин для їх упорядкування та аналізу [5; 6].

Розглянемо найбільш перспективні розробки мостових машин, що отримали популяризацію завдяки ефективності роботи.

Представником універсальної модульної мостової машини з контрольованим рухом СТФ є трактор EOLE, розроблений французьким фермером П'єром Бухуром у співпраці з партнерами [13]. Трактор розроблено з метою реалізації органічного, екологічного землеробства на вирощуванні овочевих культур. Загальна довжина прогінної частини трактора становить 20 м. Завдяки модульності конструкції відбувається швидке переобладнання необхідних знарядь для виконання основних технологічних операцій.

У результаті використання мостового трактора EOLE у фермерських господарствах ущільнення ґрунту знизилося на 80–90% порівняно з класичними тракторами. Підвищення врожайності овочевих культур становило 15–20%, що пов'язано з покращенням аерації ґрунту та збереженням його структури. Витрати на паливе скоротилися на 25%.

Ще одним із представників модульного типу машин із поступальним рухом, який заслуговує на увагу, є системний трактор NEXAT, розроблений німецькою компанією Kalverkamp Innovation [9]. Ця унікальна сільськогосподарська машина поєднує у собі функціональність мостової платформи, потужного трактора та універсального носія змінного обладнання.

Системний трактор NEXAT відрізняється від звичайної техніки буквально всім. Це не просто трактор, а ціла мобільна платформа, яка здатна підлаштовуватися під будь-який агротехнічний процес. Візуально він нагадує гігантський міст, що перекидає всю ширину поля (до 14 м) і рухається тільки по визначених коліях, не ущільнюючи ґрунт у зоні вирощування культур. Як гібридна силова установка використовуються два дизель-генератори із сумарною потужністю близько 1000 к. с. В умовах поля рушії можуть повертатися на 90 градусів. Загальний кут повороту рушіїв трактора становить 170, а кабіни – 270 градусів. У транспортному режимі трактор досить мобільний і розвиває швидкість до 40 км/год. Агрегування сільськогосподарських машин із трактором виконується через змінний модуль, розташований у центральній його частині. Завдяки повній автоматизації NEXAT повністю відповідає принципам точного землеробства та системам СТФ (Controlled Traffic Farming).

До недоліків такого трактора можна віднести: потребу в підготовленій інфраструктурі, кваліфікованому персоналі з досвідом керування автоматизованими цифровими системами та його вартість, яка може сягати до мільйона євро, що є бар'єром для більшості середніх та малих господарств.

Окрім робіт зі створення поступального руху мостових машин ведуться роботи над розробленням машин, що рухаються по колу. Такий підхід дає змогу організувати роботу на фіксованих ділянках. Одна машина може обслуговувати до п'яти ділянок. Переїзд виконується з використанням колісних рушіїв, розміщених на початку та в кінці ферми агромота.

Як приклад розглянемо проєкт мостової технології Agrokruih, що базується на електричних агромотах кругової дії (рис. 3) [14]. Розроблення даної концепції започаткував Джон Слінскі (Словенія) ще у 1990-х роках на площі 2 га. Основна ідея проєкту полягає у створенні мостової технології землеробства, яка дає змогу обробляти ділянки у формі кола за допомогою агромотів кругового руху з довжиною ферми 18 м. Агромоти обладнуються змінними робочими органами для виконання посіву, догляду за рослинами та збирання врожаю по колу. Відповідно, формування рядка за такої технології відбувається по спіралі, тобто на одній ділянці формується один рядок із постійним міжряддям.

Із роками система зазнала кількох модернізацій, у результаті чого вдалося досягти повної електрифікації, автоматизації та мінімального впливу на ґрунт і навколишнє середовище. Agrokruih орієнтований переважно на вирощування органічних овочів, ідеально підходить для фермерських господарств малого та середнього масштабів.

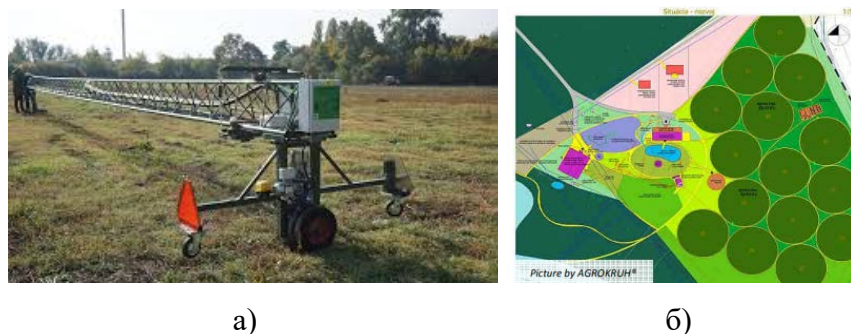


Рис. 3. Загальний вигляд агромота кругового руху (а) та поле, облаштоване за мостовою технологією Agrokruih (б) [14]

До недоліків використання мостових машин кругового руху порівняно з машинами поступального руху можна віднести втрату площі до 16% у зоні примикання ділянок; зниження продуктивності виконання технологічних операцій, що пов'язано зі складністю переїзду між ділянками.

Перевагою запропонованого конструктивного рішення є нульове ущільнення ґрунту, автоматизація технологічних процесів, відсутність складних навігаційних систем та екологічність проекту.

В Україні розробленню мостових машин присвячено роботи В. О. Улексіна, В. Т. Надикто, В. П. Кувачова, В. В. Адамчука, В. М. Булгакова та ін. Результатом цих робіт стала поява мостових машин для збирання врожаю городини (рис. 4) [5] та ширококоліїних машин для догляду за овочевими культурами в закритому ґрунті (рис. 5) [11].

Використання мостової машини [5] на збиранні огірків дало змогу виключити переміщення працівників по полю та травмування вегетаційної частини рослин, завдяки чому збір продукції виріс майже вдвічі. На платформі мостової машини довжиною 22 м розміщується така ж кількість збирачів. Використання стрічкового транспортеру дало змогу підвищити продуктивність процесу збирання продукції овочівництва шляхом механізації процесу транспортування та знизити навантаження на працівників.



Рис. 4. Мостова машина для збирання продукції овочівництва

Як енергетична установка використовується дизель-генератор потужністю 6 кВт, цього достатньо для реалізації переміщення та керування машиною за допомогою чотирьох мотор-колів та частотного перетворювача.

До недоліків такої конструкції можна віднести неповну механізацію процесу збирання (деякі з операцій виконуються вручну); відсутність модульності конструкції машини, що не дає змоги використовувати машину на інших операціях під час вирощування овочів. Використання дизель-генератора, який використовується як енергетична установка, створює шум, вібрації та викиди вихлопних газів створюють дискомфортні та шкідливі умови праці для працівників, що перебувають безпосередньо на платформі мостової машини.

Як машину модульної конструкції розглянемо ширококоліїну машину, запропоновану науковцями ТДАТУ для догляду за овочевими культурами в закритому ґрунті [2; 11].

Завдяки модульності машина забезпечує агрегування з різними сільськогосподарськими знаряддями для обробітку ґрунту, посіву, догляду за посівами та збирання продукції.



Рис. 5. Ширококоліїна машина для закритого ґрунту

Переміщення машини здійснюється за рахунок чотирьох мотор-колів із живленням від електричної мережі, що є актуальним для механізації технологічних операцій вирощування рослин у закритому ґрунті. До переваг окрім екологічності таких машин також можна віднести низький рівень шуму порівняно з мобільними

енергетичними засобами, обладнаними двигунами внутрішнього згорання. Недоліками даної машини є низькі мобільність та маневреність за рахунок прив'язки до електричної мережі.

Відомо також конструктивне рішення мостової машини, захищене патентом [1], для реалізації мостової технології землеробства, запропоноване науковцями ДДАЕУ.

Розробка являє собою одноконсольний агроміст (рис. 6а). Основна маса машини припадає на одне з плеч ферми агромоста завдяки використанню баласту 5 і через опорні ведучі колеса (рис. 6б) передається на одну з напрямних рейок, що спирається на опорні стовпчики (рис. 6в, д).

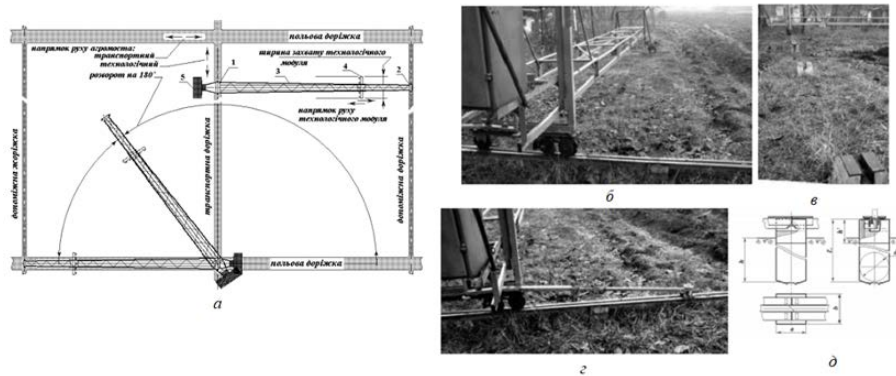


Рис. 6. Одноконсольний агроміст

Переміщення рейок виконується за допомогою маніпулятора (рис. 6г). Інше плече ферми підтримується опорними колесами, які рухаються по постійній колії. Навісне знаряддя встановлюється на каретці 4 (рис. 6а) агромоста та переміщується разом із нею по направляючій ферми 3. Тобто технологічні операції виконуються без переміщення всієї конструкції агромоста. Таке конструктивне рішення дає змогу знизити енергозатрати та забезпечує досить високу точність позиціонування машини та робочих органів знаряддя. Використання одноконсольного агромоста дає змогу знизити витрати на облаштування ділянки, оскільки з одного ряду опорних стовпчиків за рахунок повороту ферми агромоста на 180 градусів по черзі здійснюється обробка двох загінок (рис. 6д). Недоліком такої конструкції є пошкодження культур у зоні розвороту через їх витоптування підтримуючими колесами, окрім цього, використання електроприводів і, відповідно, мереж живлення значно ускладнює мобільність машини.

За результатами проведеного аналізу машин мостового типу розроблено конструктивну схему одноконсольного агромоста з автономним енергоживленням із використанням сонячної енергії та пересуванням по постійних направляючих, розміщених у технологічній зоні. Аналогічно розглянутим попередньо прикладам першочергово на полі будується координатно-транспортна система КТС (рис. 7) із технологічними доріжками (технологічна зона), у межах яких розміщуються виробничі ділянки (агротехнічна зона). Дане рішення дає змогу усунути ущільнення ґрунту рушіями агромоста і забезпечити точність позиціонування машини з робочими органами в межах КТС.

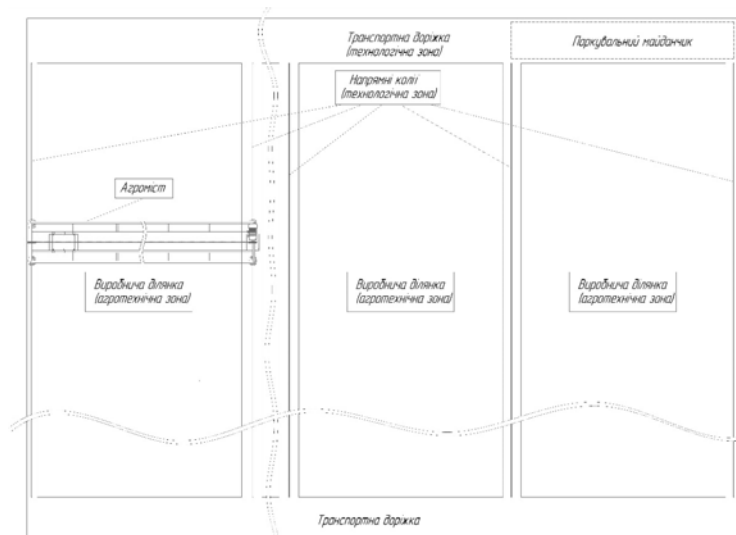


Рис. 7. Поле, облаштоване для мостової технології землеробства

Основною відмінністю запропонованої конструкції агромоста (рис. 8) є використання сонячних панелей 4 у поєднанні з акумуляторною батареєю 13, що забезпечують накопичення та стабільне живлення електроприводів. Це дає змогу повністю відмовитися від дизель-генераторів, знизивши викиди, шумове навантаження і витрати пального, що є особливо актуальним для тепличного господарства та органічних ферм, де екологічність має першочергове значення. Додатково накопичення електричної енергії можливо здійснювати під час міжзмінних пауз у роботі агромоста з використанням зарядного пристрою, розташованого на паркувальному майданчику. Використання автономного живлення також усуває необхідність у зовнішніх кабелях живлення для електроприводів, що значно підвищує мобільність та зручність експлуатації агромоста у польових і тепличних умовах.

Конструктивна схема включає металеву ферму 3 агромоста, що спирається на систему рейкових напрямних 1, 12. Переміщення робочих органів, закріплених за допомогою механізму агрегаткування 7 на каретці 5, здійснюється за допомогою ланцюгової передачі 6 з електроприводом 9. Це дає змогу виконувати технологічні операції без переміщення всієї конструкції агромоста. Завдяки цьому досягається зниження енергозатрат та підвищення точності позиціонування робочих органів. Періодичне зміщення агромоста на новий рядок (міжряддя) відбувається за допомогою мотор-коліс 2, 11.

Розроблена інтелектуальна система керування агромостом разом із давачами та виконавчими пристроями забезпечує високу точність та надійність виконання технологічних операцій.

Уся маса конструкції агромоста передається через мотор-колеса на напрямні рейки 1, 12, винесені за межі виробничої ділянки (агротехнічної зони), що виключає витоптування рослин та ущільнення ґрунту рушіями. Підвищена маневреність агромоста забезпечується за рахунок можливості повороту мотор-коліс на 180 градусів кривими двигунами 14.

Загалом робота агромоста відбувається так. Агроміст за допомогою мотор-коліс 1, 12 згідно з поставленим завданням із використанням автономної навігаційної системи переміщується від місця паркування до відповідної виробничої ділянки по транспортній доріжці.

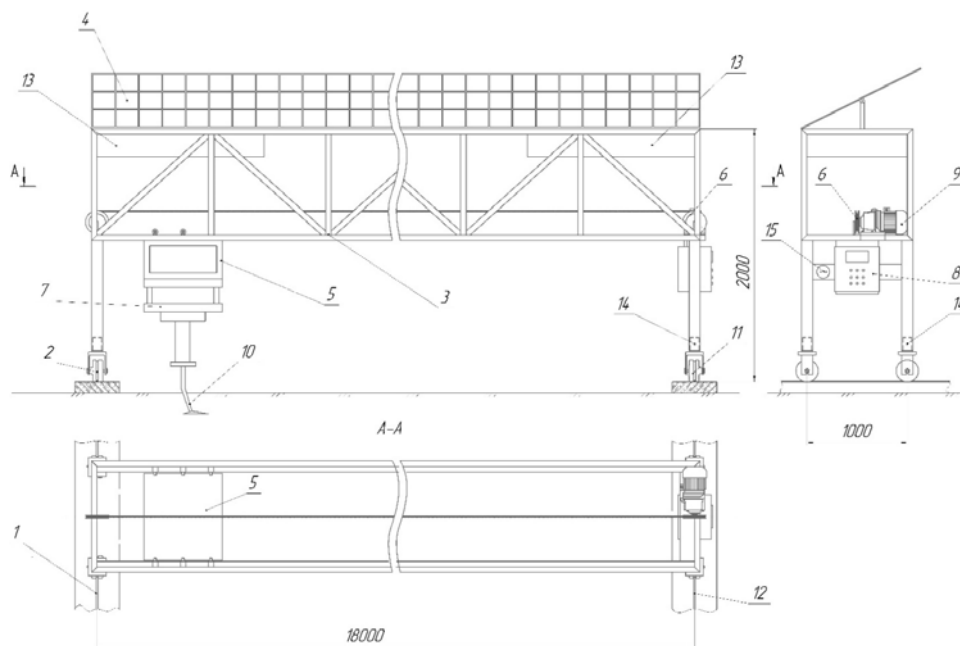


Рис. 8. Конструктивна схема одноконсольного агромоста з автономним живленням

1, 12 – напрямні рейки; 2, 11 – мотор-колеса; 3 – ферма агромоста; 4 – сонячні панелі 5 – каретка агромоста; 6 – ланцюгова передача; 7 – механізм агрегаткування; 8 – шафа керування; 9 – електродвигун; 10 – знаряддя; 13 – акумуляторна батарея; 14 – кроковий двигун; 15 – роз’єм зарядки батареї

За допомогою чотирьох крокових двигунів 15 мотор-колеса повертаються на 90 градусів та наїжджають на напрямні рейки. Завдяки канавкам на профілі кожного з мотор-коліс конструкція агромоста надійно утримується. Точно рухаючись по рейках уздовж ділянки, мостова машина виходить на задану позицію та зупиняється для виконання технологічного процесу. Необхідне знаряддя 10 за допомогою механізму агрегаткування переходить із транспортного положення в робоче та переміщується кареткою з ланцюговою передачею та електроприводом по напрямних ферми агромоста. Завершивши прохід знаряддя, переводиться в транспортне положення, розвертається на 180 градусів механізмом агрегаткування, а ферма агромоста зміщується на наступну позицію, після чого цикл повторюється. Уся робота агромоста здійснюється повністю в автоматичному режимі за заздалегідь розробленою програмою.

Упровадження такої машини відкриває можливості для використання штучного інтелекту, сенсорних систем і автоматизованого моніторингу стану рослин у реальному часі [16], що значно підвищує рівень точності агротехнологій. Подальшу роботу буде присвячено створенню експериментального зразка для встановлення ефективних значень конструктивно-технологічних параметрів агромостової машини для мостової технології землеробства.

Висновки

1. Аналіз історичних і сучасних мостових машин показав, що вони суттєво знижують ущільнення ґрунту, сприяють підвищенню врожайності культур і зменшують витрати енергії.
2. Запропонована конструктивна схема одноконсольного агромоста з автономним живленням усуває основні недоліки інших мостових машин: потребу в дизель-генераторах, значні енерговитрати та втрату площі поля в зонах розвороту.
3. Наукова новизна роботи полягає у поєднанні рейкової системи пересування з живленням від сонячних панелей, що забезпечує екологічність, енергоефективність і високу точність виконання агротехнологічних операцій.
4. Практичне значення дослідження полягає у створенні передумов для виготовлення та подальшого дослідження експериментального зразка агромоста, придатного для використання у малих і середніх фермерських господарствах у системах точного та органічного землеробства.

Список використаних джерел

1. Агromіст : пат. 127654 України : МПК A01B3/74, A01B61/00, A01B76/00, A01B49/00. №a202200028 ; заявл. 04.01.22 ; опубл. 15.11.23, Бюл. № 46. 3 с.
2. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П. Дослідження автоматичного водіння мобільного мостового агрозасобу по слідах постійної технологічної колії. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2020. Вип. 11(110). С. 12–26.
3. Курской В.С., Замойський С.М., Білюк Ю.М., Герасименко В.О., Перникова А.В. Вплив рушійних систем на ущільнення ґрунту. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2022. № 1(47). С. 16–19. DOI: 10.32845/msnau.2022.1.3.
4. Лебедев С. Агроєкологічна безпека сільськогосподарських тракторів на поворотній смузі. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2020. Вип. 26(40). С. 83–91. DOI: 10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-7.
5. Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень : монографія / А.С. Кобець та ін. Дніпро : Акцент, 2023. 367 с.
6. Надикто В.Т., Улексін В.О. Колійна та мостова системи землеробства : монографія. Мелітополь : ММД, 2008. 270 с.
7. Соларьов О.О. Експериментальні дослідження ущільнюючого впливу на ґрунт рушіїв трактора МТЗ-82. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2016. Вип. 3(28). С. 103–109.
8. Улексін В.О. Обробіток ґрунту у мостовому землеробстві. *Вісник ХНТУСГ. Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні*. 2005. № 39. С. 163–168.
9. Універсальний трактор NEXAT : вебсайт. URL: <https://ifarming.ua/resursi/universalnyj-tractor-nexat> (дата звернення: 18.04.2025).
10. Ясенецький В.Т. До питання ущільнення ґрунту рушіями мобільної сільськогосподарської техніки. *Техніка і технології АПК*. 2012. № 3. С. 33–36.
11. Beloev I., Kuvachov V., Adamchuk V., Ruzhylo Z. Analytical study of the turns of bridge machines. *Machinery & Energetics*. 2023. Vol. 14. № 3. P. 9–20. DOI: 10.31548/machinery/3.2023.09.
12. Chamen W.C.T., Dowler D., Leede P.R., Longstaff D.J. Design, operation and performance of a gantry system: experience in arable cropping. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1994. Vol. 59. P. 45–60.
13. Eole Tract: La fin du tracteur en maraîchage? *Materielagricole info* : веб-сайт. URL: <https://www.materielagricole.info/tracteur/article/713859/la-fin-du-tracteur-en-maraichage> (дата звернення: 18.04.2025).
14. Introducing AGROKRUIH: An effective system for sustainable growing and marketing of vegetables on a family farm. URL: <https://ekumakad.cz/download/TVF/CEPTA%20-%20Introducing%20AGROKRUIH.pdf> (дата звернення: 20.04.2025).
15. The history of gantry tractors, also known as wide span or wide track vehicles. *Gantrytracto* : веб сайт. URL: <https://www.gantrytractor.org/history> (дата звернення: 16.04.2025).
16. Visentin F., Benos L., Rodić S., Marini S., Rizzi F., Gatti R., & Ronchetti F. A mixed-autonomous robotic platform for intra-row and inter-row weed removal for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 214. 108724. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108720.

Boiko V. B.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Tractors and Agricultural Machines,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine*

E-mail: boiko.v.b@dsau.dp.ua**ORCID:** 0000-0003-1014-7201**Denysenkov O. V.**

*Postgraduate Student at the Department of Tractors and Agricultural Machines,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine*

E-mail: service@agrotime.dp.ua**ORCID:** 0009-0004-9877-155

AGROMIST WITH AUTONOMOUS POWER SUPPLY FOR BRIDGE TECHNOLOGY IN PRECISION AGRICULTURE

Abstract

The article examines modern approaches to the implementation of gantry-based technologies in agriculture, providing an analysis of the theoretical foundations and practical application of such systems aimed at reducing soil compaction, improving energy efficiency, and ensuring the sustainability of field operations. The study highlights the relevance of agrogantries in modern precision farming and offers a structured classification of these machines according to key functional criteria. The need to minimize the negative impact of traditional wheel-based systems on soil fertility and structure has driven growing interest among engineers, researchers, and agricultural producers in gantry systems.

The paper presents a comprehensive overview of the development of gantry-based agriculture: from historical models, including Alexander Halkett's 19th-century steam-powered gantry tractor, to modern solutions such as the modular French tractor EOLE, the multifunctional NEXAT platform developed in Germany, and the circular Agrokruih system from Slovenia. The study analyzes technical, ecological, and economic parameters of these machines, focusing on the advantages of controlled traffic farming (CTF), the importance of modular construction, different types of energy sources (diesel, electric, and solar), as well as levels of automation (mechanized, automated, and robotic solutions). Additionally, the paper proposes an original design of an agrogantry powered by solar panels and moving along rail tracks. This configuration eliminates the movement of propulsion systems within the crop zone, thereby reducing soil compaction and saving energy.

The analysis confirms that gantry systems provide significant benefits in reducing soil degradation, preserving soil structure, and improving yields, particularly under conditions of organic and small-scale farming. The use of autonomous energy sources and modular architecture provides these machines with high flexibility and ecological compatibility. The introduction of such systems can become a strategic solution for sustainable and precise agriculture, combining productivity with environmental protection.

Key words: precision farming, soil compaction, gantry technology, agrogantry, Controlled Traffic Farming (CTF).

References

1. Ahromist [Agrobridge]. Patent of Ukraine No. 127654. a202200028. Filed January 4, 2022. Published November 15, 2023, Bulletin No. 46 [in Ukrainian].
2. Adamchuk, V.V., Bulgakov, V.M., & Kuvachov, V.P. (2020). Doslidzhennia avtomatichnoho vodinnia mobilnoho mostovoho ahrozsovy po slidakh postiinoi tekhnolohichnoi kolii [Research of automatic driving of mobile gantry agricultural unit along permanent technological tracks]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva*, 11(110), 12–26 [in Ukrainian].
3. Kurskoy, V.S., Zamoyskiy, S.M., Bilyuk, Y.M., Herasymenko, V.O., & Pernykoza, A.V. (2022). Vplyv rushiinykh system na ushchilnennia gruntu [Influence of running systems on soil compaction]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv*, 1(47), 16–19. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.1.3> [in Ukrainian].
4. Lebediev, S. (2020). Ahroekolohichna bezpeka silskohospodarskykh traktoriv na povorotnii smuzi [Agroecological safety of agricultural tractors on turning strips]. *Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprovuvannia novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, 26(40), 83–91. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26\(40\)-7](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-7) [in Ukrainian].
5. Kobets, A.S., Teslyuk, H.V., Puhach, A.M., Sokol, S.P., Nadykto, V.T., Uleksin, V.O., Boiko, V.B., Zolotovska, O.V., & Teslyuk, Yu.V. (2023). Mostove zemlerobstvo. Elementy teorii ta rezultaty doslidzhen [Gantry farming: Elements of theory and research results]. Dnipro: Aktsent. [in Ukrainian].
6. Nadykto, V.T., & Uleksin, V.O. (2008). Koliina ta mostova systemy zemlerobstva [Track and gantry farming systems]. Melitopol: MMD Publishing House. [in Ukrainian].
7. Solariov, O.O. (2016). Eksperymentalni doslidzhennia ushchilniuiuchoho vplyvu na grunt rushiiv traktora MTZ-82 [Experimental research on the compacting effect of MTZ-82 tractor running systems on soil]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriya: Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv*, 3(28), 103–109 [in Ukrainian].
8. Uleksin, V.O. (2005). Obrobitok gruntu u mostovomu zemlerobstvi [Soil cultivation in gantry farming]. *Visnyk KhNTUSG. Tekhnichniy servis APK, tekhnika ta tekhnolohii u silskohospodarskomu mashynobuduvanni*, (39), 163–168.
9. Universal tractor NEXAT. (2025). Retrieved from <https://ifarming.ua/resursi/universalnyj-traktor-nexat> [in Ukrainian].
10. Yasenetskiy, V.T. (2012). Do pytannia ushchilnennia gruntu rushiamy mobilnoi silskohospodarskoi tekhniki [On the issue of soil compaction by running systems of mobile agricultural machinery]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, (3), 33–36 [in Ukrainian].

11. Beloev, I., Kuvachov, V., Adamchuk, V., & Ruzhylo, Z. (2023). Analytical study of the turns of bridge machines. *Machinery & Energetics*, 14(3), 9–20. <https://doi.org/10.31548/machinery/3.2023.09> [in English].
12. Chamen, W.C.T., Dowler, D., Leede, P.R., & Longstaff, D.J. (1994). Design, operation and performance of a gantry system: Experience in arable cropping. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59, 45–60 [in English].
13. Eole Tract: La fin du tracteur en maraîchage? (2025) [Eole Tract: The end of the tractor in market gardening?]. Retrieved April 18, 2025, from <https://www.materielagricole.info/tracteur/article/713859/la-fin-du-tracteur-en-maraichage> [in French].
14. Introducing AGROKRUH: An effective system for sustainable growing and marketing of vegetables on a family farm. (2025). Retrieved April 20, 2025, from <https://ekumakad.cz/download/IVF/CEPTA%20-%20Introducing%20AGROKRUH.pdf> [in English].
15. The history of gantry tractors, also known as wide span or wide track vehicles. (2025). Retrieved April 16, 2025, from <https://www.gantrytractor.org/history> [in English].
16. Visentin, F., Benos, L., Rodić, S., Marini, S., Rizzi, F., Gatti, R., & Ronchetti, F. (2023). A mixed-autonomous robotic platform for intra-row and inter-row weed removal for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 214, 108270. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108270> [in English].

Отримано: 23.09.2025

Рекомендовано: 29.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 004.94:004.77:378:62

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.33>**Дуганець В. І.**

заслужений працівник освіти України,
доктор педагогічних наук, кандидат технічних наук,
професор, завідувач кафедри тракторів, автомобілів та енергетичних засобів,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: duganec.viktor@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3383-5907

Пукас В. Л.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри тракторів, автомобілів та енергетичних засобів,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: pukasvital@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0083-7359

Гарасимчук І. Д.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри електротехніки, електромеханіки і електротехнологій,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: igorgarasymchuk@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4304-4447

Потапський П. В.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри електротехніки, електромеханіки і електротехнологій,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: p.v.potap@meta.ua
ORCID: 0000-0003-4792-8992

ІНТЕГРАЦІЯ ПРИКЛАДНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ІНТЕРНЕТ-РЕЧЕЙ У ПІДГОТОВЦІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Анотація

Стаття присвячена критичній проблемі історичного розриву між теоретичною підготовкою здобувачів інженерних спеціальностей (що часто обмежується прикладним комп'ютерним моделюванням) та практичною реалізацією (зокрема, проєктуванням повноцінних систем Інтернету речей – IoT). Цей значний диспаритет у навчальному процесі безпосередньо суперечить актуальним вимогам Індустрії 4.0 та необхідності підготовки фахівців, здатних ефективно працювати з кіберфізичними системами (КФС).

Автори обґрунтовують нагальну необхідність парадигмального переходу до КФС-Освіти, орієнтованої на формування наскрізних компетенцій сучасного інженера. Центральним і ключовим елементом цієї нової освітньої концепції виступає ідея цифрового двійника (Digital Twin). Саме цей інструментарій забезпечує безшовну, двосторонню конвергенцію та інтеграцію віртуального і фізичного середовищ, дозволяючи моделювати, контролювати та оптимізувати реальні фізичні процеси в режимі реального часу.

З метою подолання виявленого розриву та забезпечення цілісності інженерної підготовки у статті запропоновано та детально описано оригінальну п'ятифазну модель життєвого циклу інтегрованого проєкту. Ця модель являє собою структурований та послідовний алгоритм роботи, що охоплює всі ключові етапи – від початкової ідеалізації та створення детермінованої математичної або комп'ютерної моделі через симуляційні та валідаційні процеси аж до емпіричної апробації (тестування в реальних умовах) та фізичного впровадження повномасштабної кіберфізичної системи.

Окрему увагу приділено визначенню організаційно-педагогічних умов, необхідних для ефективного впровадження запропонованої п'ятифазної моделі у навчальний процес. Ключовою умовою виступає створення інтегрованого лабораторного комплексу, який має бути оснащений сучасними засобами для роботи з IoT, віртуальною/доповненою реальністю та інструментами для створення та використання цифрових двійників.

Результати проведеного дослідження мають високу методологічну цінність і можуть слугувати теоретичною та практичною основою для реформування інженерних освітніх програм, зокрема для формування необхідних наскрізних професійних компетенцій КФС-інженера, здатного проєктувати, розробляти та експлуатувати складні кіберфізичні системи в умовах глобалізованого цифрового виробництва.

Ключові слова: прикладне комп'ютерне моделювання, Інтернет речей, кібе-фізичні системи, цифровий двійник, інженерна освіта.

Вступ. Стрімкий розвиток концепції Індустрії 4.0 та повсюдне впровадження кіберфізичних систем (КФС) докорінно трансформують інженерну діяльність, вимагаючи від фахівців нового покоління наскрізних, інтегрованих компетенцій. Якщо раніше проєктування систем зводилося до послідовного застосування прикладного комп'ютерного моделювання (ПКМ) для теоретичної оптимізації та подальшої реалізації апаратних рішень (Інтернет речей – IoT), то сучасна парадигма вимагає їхньої ефективної інтеграції. Випускники закладів вищої освіти інженерних спеціальностей повинні вміти не просто створювати цифрову модель чи збирати фізичний прототип, а й забезпечувати їхній постійний взаємозв'язок через механізм Digital Twin (цифровий двійник), забезпечуючи швидко апробацію (валідацію), аналіз похибок та оптимізацію в реальному часі.

Незважаючи на усвідомлення цього освітнього виклику, значна частина освітніх програм усе ще підтримують історичний розрив між курсами симуляційного моделювання та дисциплінами, орієнтованими на апаратне прототипування. Це призводить до підготовки фахівців із фрагментарними знаннями, нездатних ефективно керувати повним життєвим циклом інтегрованого проєкту – від ідеалізації детермінованої моделі до фізичного впровадження КФС. Таким чином, актуальність дослідження полягає в необхідності розробки цілісної організаційно-педагогічної моделі, яка дозволить ефективно інтегрувати методології ПКМ та проєктування IoT-систем, формуючи ключові компетенції КФС-інженера.

Теоретична база дослідження є комплексною і охоплює всі ключові аспекти моделі життєвого циклу інтегрованого проєкту.

Базові положення щодо кіберфізичних систем обґрунтовані монографією А. Мельника та співавторів, що розкриває їхню багаторівневу організацію та принципи проєктування. Це створює теоретичну рамку для всієї концепції КФС-освіти. Центральний елемент статті – технологія цифрового двійника (Digital Twin) – детально висвітлюється у працях І. Головатенка і А. Писаренка та В. Щеглова й О. Морозової, які акцентують увагу на методах та технологіях розроблення Digital Twin для гарантоздатних систем. Ці джерела підтверджують наукову необхідність використання Digital Twin як освітнього інструменту.

Розробка першої фази моделі життєвого циклу інтегрованого проєкту (ідеалізація та ПКМ) ґрунтується на працях з комп'ютерного моделювання технологічних процесів (Б. Воронцов та ін.) та математичного моделювання систем (колективна монографія В. Щербаня та ін.). Ці матеріали забезпечують методологічну базу для створення функціональної віртуальної моделі. Критичний етап валідації (порівняння моделі з реальністю) підкріплюється дослідженням Р. Трембовецької та співавторів, які висвітлюють природу похибок та невизначеностей вимірювань. Розуміння цих похибок є життєво необхідним для корекції Digital Twin.

Практичні фази проєктування IoT-систем підтримуються дослідженням О. Мнушки і В. Савченка про апаратно-програмну платформу для прототипування пристроїв Інтернету речей. Завершальний етап циклу, який вимагає розробки просунутих керуючих алгоритмів, спирається на роботу М. Корепанова, присвячену алгоритмам оптимізації, необхідних для автономної роботи КФС.

Актуальність та спрямованість дослідження підкреслюється статтею А. Марамон про пріоритети інженерно-технічної освіти, що підтверджує світовий тренд на формування інтегрованих, міждисциплінарних інженерних компетенцій.

Мета дослідження. Метою статті є теоретичне обґрунтування та розробка цілісної організаційно-педагогічної моделі життєвого циклу інтегрованого проєкту (МЖЦІП), спрямованої на подолання історичного розриву між прикладним комп'ютерним моделюванням та проєктуванням Інтернету речей, що забезпечить формування наскрізних компетенцій КФС-інженера в умовах кіберфізичної освіти.

Для досягнення поставленої мети та вирішення визначених завдань були використані такі методи дослідження, як: теоретичний аналіз наукової та навчально-методичної літератури з питань кіберфізичних систем, цифрового двійника та інженерної педагогіки; систематизація та узагальнення провідного світового досвіду інтеграції ПКМ та IoT; педагогічне моделювання для розробки п'ятифазної моделі життєвого циклу інтегрованого проєкту; системний підхід для визначення організаційно-педагогічних умов впровадження. Матеріалами дослідження слугували концептуальні основи Індустрії 4.0, принципи проєктування Digital Twin та міжнародні вимоги до компетенцій сучасного інженера.

Виклад основного матеріалу дослідження. Традиційна інженерна освіта була заснована на двох основних стовпах: фізичне проєктування (механіка, гідравліка, електротехніка) та математичне моделювання [5]. Із появою

комп'ютерних технологій ПКМ стало потужним інструментом для ідеалізації та симуляції процесів. Однак цей підхід часто оперує детермінованими та статичними моделями, які не враховують нелінійності та стохастичності реального середовища (зміна погоди, властивостей ґрунту, непередбачувані зовнішні впливи).

КФС-парадигма вимагає створення систем, які можуть автономно адаптуватися до змін. Це можливо лише тоді, коли віртуальна модель постійно «спілкується» з реальним світом через IoT-сенсори. Отже, головна проблема сучасної освіти полягає у недостатній інтеграції цих двох світів – віртуального (ПКМ) та фізичного (IoT) [1].

Цифровий двійник (Digital Twin) – це віртуальна копія фізичного об'єкта чи процесу, яка динамічно оновлюється за допомогою даних у реальному часі. Це комплексна віртуальна модель фізичного об'єкта, продукту чи системи, ключовою особливістю якої є двосторонній зв'язок із реальним середовищем за допомогою актуальних даних. Ця технологія, що дозволяє створювати віртуальні клони, є незамінним інструментом для практичної перевірки технологій та гіпотез, оптимізації роботи та прогнозування змін у режимі реального часу без ризику впливу на фізичний аналог. Сфера її застосування є універсальною, охоплюючи моделювання об'єктів від реактивних двигунів і вітрових електростанцій до масштабної логістичної інфраструктури міст. Функціонал Digital Twin реалізується через інтеграцію ПКМ, Інтернету речей (IoT), інструментів штучного інтелекту (ШІ), аналітики даних та технологій віртуальної реальності. У контексті інженерної освіти Digital Twin виступає як критично важливий засіб для апробації проєктних рішень [3].

В освітньому процесі Digital Twin стає ключовою інтеграційною ланкою:

- 1) здобувач освіти спочатку створює віртуальну копію (ПКМ);
- 2) здобувач «підключає» до цієї копії IoT-систему (сенсори), яка подає реальні дані;
- 3) модель автоматично калібрується і починає відображати реальний стан об'єкта.

Таким чином, Digital Twin перетворює ПКМ із засобу прогнозування на інструмент динамічного керування та адаптації [9].

Слід зазначити, що підготовка інженера для роботи з КФС вимагає переходу від класичного набору знань до формування наскрізних інтегрованих компетенцій. Традиційна освіта фокусується зазвичай на вузькій спеціалізації (наприклад, суто моделюванні або суто програмуванні мікроконтролерів). Натомість КФС-інженер має володіти трьома основними групами компетенцій, що забезпечують успішне управління моделлю життєвого циклу інтегрованого проєкту (МЖЦП) та відповідають вимогам КФС-освіти:

1) Компетенції моделювання та аналізу, які включають здатність не лише розробляти математичні та комп'ютерні моделі фізичних процесів, але й розуміти їхню багатомасштабність та мультифізичність. Це передбачає вміння проводити складні симуляції для прогнозного аналізу, а також критично верифікувати (перевіряти відповідність моделі математичним рівнянням) та валідувати (підтверджувати відповідність моделі реальності) отримані результати. На цьому етапі інженер має використовувати дані для аналізу чутливості та формування технічних вимог до фізичної частини системи.

2) Компетенції апаратно-програмної інтеграції (IoT) – це комплекс навичок, що виходить за межі базового програмування мікроконтролерів. Він охоплює проєктування та збирання надійних фізичних систем, роботу з різноманітними сенсорами та актуаторами, навички вбудованого програмування (embedded programming), а також глибоке розуміння мережевих та безпекових протоколів IoT (наприклад, MQTT, CoAP). Критично важливою є здатність забезпечувати надійну та безпечну передачу даних у реальному часі до центральної платформи чи хмарного середовища, що є основою для подальшої конвергенції.

3) Компетенції системної конвергенції (Digital Twin) – синтетична компетентність, що об'єднує дві попередні. Вона включає вміння створювати цикл зворотного зв'язку, інтегруючи віртуальну модель і фізичний прототип, використовуючи принципи Digital Twin. Сюди також входить здатність застосовувати методи штучного інтелекту, зокрема машинне навчання, для обробки великих обсягів даних з IoT-систем. Це дозволяє здійснювати проактивну діагностику, прогнозне обслуговування та, що найважливіше, забезпечувати автономну оптимізацію системи та прийняття рішень на основі даних, отриманих із фізичного середовища [6].

Таким чином, ключовою вимогою стає не лише володіння окремими інструментами, а й розуміння та реалізація циклічного взаємозв'язку між ними, що вбудовується в основу запропонованої нами моделі життєвого циклу інтегрованого проєкту (МЖЦП).

Для системної реалізації конвергентного підходу пропонується п'ятифазна ітераційна МЖЦП, що базується на принципах спіральної розробки та Project-Based Learning (PBL):

– Фаза 1. Ідеалізація та детерміноване моделювання (ПКМ). Ця фаза є фундаментальною для всього проєкту. Її мета полягає у встановленні базових інженерних параметрів об'єкта та створенні його первинного цифрового двійника (Digital Twin). На цьому етапі відбувається аналіз фізичного процесу, який необхідно контролювати (наприклад, динаміка теплообміну в промисловому сховищі). Діяльність включає розробку математичної моделі (наприклад, із застосуванням середовища Simulink), а також проведення CAE-аналізу (Computer-Aided Engineering) конструкції, зокрема із використанням програмних комплексів типу ANSYS, для оцінки фізичних навантажень та поведінки системи в ідеальних умовах. Результатом цієї фази є прогнозована функціональна модель системи, яка дозволяє симулювати її поведінку та, що критично важливо, визначити оптимальні контрольні точки для подальшого розміщення сенсорів і збору реальних даних. Це забезпечує основу для подальшої фізичної реалізації [10].

– Фаза 2. Апаратно-програмне прототипування (IoT) спрямоване на фізичну реалізацію. Мета цього етапу – зібрати функціональний IoT-прототип, що відповідає вимогам, визначеним у фазі 1, та здатний здійснювати збір емпіричних даних з попередньо визначених контрольних точок. Діяльність охоплює вибір необхідного мікроконтролера, точне налаштування та калібрування сенсорів (наприклад, датчиків температури чи вологості) для забезпечення достовірності вимірювань. Після цього відбувається програмування вбудованого програмного забезпечення для ефективного зчитування даних та забезпечення їхньої надійної передачі на хмарну платформу. Результатом фази 2 є працююча мережа сенсорів, яка успішно збирає та передає «сирі» емпіричні дані, що є критично важливим матеріалом для подальшої валідації моделі [7].

– Фаза 3. Емпірична валідація та аналіз похибок (інтеграція) є ключовою для верифікації адекватності розробленої ПКМ-моделі та встановлення коректного зв'язку між віртуальним і фізичним світами. Мета цієї фази – верифікація адекватності ПКМ-моделі шляхом порівняння її прогнозів із реально отриманими даними. Діяльність починається з експорту масивів даних (часових рядів) із хмарної IoT-платформи, де вони були накопичені у фазі 2, у середовище ПКМ (наприклад, MATLAB, Python чи інше аналітичне програмне забезпечення). Далі здійснюється безпосереднє порівняння результатів симуляції (прогноз, отриманий у фазі 1) та реальних вимірювань (емпірика). На основі цього аналізу інженер визначає коефіцієнти похибки, виявляючи невідповідності між ідеалізованим і реальним процесами. Ключове навчання для здобувача освіти на цьому етапі полягає в усвідомленні того, як спрощення та ідеалізація, закладені в початкову модель (фаза 1), неминуче призводять до похибок у реальному світі, що стимулює необхідність подальшої оптимізації моделі [8].

– Фаза 4. Оптимізація моделі та алгоритму (конвергенція) є етапом двосторонньої корекції, за якої досягається справжнє злиття віртуального та фізичного світів. Мета цієї фази – здійснити корекцію Digital Twin на основі емпіричних даних, а також розробити адаптивний алгоритм керування системою. Діяльність починається з використання результатів аналізу похибок (фаза 3), на основі яких здобувач освіти коригує параметри своєї ПКМ-моделі (наприклад, уточнює коефіцієнти тепловтрат, враховує вплив навколишнього середовища, який був ідеалізований). Ця оновлена модель стає точнішим Digital Twin. Паралельно відбувається розробка просунутого алгоритму керування, який тепер використовує як скориговану, більш точну ПКМ-модель, так і реальні, очищені IoT-дані. Результатом фази 4 є оновлений Digital Twin (який максимально близько відповідає реальному об'єкту) та адаптивний алгоритм керування, готовий до фізичного завантаження [4].

– Фаза 5. Фізичне впровадження та тестування (реалізація КФС) є завершальним етапом циклу, на якому інтегрована система переходить до автономної роботи в реальному середовищі. Мета цієї фази – здійснити завантаження оптимізованого алгоритму в IoT-систему та провести її довготривале тестування для підтвердження стійкості та ефективності. Діяльність охоплює перенесення фінального, скоригованого алгоритму керування, розробленого у фазі 4, безпосередньо в мікроконтролер IoT-прототипу для забезпечення автономного керування актуаторами. Після завантаження здійснюється довготривалий моніторинг ефективності системи в динамічних умовах. Результатом фази 5 є працююча кіберфізична система, яка демонструє здатність до адаптації до змінних зовнішніх умов та автоматичної оптимізації процесів, що підтверджує сформованість усіх наскрізних компетенцій інженера [2].

Успіх МЖЦІП залежить від радикальної зміни освітнього середовища.

Лабораторії у сучасному університеті мають функціонувати як єдиний простір, де фізично інтегровані:

– ПКМ-сектор – потужні робочі станції з ліцензійним програмним забезпеченням (MATLAB, Simulink, ANSYS тощо).

– IoT-сектор – паяльні станції, 3D-принтери для корпусів, різноманітні сенсорні набори, платформи для швидкого прототипування.

– Фізичні стенди (Smart-полігони) – моделі реальних об'єктів (мінітеплиці, стенди для моделювання якості води), що дозволяють здобувачам освіти проводити реальні довготривалі експерименти та збирати Big Data.

До того ж необхідна зміна ролі науково-педагогічного працівника з «транслятора знань» на «ментора інтеграції». Проєктами мають керувати команди викладачів, які забезпечують експертизу на стику дисциплін:

– інженер-модельєр (контролює фази 1, 3, 4 – точність ПКМ-розрахунків);

– IT-розробник (контролює фази 2, 4, 5 – якість коду, мережеві комунікації, хмарна архітектура). Це вимагає системного підходу до підвищення кваліфікації викладацького складу.

Традиційні екзамени (заліки) слід замінити комплексною оцінкою, що включає:

1) аналітичний звіт (детальний опис ПКМ-моделі та математичного обґрунтування – фаза 1);

2) звіт про валідацію (документація порівняння даних та розрахунок коефіцієнтів корекції – фаза 3);

3) технічна реалізація (якість коду, надійність збору даних та функціональність IoT-прототипу – фази 2, 5);

4) захист проєкту (презентація адаптивного алгоритму та його ефективності, що демонструє системне бачення проєкту).

Висновки. Проведене дослідження було спрямоване на теоретичне обґрунтування та створення цілісної моделі, необхідної для подолання історичного розриву між прикладним комп'ютерним моделюванням та апаратно-програмним проєктуванням Інтернету речей (IoT) в інженерній освіті.

Насамперед було концептуалізовано необхідність переходу до кіберфізичної освіти, де центральне місце посідає технологія цифрового двійника (Digital Twin). Обґрунтовано, що Digital Twin є не просто інструментом

симуляції, а фундаментальною основою для формування наскрізних інтегрованих компетенцій КФС-інженера, який ефективно поєднує навички моделювання, IoT-інтеграції та системної конвергенції.

Ключовим результатом дослідження стала розроблена та детально описана п'ятифазна модель життєвого циклу інтегрованого проекту, яка пропонує цілісний методичний каркас для підготовки фахівців, що охоплює увесь проектний цикл, реалізуючи наскрізний процес, заснований на циклі зворотного зв'язку «віртуальне → фізичне → корекція віртуального». Це досягається шляхом послідовного проходження фаз від ідеалізації (створення початкового Digital Twin та прогнозування) до валідації (порівняння прогнозу з емпіричними даними та аналіз похибок) і, нарешті, до оптимізації (корекції моделі та розробки адаптивного алгоритму).

Така модель життєвого циклу інтегрованого проекту є методологічною основою для набуття інтегрованої компетенції в управлінні складними кіберфізичними системами. Подальша дослідницька робота буде зосереджена на деталізації організаційно-педагогічних умов, необхідних для успішного впровадження моделі життєвого циклу інтегрованого проекту в освітній процес, включаючи розробку структури інтегрованого лабораторного комплексу та методичного забезпечення.

Список використаних джерел

1. Воронцов Б.С., Бецо Ю.М., Мельник О.О. Комп'ютерне моделювання технологічних процесів. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 186 с.
2. Головатенко І.А., Писаренко А.В. Методи моделювання кібер-фізичних систем. Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління». 2021. № 2(39). С. 74–83.
3. Деркач М. Цифрові двійники: що це за технологія і як вона допоможе відновити Україну. *Pay Space Magazine*. URL: <https://psm7.com/uk/technology/cifrovye-dvoyniki-hto-eto-za-texnologiya-i-kak-ona-pomozhet-vosstanovit-ukrainu-analitika.html> (дата звернення: 19.09.2025).
4. Корепанов М.В. Алгоритми оптимізації: порівняння і використання в інформаційних системах. *Зв'язок*. 2025. № 4. С. 99–107. URL: <https://con.dut.edu.ua/index.php/communication/article/view/2902> (дата звернення: 22.09.2025).
5. Марамон А. Пріоритети інженерно-технічної освіти. *Освіта.UA*. URL: <https://osvita.ua/blogs/88924/> (дата звернення: 14.09.2025).
6. Мельник А.О., Мельник В.А., Глухов В.С., Сало А.М. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування. Київ : Магнолія, 2023. 238 с.
7. Мнушка О.В., Савченко В.М. Апаратно-програмна платформа для прототипування пристроїв Інтернету речей. *Проблеми інформатики та моделювання* : тези XX міжнародної науково-технічної конференції, Харків : НТУ «ХПІ», 2020. С. 55.
8. Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В., Матвієнко Д.Г. Похибки та невизначеності вимірювань. Черкаси : ЧДТУ, 2024. 254 с.
9. Щеглов В.Р., Морозова О.І. Методи та технології розроблення цифрових двійників для гарантоздатних систем індустріального Інтернету речей. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. № 4. С. 127–137. URL: https://www.researchgate.net/publication/366806182_METODI_TA_TEHNOLOGII_ROZROBLENNIA_CIFROVIN_DVIJNIKIV_DLA_GARANTOZDATNIH_SISTEM_INDUSTRIALNOGO_INTERNETU_RECEJ (дата звернення: 17.09.2025).
10. Щербань В.Ю., Колиско О.З., Щербань Ю.Ю., Мельник Г.В., Колиско М.І., Кириченко А.М. Математичне моделювання систем і технологічних процесів : колективна монографія. Київ : ТОВ «Фастбінд Україна», 2023. 939 с.

Duhanets V. I.

*Honored Worker of Education,
Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences,
Professor, Head of the Department of Tractors, Automobiles, and Power Equipment,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: duganec.viktor@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3383-5907*

Pukas V. L.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Tractors, Automobiles
and Power Equipment,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: pukasvital@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0083-7359*

Harasymchuk I. D.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Electrical Engineering, Electromechanics, and Electrical Technologies,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: igorgarasymchuk@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4304-4447*

Potapyskyi P. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Electrical Engineering,
Electromechanics and Electrotechnologies
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: p.v.potap@meta.ua
ORCID: 0000-0003-4792-8992*

INTEGRATION OF APPLIED COMPUTER MODELING AND INTERNET OF THINGS SYSTEMS DESIGN IN TRAINING ENGINEERING STUDENTS

Abstract

The article addresses the critical issue of the historical gap between the theoretical training of engineering students (often limited to applied computer modeling) and its practical implementation (specifically, the design of full-fledged Internet of Things – IoT systems). This significant disparity in the educational process directly contradicts the current requirements of Industry 4.0 and the necessity of preparing specialists capable of working effectively with Cyber-Physical Systems (CPS).

The authors substantiate the urgent need for a paradigmatic transition to CPS-Education, focused on developing the cross-cutting competencies of a modern engineer. The central and key element of this new educational concept is the idea of the Digital Twin. It is this toolset that ensures a seamless, bidirectional convergence and integration of virtual and physical environments, allowing for the real-time modeling, monitoring, and optimization of actual physical processes.

To bridge the identified gap and ensure the integrity of engineering training, the article proposes and details an original five-phase model of the integrated project lifecycle. This model represents a structured and sequential algorithm of work that covers all key stages – from the initial idealization and creation of a deterministic mathematical or computer model (Phase 1), through simulation and validation processes, up to empirical testing (real-world environment testing) and the physical implementation of the full-scale Cyber-Physical System (Phase 5).

Special attention is paid to defining the organizational and pedagogical conditions necessary for the effective implementation of the proposed five-phase model into the educational process. A key condition is the creation of an integrated laboratory complex, which must be equipped with modern tools for working with IoT, virtual/augmented reality, and instruments for creating and utilizing Digital Twins.

The results of the study possess high methodological value and can serve as a theoretical and practical basis for the reform of engineering educational programs, specifically for the development of the necessary cross-cutting professional competencies of a CPS-engineer, capable of designing, developing, and operating complex cyber-physical systems in the context of globalized digital manufacturing.

Key words: *Applied Computer Modeling, Internet of Things (IoT), Cyber-Physical Systems (CPS), Digital Twin, Engineering Education.*

References

1. Vorontsov, B.S., Betsko, Yu.M. & Melnyk, O.O. (2023). *Kompiuterne modeliuвання tekhnolohichnykh protsesiv* [Computer Modeling of Technological Processes]. Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 186 p. [in Ukrainian].
2. Holovatenko, I.A. & Pysarenko, A.V. (2021). *Metody modeliuвання kiberfizychnykh system* [Methods for Modeling Cyber-Physical Systems]. Interdepartmental Scientific and Technical Collection “*Adaptive Automatic Control Systems*”, 2(39), 74–83 [in Ukrainian].
3. Derkach, M. (2023). Tsyfrovi dviinyky: shcho tse za tekhnolohiia i yak vona dopomozhe vidnovyty Ukrainu [Digital Twins: What is this technology and how will it help restore Ukraine?]. *Pay Space Magazine*. Retrieved from: <https://psm7.com/uk/technology/cifrovye-dvojniki-chto-eto-za-tekhnologiya-i-kak-ona-pomozhet-vosstanovit-ukrainu-analitika.html>. [in Ukrainian].
4. Korepanov, M.V. (2025). Alhorytmy optymizatsii: porivniannia i vykorystannia v informatsiinykh systemakh [Optimization Algorithms: Comparison and Application in Information Systems]. *Zvyazok*, 4, 99–107 [in Ukrainian].
5. Maramon, A. (2023). Priorytety inzhenerno-tekhnichnoi osvity [Priorities of Engineering and Technical Education]. *Osvita.UA*. Retrieved from: <https://osvita.ua/blogs/88924/>. [in Ukrainian].
6. Melnyk, A.O., Melnyk, V.A., Hlukhov, V.S. & Salo A.M. (2023). *Kiberfizychni systemy: bahatorivneva orhanizatsiia ta proektuvannia* [Cyber-Physical Systems: Multi-Level Organization and Design]. Kyiv: Magnolia, 2023. 238 p. [in Ukrainian].
7. Mnushka, O.V. & Savchenko, V.M. (2020). Aparatno-prohramna platforma dlia prototypuvannia prystroiv Internetu rechei [Hardware and Software Platform for Prototyping Internet of Things Devices]. *Problems of Informatics and Modeling: Abstracts of the Twentieth International Scientific and Technical Conference*. Kharkiv: NTU “KhPI”. P. 55. [in Ukrainian].
8. Trembovetska, R.V., Halchenko, V.Ia., Tychkov, V.V. & Matviienko, D.H. (2024). *Pokhybky ta nevyznachenosti vymiriuvan* [Errors and Uncertainties in Measurements]. Cherkasy: ChDSTU, 254 p. [in Ukrainian].
9. Shcheglov, V.R. & Morozova, O.I. (2022). *Metody ta tekhnolohii rozroblennia tsyfrovyykh dviinykiv dlia harantozdatnykh system industrialnogo internetu rechei* [Methods and Technologies for Developing Digital Twins for Fault-Tolerant Industrial Internet of Things Systems]. *Control, Navigation and Communication Systems*, 4, 127–137. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/366806182_METODI_TA_TEHNOLOGII_ROZROBLENNIA_CIFROVIH_DVIJNIKIV_DLA_GARANTOZDATNIH_SISTEM_INDUSTRIALNOGO_INTERNETU_RECEJ [in Ukrainian].
10. Shcherban, V.Yu., Kolysko, O.Z., Shcherban, Yu.Yu., Melnyk, H.V., Kolysko, M.I. & Kyrychenko, A.M. (2023). *Matematychni modeliuвання system i tekhnolohichnykh protsesiv: kolektyvna monohrafiia* [Mathematical Modeling of Systems and Technological Processes: collective monograph]. Kyiv: Fastbind Ukraine LLC, 939 p. [in Ukrainian].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 05.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 630.7:631.5(477.6):631.84

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.34>

Потапський Ю. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: yurapotap@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6446-9471

Безвіконний П. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: bezvikonnyi777@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4922-1763

Тарасюк В. А.

кандидат сільськогосподарських наук,
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

РАЦІОНАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ВИВЕЗЕННЯ ПОРУБКОВИХ ЗАЛИШКІВ У ПАРКОВИХ НАСАДЖЕННЯХ МІСТА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

Анотація

У статті представлено результати досліджень ефективності використання мінісамоскида Cedrus TR300G для вивезення порубкових залишків у паркових та лісопаркових насадженнях міста Хмельницького. Установлено, що фактична вантажопідйомність частково реалізується через нерівномірну форму та цільність матеріалу. Під час перевезення свіжозрубаних колод клена гостролистого середньою довжиною 0,8–1,0 м та діаметром 6–12 см середня маса вантажу становила 170–190 кг (55–60% вантажопідйомності), а об'єм заповнення кузова – 0,25–0,28 м³. Легкі залишки: гілля, хмиз та дрібні чагарники використовували лише 7–8% вантажопідйомності, що значно збільшувало кількість рейсів і витрати пального та часу.

Застосування швидкознімних надставних бортів, що підвищують висоту кузова з 0,23 до 0,9 м, збільшило об'єм вантажу майже в чотири рази (до 1,0 м³), підвищило коефіцієнт використання вантажопідйомності до 75–80% під час перевезення колод і до 40–45% для легких залишків, а також скоротило кількість рейсів майже вдвічі, забезпечивши економію пального на 30–35% і зменшення трудовитрат. Сумарний обсяг заготовленої деревини становив 4,9 цільних м³, із них 3,4 цільних м³ – дрова. Технологічна питома витрата палива на 1 м³ деревини становила 1,48 кг, а питомі трудовитрати – 5,33 люд.-год.

Оцінка прохідності на ділянках із перевищеннями показала зниження швидкості за навантаження 200–250 кг до 1,0–1,4 км/год, тоді як на рівній поверхні швидкість досягала 3,0–3,5 км/год. Перевантаження понад 300 кг викликало часткове буксування, проте гусеничний хід забезпечував рівномірний розподіл тиску на ґрунт (0,22–0,24 МПа), мінімізуючи пошкодження рослинного покриву.

Результати підтверджують доцільність застосування малої механізації у паркових господарствах та ефективність конструктивних удосконалень. Отримані дані можуть бути використані для оптимізації технологій вивезення порубкових залишків у міських парках і лісопарках, підвищення екологічної безпеки та економічної ефективності робіт з утримання зелених насаджень рекреаційного призначення.

Ключові слова: мінісамоскид, Cedrus TR300G, порубкові залишки, паркові насадження, лісопаркове господарство, вантажопідйомність, надставні борти, ефективність транспортування, екологічна безпеність.

Вступ. Сучасний розвиток урбанізованих територій, збільшення густоти населення та зростання потреби у відпочинку на природі призводять до активного формування й утримання парків, лісопарків та міських зелених насаджень. Зелені зони виконують не лише рекреаційні та естетичні функції, а й сприяють поліпшенню мікроклімату міських територій, зменшенню забруднення повітря, регулюванню водного балансу та підтриманню

біорізноманіття [2]. Рубки догляду в насадженнях рекреаційного призначення є одним із ключових заходів лісогосподарської діяльності, які дають змогу формувати стійкі та здорові деревостани, зберігати санітарний стан насаджень і забезпечувати їхню естетичну привабливість. Правильне планування та виконання рубок догляду сприяє підтриманню оптимальної густоти деревостанів, запобігає поширенню захворювань та шкідників і підвищує біологічну стійкість насаджень [3].

Однак одним з актуальних завдань залишається ефективна утилізація порубкових залишків, що утворюються під час доглядових рубок. У лісогосподарській практиці застосовуються різні способи їх ліквідації: спалювання на місці, складування у купи для природного перегнивання, розкидання подрібненої маси по площі, а також вивезення з подальшою переробкою для паливних або технологічних потреб [10; 16]. В умовах паркових і рекреаційних територій більшість традиційних методів стає неприйнятною через високі екологічні та соціальні вимоги: відкриті вогнища або залишення відходів на місці рубки можуть порушити ландшафтний дизайн, погіршити санітарний стан територій та знизити їхню рекреаційну цінність [12; 14].

Згідно з результатами попередніх досліджень [7; 9], ефективним напрямом є застосування малої механізації для транспортування та утилізації порубкових залишків, зокрема мінітрактора або компактного мінісамоскида. Переваги такого підходу полягають у високій мобільності агрегатів, зменшенні антропогенного впливу на ґрунтовий покрив та можливості маневрування у густо зарослих ділянках. Використання малої техніки дає змогу збирати як великі колоди, так і легкі об'ємні матеріали (гілля, хмиз, чагарники), що підвищує продуктивність робіт та знижує витрати праці.

Разом із тим дослідження [1; 5] вказують на обмеження таких агрегатів: недостатня вантажопідйомність, низька прохідність на пересіченій місцевості, значний питомий тиск на ґрунт за перевантаження та обмежена раціональність завантаження легких матеріалів. Наприклад, під час перевезення свіжозрубаних колод осики середньою довжиною 0,8–1,0 м та діаметром 6–12 см фактична маса вантажу становила 140–160 кг, що відповідало лише 45–50% від номінальної вантажопідйомності агрегату, а легкі залишки (гілля, хмиз) використовували лише 7–8% потужності машини, що значно збільшувало кількість рейсів і витрати пального. При цьому технологічна питома витрата палива на перевезення 1 м³ деревини становила 1,48 кг/м³, а питомі трудовитрати – 5,33 люд.-год [8].

Для підвищення ефективності малої механізації у паркових господарствах пропонуються такі технічні рішення: використання широкопрофільних шин, оснащення причепів тандемними колесами або гусеничними стрічками, встановлення швидкознімних гусеничних модулів, а також оптимізація конструкції для рівномірного розподілу маси між осями [6]. Важливим є також застосування надставних бортів для кузовів мінісамоскидів, що дає змогу збільшити об'єм перевезеного вантажу майже в чотири рази та підвищити коефіцієнт використання вантажопідйомності до 65–70% під час перевезення колод і до 40–45% – за перевезення легких об'ємних матеріалів, зменшуючи кількість рейсів майже вдвічі.

Окрім того, екологічні аспекти експлуатації малої лісотransпортної техніки є критично важливими. Питомий тиск на ґрунт за середнього навантаження 200 кг не перевищує 0,22–0,24 МПа, що значно нижче критичного рівня для дерново-підзолистих ґрунтів, забезпечуючи мінімальний негативний вплив на рослинний покрив. Використання гусеничного ходу додатково зменшує ризик утворення глибоких колій порівняно з колісними агрегатами [13].

Таким чином, аналіз літератури та експериментальних даних свідчить, що пошук оптимальних технологічних рішень для вивезення порубкових залишків у паркових господарствах залишається актуальним завданням. Особлива увага повинна приділятися адаптації малої механізації, зокрема мінісамоскидів типу Cedrus TR300G, до умов рекреаційних насаджень з урахуванням вантажопідйомності, прохідності, впливу на ґрунт та економічної ефективності. Реалізація конструктивних удосконалень, таких як надставні борти та оптимізація розподілу маси, дає змогу досягти більшої продуктивності, зменшити витрати пального та мінімізувати вплив на екосистему парку, що робить даний напрям досліджень перспективним і науково значущим.

Мета роботи – установити вплив конструктивних та технологічних параметрів мінісамоскида Cedrus TR300G на ефективність вивезення порубкових залишків у паркових насадженнях Хмельницького.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили на парковій ділянці площею 0,35 га у м. Хмельницькому. Для проведення рубок догляду та санітарного прибирання використовували комплекс інструментів та техніки:

- бензопилу Stihl MS180 – для заготівлі колод;
- мотокущоріз Husqvarna 343F – для обрізки чагарникових та дрібнолісних залишків;
- для транспортування порубкових залишків застосовували мінісамоскид Cedrus TR300G, оснащений

4-тактним бензиновим двигуном Loncin G200F потужністю 6,5 к. с. та об'ємом 196 см³. Машина має гусеничний хід, механічну трансмісію з трьома передачами вперед і однією назад, ручний підйом кузова та вантажопідйомність 300 кг. Компактні габарити, низька маса (178 кг) та наявність додаткових ящиків для силуючих матеріалів забезпечують ефективне транспортування різноманітних порубкових залишків у паркових і лісопаркових насадженнях.

Облік фактичної роботи агрегату включав кількісну оцінку рейсів для повного очищення ділянки від порубкових залишків, вимірювання маси та об'єму перевезеної деревини, гілля, хмизу та дрібних чагарників,

а також оцінку коефіцієнта використання вантажопідйомності. Прохідність мінісамоскида оцінювалася на ділянках із різними перешкодами (пні, виступи коріння, каміння) та за змінного навантаження, що давало змогу визначити вплив конструктивних параметрів на продуктивність і екологічний вплив на ґрунтовий покрив. Для оцінки останнього визначався питомий тиск на ґрунт у різних режимах роботи агрегату, що відповідає рекомендаціям з охорони ґрунтів під час використання малої техніки у рекреаційних насадженнях [4]. Технологічна ефективність визначалася через питомі витрати палива та трудовитрати на заготовлений і вивезений 1 м³ деревини.

Дані, отримані в процесі експерименту, дали змогу оцінити ефективність використання Cedrus TR300G у паркових господарствах, зокрема за перевезення легких об'ємних матеріалів і колод середнього розміру, а також визначити вплив конструктивних удосконалень (надставних бортів) на продуктивність та експлуатаційні витрати.

Облік фактичного завантаження кузова під час транспортування різних видів порубкових залишків показав, що номінальна вантажопідйомність 300 кг реалізується частково через нерівномірну форму та щільність матеріалу. Під час перевезення свіжозрубаних колод клена гостролистого середньою довжиною 0,8–1,0 м та діаметром 6–12 см середня маса вантажу становила 170–190 кг (55–60% вантажопідйомності), а об'ємне заповнення кузова – 0,25–0,28 м³. Транспортування легших залишків: гілля, хмизу та дрібних чагарників характеризувалося ще нижчим коефіцієнтом використання вантажопідйомності (7–8%), що значно збільшувало кількість рейсів та підвищувало витрати часу і пального.

Аналіз досліджень (рис. 1) показав, що колоди без надставних бортів використовують лише 53% вантажопідйомності, що потребує великої кількості рейсів (42). Використання надставних бортів для колод підвищує завантаження до 73%, скорочуючи рейси вдвічі (20).



Рис. 1. Ефективність роботи мінісамоскида Cedrus TR300G

Гілля та хмиз без надставних бортів завантажуються лише на 8% потужності машини, що робить перевезення нерациональним. Надставні борти для гілля дають змогу збільшити завантаження до 40% та зменшити рейси із 42 до 18.

Таким чином, надставні борти є ключовим конструктивним удосконаленням, яке забезпечує оптимальне використання Cedrus TR300G у паркових господарствах.

Застосування швидкознімних надставних бортів, які збільшують висоту кузова з 0,23 до 0,9 м, дає змогу суттєво підвищити ефективність роботи. Об'єм кузова зріс майже в чотири рази (до 1,0 м³), що забезпечило більш раціональне завантаження легких порубкових залишків. У результаті коефіцієнт використання вантажопідйомності зріс до 40–45%, а кількість рейсів зменшилася майже вдвічі (до 18–20). Під час перевезення колод маса вантажу сягала 230–255 кг (75–80% вантажопідйомності), наближаючись до оптимальних значень без перевантаження агрегату.

Експериментальні дані щодо заготовки деревини показали, що сумарний обсяг заготовленої деревини (з урахуванням коефіцієнта 0,10 для хмизу та 0,75 для дров) становив 4,9 щільних м³, у тому числі 3,4 щільних м³ дров. Технологічна питома витрата палива на заготовлений та вивезений 1 м³ деревини становила 1,48 кг/м³, а питомі трудовитрати – 5,33 люд.-год. Відходи рубки використовувалися як паливо для опалення приміщень.

Прокідність мінісамоскида була оцінена на контрольній ділянці з 15–18 перешкодами на 100 м маршруту (пні, виступи коріння, каміння). За завантаження 220–260 кг швидкість руху становила 1,0–1,4 км/год, тоді як на рівній ділянці – 3,0–3,5 км/год, що свідчить про зниження продуктивності на 50–55%. За перевантаження понад 300 кг спостерігалася часткове буксування гусениць, проте конструкція забезпечувала рівномірний розподіл тиску на ґрунт, зменшуючи утворення глибоких колій.

Комплексний аналіз питомого тиску Cedrus TR300G на ґрунт (рис. 2) показав, що навіть за максимальних робочих навантажень (300–320 кг) тиск не перевищує критичного рівня ущільнення для дерново-підзолистих ґрунтів (0,30 МПа). Зафіксовані значення становили 0,24–0,26 МПа, що свідчить про безпечність експлуатації агрегату навіть у напружених режимах роботи.

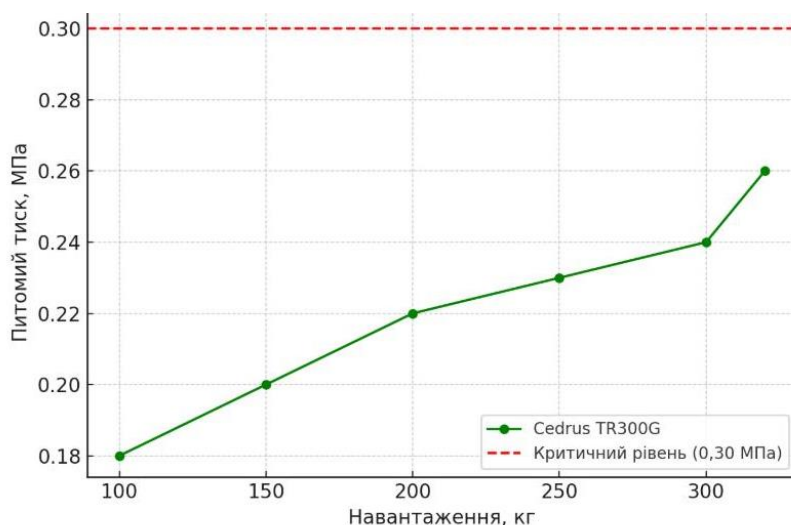


Рис. 2. Питомий тиск Cedrus TR300G на ґрунт за різного навантаження

За середнього робочого навантаження 200–250 кг питомий тиск становив 0,22–0,23 МПа, тобто залишався в межах екологічно допустимих значень. Це забезпечувало мінімальний негативний вплив на рослинний покрив і структуру ґрунту, зберігаючи його водно-повітряний режим. У разі перевезення дрібних порубкових залишків вагою до 100 кг питомий тиск знижувався до 0,18 МПа, що практично усувало будь-який негативний вплив на поверхневий шар ґрунту.

Таким чином, Cedrus TR300G можна вважати екологічно безпечним технічним засобом для використання у паркових господарствах і лісопаркових насадженнях. Машина забезпечує рівномірний розподіл навантаження завдяки гусеничному ходу, знижує ризик утворення глибоких колій та не перевищує критичних показників ущільнення ґрунту навіть за умов інтенсивної експлуатації. Окрім того, раціональне використання вантажопідйомності досягається за рахунок збільшення борту причепа, що підвищує паливну економічність і зменшує трудовитрати. Це підтверджує доцільність її застосування в системі малої механізації під час утримання зелених насаджень рекреаційного призначення.

Отримані результати демонструють, що Cedrus TR300G є ефективним технічним засобом для паркових господарств і лісопаркових підприємств, особливо під час роботи з об'ємними легкими порубковими залишками. Використання надставних бортів оптимізує завантаження та дає змогу зменшити експлуатаційні витрати, підвищуючи загальну ефективність роботи агрегату.

Висновки. Результати досліджень показали, що мінісамоскид Cedrus TR300G ефективний для вивезення порубкових залишків у паркових насадженнях Хмельницького. Застосування швидкознімних надставних бортів, що збільшують висоту кузова з 0,23 до 0,9 м, забезпечило зростання об'єму вантажу майже у чотири рази (до 1,0 м³). Це дало змогу підвищити коефіцієнт використання вантажопідйомності з 55–60% до 75–80% за перевезення колод і до 40–45% за транспортування легких залишків. У результаті кількість рейсів зменшилася майже вдвічі, що забезпечило економію пального на 30–35% і скоротило трудовитрати. Питомий тиск на ґрунт залишався нижчим за критичні значення, мінімізуючи негативний вплив на рослинний покрив, а конструктивні вдосконалення забезпечували достатню прохідність і рівномірний розподіл маси.

Таким чином, дослідження підтверджують доцільність малої механізації та оптимізацію конструкції агрегатів для підвищення екологічної безпечності та економічності робіт у рекреаційних лісопарках.

Список використаних джерел

1. Гелетука Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.І. Аналіз можливостей заготівлі деревного палива в лісах України. *Промислова теплотехніка*. 2018. Т. 40. № 1. С. 61–67. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PTT_2018_40_1_11
2. Можливості заготівлі деревного палива в лісах України / Г.Г. Гелетука та ін. *Аналітична записка БАУ*. 2018. № 19. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/position-paper-uabio-19-ua.pdf>
3. Правила рубок головного користування : Наказ Державного комітету лісового господарства України від 23.12.2009 № 364. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10>
4. Санітарні правила в лісах України : Постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 № 555 (зі змінами). Київ : КМУ, 1995. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ukr51854.pdf>

5. Ackerman P., Conradie I. Performance of harvesting residue treatment methods in south african pine plantations. *Forests*. 2016. Vol. 7(6). P. 116. <https://doi.org/10.3390/f7060116>
6. Baker J.S., et al. Logging residue supply and costs for electricity generation: Potential variability and policy considerations. *Energy Policy* 2018. 116(5). P. 397–409. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.026>
7. Chen C.X., et al. Modeling the processing and transportation logistics of forest residues using life cycle assessment. *Journal of Forestry*. 2017. 115(2). <https://doi.org/10.5849/jof.2016-027>
8. Eriksson M., Lindroos O. Rubber-tracked forwarders – productivity and cost efficiency potentials. *Forests*. 2014. Vol. 5(7). P. 1544–1561. <https://doi.org/10.3390/f5071544>
9. Figueiredo da Silva J., et al. Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to Portuguese power plants. *International Journal of Forest Engineering*. 2019. 30(1). P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1565029>
10. Han H., Chung W., Wells L., Anderson N. Optimizing biomass feedstock logistics for forest residue processing and transportation on a tree-shaped road network. *Forests*. 2018. 9(3). P. 121. URL: <https://doi.org/10.3390/f9030121>
11. Lopes D., Fernandes C., Reis A. Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to portuguese power plants. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2016. Vol. 6. P. 295–304. <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1154822>
12. Myalkovsky R., Plahtiy D., Bezvikonnyy P., Horodyska O., Nebaba K. Urban parks as an important component of environmental infrastructure: *Biodiversity conservation and recreational opportunities Scientific Journal Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*. 2023. Vol. 14. Iss. 4. P. 57–72. <https://doi.org/10.31548/forest/4.2023.57>
13. Ranius T., et al. The effects of logging residue extraction for energy on biodiversity and ecosystem services. *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 209(1). P. 409–425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048>
14. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C. Forest operations using a combi-forwarder in deciduous forests. *European Journal of Forest Research*. 2010. Vol. 129. P. 561–569. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0356-3>
15. Udali A., et al. Managing harvesting residues: a systematic review of residue extraction practices. *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 2025. Vol. 98. Iss. 2. P. 117–135. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpae041>

Potapsky Yu. V.

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher educational institution “Podillia State University”

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: yurapotap@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6446-9471

Bezvikonnyy P. V.

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at 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

Tarasiuk V. A.

Candidate of Agricultural Sciences,
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

RATIONAL TECHNOLOGICAL APPROACHES TO MANAGING TIMBER TREATMENT RESIDUES IN URBAN PARKS OF KHMELNYTSKYI

Abstract

The article presents the results of research on the effectiveness of using the Cedrus TR300G mini-dump truck for the removal of logging residues in city and forest parks of Khmelnytskyi. It was found that the actual carrying capacity is only partially utilized due to the uneven shape and density of the material. When transporting freshly cut maple logs with an average length of 0.8–1.0 m and a diameter of 6–12 cm, the average cargo weight was 170–190 kg (55–60% of the rated capacity), and the volumetric filling of the body was 0.25–0.28 m³. Light residues – branches, brushwood, and small shrubs – utilized only 7–8% of the carrying capacity, significantly increasing the number of trips, fuel consumption, and time required.

The use of quick-detachable extension sides, which increased the body height from 0.23 to 0.9 m, nearly quadrupled the cargo volume (up to 1.0 m³), increased the load capacity utilization factor to 75–80% for logs and to 40–45% for light residues, and reduced the number of trips by almost half, resulting in 30–35% fuel savings and lower labor costs. The total harvested wood volume was 4.9 dense m³, of which 3.4 dense m³ was firewood. The technological specific fuel consumption per 1 m³ of wood was 1.48 kg, and the specific labor costs were 5.33 man-hours.

Assessment of off-road performance on areas with obstacles showed a decrease in speed to 1.0–1.4 km/h when carrying 200–250 kg, whereas on flat surfaces the speed reached 3.0–3.5 km/h. Overloading beyond 300 kg caused partial skidding; however, the caterpillar track ensured uniform soil pressure (0.22–0.24 MPa), minimizing damage to vegetation.

The results confirm the feasibility of using small-scale mechanization in park management and the effectiveness of design improvements. The data can be used to optimize technologies for removing logging residues in city and forest parks, increasing environmental safety and economic efficiency in the maintenance of green spaces for recreational purposes.

Key words: mini-dump truck, Cedrus TR300G, logging residues, park plantings, forestry, load capacity, extension sides, transportation efficiency, environmental safety.

References

1. Heletukha H.H., Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Bashtovyi A.I. (2018). Analiz mozhlyvostei zahotivli derevnoho palyva v lisakh Ukrainy [Analysis of the possibilities of harvesting wood fuel in the forests of Ukraine]. Prom. Teplotekhnika – Industrial Heat Engineering iss. 40 (1) pp. 61–67. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PTT_2018_40_1_11 [in Ukrainian].
2. Heletukha H.H., Zheliezna T.A., Pastukh A.V. ta in. (2018). Mozhlyvosti zahotivli derevnoho palyva v lisakh Ukrainy [Possibilities of wood fuel procurement in the forests of Ukraine]. Analitichna zapyska BAU – Analytical note of the UAB iss. 19. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/position-paper-uabio-19-ua.pdf> [in Ukrainian].
3. Pravyla rubok holovnoho korystuvannia [Rules for final felling]. (2009). Kyiv: Derzhavnyi komitet lisovoho hospodarstva Ukrainy. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10> [in Ukrainian].
4. Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy [Sanitary rules in the forests of Ukraine]. (27.07.1995, № 555). Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy – Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. Kyiv: KMU. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ukr51854.pdf> [in Ukrainian].
5. Ackerman P., Conradie I. (2016). Performance of harvesting residue treatment methods in south african pine plantations. *Forests*, 7(6), 116. <https://doi.org/10.3390/f7060116> [in English].
6. Baker J.S., et al. (2018). Logging residue supply and costs for electricity generation: Potential variability and policy considerations. *Energy Policy*, 116(5), 397–409. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.026> [in English].
7. Chen C.X., et al. (2017). Modeling the processing and transportation logistics of forest residues using life cycle assessment. *Journal of Forestry*, 115(2), <https://doi.org/10.5849/jof.2016-027> [in English].
8. Eriksson M., Lindroos O. (2014). Rubber-tracked forwarders – productivity and cost efficiency potentials. *Forests*, 5(7), 1544–1561. <https://doi.org/10.3390/f5071544> [in English].
9. Figueiredo da Silva J., et al. (2019). Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to Portuguese power plants. *International Journal of Forest Engineering*, 30(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/14942119.2019.1565029> [in English].
10. Han H., Chung W., Wells L., Anderson N. (2018). Optimizing biomass feedstock logistics for forest residue processing and transportation on a tree-shaped road network. *Forests*, 9(3), 121. URL: <https://doi.org/10.3390/f9030121> [in English].
11. Lopes D., Fernandes C., Reis A. (2016). Analysis of the truck transportation of eucalyptus logging residues to portuguese power plants. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 6, 295–304. <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1154822> [in English].
12. Myalkovsky R., Plahtiy D., Bezvikonnyi P., Horodyska O., Nebaba K. (2023). Urban parks as an important component of environmental infrastructure. *Biodiversity conservation and recreational opportunities Scientific Journal Ukrainian Journal of Forest & Wood Science*, 14(4), 57–72. <https://doi.org/10.31548/forest/4.2023.57> [in English].
13. Ranius T., et al. (2018). The effects of logging residue extraction for energy on biodiversity and ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 209(1), 409–425. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.048> [in English].
14. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C. (2010). Forest operations using a combi-forwarder in deciduous forests. *European Journal of Forest Research*, 129, 561–569. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0356-3> [in English].
15. Udali A., et al. (2025). Managing harvesting residues: a systematic review of residue extraction practices. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 98(2), 117–135. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpae041> [in English].

Отримано: 29.09.2025

Рекомендовано: 27.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 621.313:621.365:663.033

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.35>

Рудь А. В.

*андидат технічних наук, доктор філософії в галузі технічних наук, професор,
завідувач кафедри агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: anatoliyrudj@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7206-7103

Краснолуцький П. П.

кандидат технічних наук,

доцент кафедри агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: kraspp@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2469-3190

Грушецький С. М.

кандидат технічних наук,

доцент кафедри агроінженерії і системотехніки 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

Корчак М. М.

кандидат технічних наук,

доцент кафедри агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: korchak_nikolay@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8726-1881

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ МІШАЛКИ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Анотація

Серед комплексу актуальних інженерних завдань під час розроблення малогабаритних біогазових установок, доступних для впровадження в умовах фермерських господарств і малих аграрних підприємств, важливе місце посідає створення надійних і порівняно дешевих систем перемішування маси, оскільки від цієї операції значною мірою залежить ефективність роботи установки у цілому. Мета даного дослідження – обґрунтувати принципову схему гідромеханічної мішалки комбінованої дії, сформулювати теоретичні положення та методику розрахунку її основних параметрів і визначити подальші етапи розроблення системи перемішування. Під час проєктування системи перемішування субстрату ключовими етапами є такі: визначення типу мішалки з урахуванням в'язкості, густини фракційного складу субстрату; розрахунок розмірів елементів, необхідної швидкості обертання, потужності приводу з урахуванням геометрії метантенка; вибір матеріалів, стандартних деталей та серійних виробів, що відповідають хімічним властивостям субстрату та умовам експлуатації (наприклад, корозійностійкість). При цьому на всіх етапах слід враховувати вимоги забезпечення належної якості перемішування, надійності та доступності технічного обслуговування, дотримання ергономічних, екологічних і безпекових умов.

Для перемішування субстрату переважно застосовуються механічні мішалки різних типів, кожна з яких досить ефективно працює у певних діапазонах в'язкості субстрату, але спільною особливістю їх є те, що вони створюють локальні зони надмірної швидкості перемішування. Через це спільним недоліком механічних мішалок є недостатньо якісне перемішування маси по всьому об'єму реактора, а також проблематичність надійного і безпечного приводу. У Подільському державному університеті розроблено схему багатосекційної біогазової установки, у якій для перекачування маси між секціями передбачено застосування одного фекального насоса, який слугує також для приводу гідрореактивної мішалки. Установлено, що для забезпечення належної якості роботи мішалки потрібно доповнити її вертикальними змішувальними елементами (щитками), а розрахунок

проводити виходячи з технологічно припустимої швидкості перемішування. Для цього розроблено методику послідовного розрахунку необхідної колової швидкості лопаті (залежно від розмірів її дії та в'язкості субстрату), частоти обертання мішалки, зусилля та крутний момент для її приводу. На підставі цих даних далі проводяться гідравлічні розрахунки системи подачі субстрату: потрібної швидкості витікання струменю через сопла, розхід субстрату, діаметри каналів, загальну подачу, напір і потужність приводу фекального насоса. Таким чином, особливістю цієї методики є те, що вона поєднує механічні та гідравлічні розрахунки і може слугувати основою для розроблення алгоритму автоматизованого проєктування біогазових установок.

Ключові слова: біогаз, реактор, мішалка, лопать, струмінь.

Вступ. Метанове зброджування гною або інших видів органічних відходів завдяки життєдіяльності метаноутворюючих бактерій дає змогу здійснити достатньо якісне знезараження маси, перетворити її на якісне органічне добриво і водночас отримати біогаз із досить високим умістом метану. Кількість та потужність біогазових установок (загальноприйнята абревіатура БГУ) впродовж останніх десятиліть стрімко зросли, і вони вже відіграють вагомий роль в енергобалансі багатьох країн. При цьому можна чітко виокремити дві тенденції. У Китаї, Індії, країнах Африки найбільш поширені примітивні малогабаритні установки з об'ємом метантенка (біореактора) $1 \text{ м}^3 \dots 10 \text{ м}^3$. У Європі та США пріоритет мають біогазові станції та біогазові заводи з крупними метантенками на $3000 \dots 5000 \text{ м}^3$ [2; 4]. В Україні нині переважає саме така тенденція. Для прикладу, біогазовий завод, збудований відомою фірмою Zorg-biogaz на замовлення ТОВ «Теофіпольська енергетична компанія», після уведення в роботу другої черги з 6 біореакторами на 22600 м^3 став одним із найбільш крупних об'єктів у Європі, виробляючи в середньому понад 107 тис м^3 біогазу на добу. Однак упроваджувати біогазові комплекси таких розмірів по силах лише окремим крупним підприємствам, тому частка біогазу в загальному обсязі первинної енергії в Україні становить лише близько 3%, хоча потенціал генерації біометану становить щонайменше 7,8 млрд м^3 на рік, або 25% від поточного споживання газу [4]. Цей потенціал можна було б використати більшою мірою, якби був ринок доступних за ціною малогабаритних установок, але такі установки не пропонуються ні зарубіжними, ні вітчизняними фірмами. Тому розроблення малогабаритних БГУ, доступних для використання в умовах фермерських господарств і малих аграрних підприємств, є актуальним.

Серед комплексу інженерних завдань у цьому аспекті важливе місце посідає створення надійних і порівняно дешевих систем перемішування маси, оскільки від цієї операції значною мірою залежить ефективність роботи установки у цілому [7; 9].

Мета роботи – обґрунтувати принципову схему гідромеханічної мішалки комбінованої дії, сформулювати теоретичні положення та методику розрахунку її основних параметрів і визначити подальші етапи розроблення системи перемішування. Об'єктом дослідження є процес метанового бродіння гною або інших відходів біомаси в агропромисловому виробництві. Предметом дослідження є технологічна операція перемішування субстрату в метантенку (біореакторі).

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливими елементами біогазової технології є перемішування, яке потрібне для рівномірного розподілу концентрації речовин та бактерій у просторі реактора, вирівнювання теплового поля, руйнування поверхневої кірки, яка ускладнює перебіг бродіння. Тому всі дослідники і фахівці-практики однакові у тому, що біогазова установка повинна обов'язково обладнуватися пристроями для перемішування, яке слід проводити регулярно, але з невеликою швидкістю зміщення шарів субстрату (на рівні $0,5 \text{ м/с}$), щоб не пошкодити бактеріальні плівки [9–12].

Інтенсифікації технологічних процесів шляхом перемішування субстрату присвячено праці А. Д. Гарькавого, П. С. Берника, Л. П. Середи, Р. Д. Ісковича-Лотоцького, Г. С. Ратушняка, І. Б. Матвєєва та інших учених. У результаті сьогодні існує досить багато ефективних інженерних рішень біогазових установок із різноманітними пристроями для перемішування, розроблено відповідні методики їх розрахунку. Водночас практично всіма дослідниками зазначається, що універсального інженерного рішення не існує і в конкретних випадках слід шукати способи адаптації відомих конструкцій до специфічних умов використання.

Під час проєктування системи перемішування субстрату ключовими етапами є такі завдання:

1. Визначення типу мішалки з урахуванням в'язкості, густини фракційного складу субстрату.
2. Розрахунок розмірів елементів, необхідної швидкості обертання, потужності приводу з урахуванням геометрії метантенка.
3. Вибір матеріалів, стандартних деталей та серійних виробів, що відповідають хімічним властивостям субстрату та умовам експлуатації (наприклад, корозійностійкість).

При цьому на всіх етапах слід ураховувати вимоги забезпечення належної якості перемішування, надійності та доступності технічного обслуговування, дотримання ергономічних, екологічних і безпекових умов.

Перемішування переважно виконується механічними мішалками, барботажем (біогазом, який компресором продувається через субстрат) і перекачуванням сировини з верхньої зони в нижню. Найбільш поширеним є механічне перемішування. Робочими органами механічних мішалок є пропелери, лопаті різноманітних конфігурацій, шнеки. Кожний із цих типів мішалок оптимально працює у певних діапазонах в'язкості субстрату, але спільною особливістю їх є те, що вони створюють локальні зони надмірної швидкості перемішування.

Основним спільним недоліком різноманітних механічних мішалок є недостатньо якісне перемішування маси по всьому об'єму реактора [7; 8], а також проблематичність надійного і безпечного приводу [7; 12]. Цей

недолік можна частково усунути, якщо мішалка приводиться у дію від рухомого ковпака реактора, який може підніматися від тиску «подушки» біогазу [1]. Але тоді конструкція установки значно ускладнюється, і робота мішалки не регулюється, а спонтанно залежить від інтенсивності виділення біогазу.

Гідродинамічні мішалки складаються із системи трубопроводів та живильного насоса, який засмоктує масу з реактора і повертає її назад через форсунки. Утворений під час виходу з форсунки струмінь унаслідок дії сил в'язкого тертя спричинює рух усієї маси субстрату. Ці мішалки порівняно з механічними мають на 30% меншу енергоємність і на 20% – металоємність, але не забезпечують належного перемішування глибинних шарів і повного руйнування поверхневої кірки [7; 8].

Ураховуючи вищезазначене, привертає увагу комбінація гідродинамічної і лопатевої мішалки, що працює за принципом колеса Сегнера. Така гідрореактивна мішалка являє собою вертикальний трубчастий стояк, установлений у реакторі, з можливістю обертання. До стояка під деяким кутом приєднано радіальні лопаті з тангенціальними соплами. Субстрат насосом подається до стояка і через лопаті та сопла викидається всередину реактора, створюючи реактивний обертальний момент. Проведені М. Павленко та Г. Голубом комплексні дослідження подібної мішалки у складі установки для виготовлення біодизеля підтвердили її високу ефективність [7]. Але ці дослідження проводилися з метою мінімізації питомих енергозатрат за забезпечення належної якості перемішування речовини з конкретними величинами густини та в'язкості. Між тим для процесу метанового зброджування надзвичайно важливим параметром, насамперед, є максимально припустима швидкість перемішування, якою вважається лінійна швидкість відносного зсуву прошарків субстрату близько 0,5 м/с, що на порядок менше від швидкості перемішування у відомих конструкціях гідрореактивних мішалок [7].

У Подільському державному університеті розроблено схему багатосекційної біогазової установки, у якій для перекачування маси між секціями передбачено застосування одного фекального насоса, який застосовується також для приводу гідрореактивної мішалки [5]. Проведені попередні пошукові дослідження показали, що для забезпечення належної якості роботи мішалки у складі метантенка потрібно доповнити її вертикальними змішувальними елементами (щитками), а розрахунок проводити виходячи з технологічно припустимої швидкості перемішування [6].

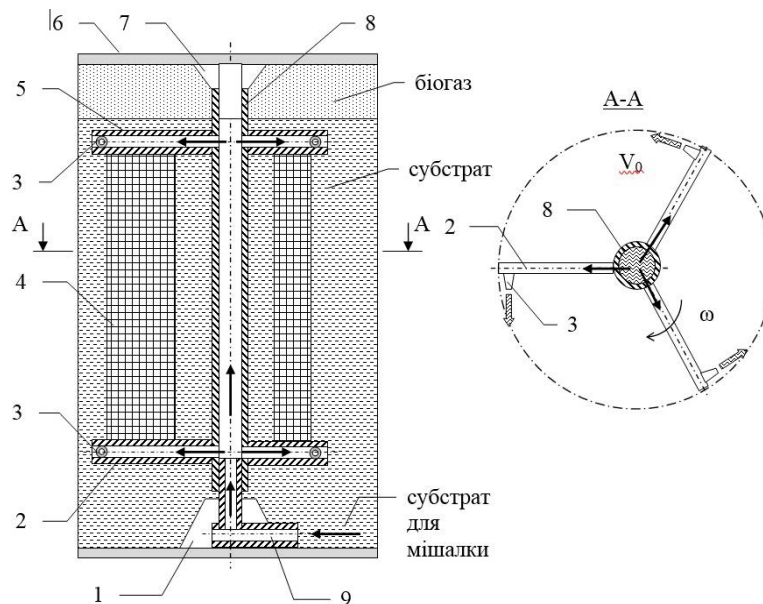


Рис. 1. Принципова схема мішалки: 1 – опора нижня; 2 – лопаті радіальна нижнього ярусу; 3 – форсунка; 4 – щиток лопаті; 5 – лопаті радіальна верхнього ярусу; 6 – кришка реактора; 7 – опора верхня; 8 – стояк; 9 – трубопровід подачі

Для того щоб частинки субстрату не прилипали до стінок метантенка, слід надати масі у пристінних зонах певну мінімальну швидкість $V_{\min}$, за якої рух матиме турбулентний характер. За законом Рейнольдса [3].

$$V_{\min} = \frac{Re \cdot g}{4R_r}, \quad (1)$$

де Re – число Рейнольдса, для забезпечення турбулентності воно повинно перевищувати критичне значення $Re_{кр} = 2320$;

v – кінематична в'язкість субстрату, m^2/s ;

R_r – гідравлічний радіус умовного каналу, який співпадає із зоною дії мішалок, м.

$$R_r = \frac{S_c}{x}, \quad (2)$$

де S_c – площа однієї секції, m^2 ;

x – змочений периметр по горизонтальному перерізу секції, m .

Із закону Ньютона для в'язкого тертя, ураховуючи параболічну залежність зміни швидкості по поперечному перетину потоку за турбулентного руху, можна прийняти, що максимальна швидкість лопаті (m/c), за якої розпочнеться закручування усієї маси в секції:

$$V_{max} = V_{min} + \frac{\tau R_m^2}{\mu}. \quad (3)$$

Відповідно кутова швидкість і частота обертання становлять:

$$\omega = \frac{V_{max}}{R_m}; \quad n = \frac{\omega}{2\pi}; \quad (4)$$

Із теореми про зміну кількості руху:

$$m \cdot V_{max} = \Delta F \cdot \Delta t, \quad (5)$$

де ΔF – проекція на напрямок руху всіх діючих сил; можна припустити, що у даному разі ΔF є тільки силою опору;

m – маса субстрату (kg) в об'ємі криволінійної призми з висотою секції h та перетином у формі сектора кола радіусом R_m і центральним кутом $\omega \Delta t$:

$$m = \frac{2\rho\pi R_m h}{360} \omega \Delta t \quad (6)$$

Після нескладних перетворень одержимо вирази для визначення сили опору, потрібного обертального моменту і теоретичної потужності приводу:

$$F = \frac{2\rho\pi R_m h}{360} \omega \quad (7)$$

$$M = F \cdot R_m, \quad (8)$$

$$N_m = M \cdot \omega \quad (9)$$

На наступному етапі проектування потрібно уточнити величини діючих сил на лопаті залежно від їх конкретної конструкції та орієнтації у просторі, для чого доцільно скористатися відомими методиками, інтегрованими у сучасні САПР (наприклад, FLOW VISION) [8].

Знаючи уточнені величини діючих сил і крутного моменту, слід провести гідравлічні розрахунки із визначення параметрів форсунок, трубопроводів і насосу для подачі субстрату. Основою методики цих розрахунків слугують класичні положення гідродинаміки з урахуванням особливостей обраної схеми гідравлічних ліній установки [3].

Фактично на мішалці є деяка кількість лопаток z , тоді зона їхньої дії матиме квадратний переріз h/z .

Сила, що прикладається до 1 лопатки, N :

$$F_i = \frac{F}{z} \quad (10)$$

Відомо, що сила струменя за витікання з насадки [4]:

$$F_H = 2 \cdot \rho \cdot S_H \cdot V_0^2 \quad (11)$$

де ρ – густина речовини струменя, kg/m^3 ;

V_0 – швидкість витікання струменя, m/c ;

S_H – площа живого перерізу насадки, з конструктивних міркувань найменший діаметр $d_H=12$ мм, при цьому отвори насадок практично не будуть забиватися, тоді $S_H=1,1 \cdot 10^{-4} m^2$.

За нормального розташування насадок $F_H=F_i$, і тоді необхідна швидкість витікання струменя, m/c :

$$V_0 = \sqrt{\frac{F}{2 \cdot \rho \cdot S_H}} \quad (12)$$

З іншого боку, швидкість витікання V_0 залежить від напору рідини перед насадкою H_H [4]:

$$V_0 = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_H}, \quad (13)$$

де φ – коефіцієнт швидкості насадки, для конічних насадок із кутом сходження $\alpha=13^\circ$ значення $\varphi=0,96$,

Звідси, необхідний напір H_H (m):

$$H_H = \frac{V_0^2}{\varphi^2 \cdot 2 \cdot g} \quad (14)$$

Тоді розхід рідини через насадку, m^3/c [10]:

$$q_H = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_H}, \quad (15)$$

де μ – коефіцієнт витрати, $\mu=0,945$.

Розхід через мішалку повинен становити (m^3/c):

$$q_M = z \cdot q_n \quad (16)$$

Розхід у всій системі за кількості мішалок Z_M :

$$Q = Z_M \cdot q_M \quad (17)$$

Діаметр стояка мішалки розраховується з тієї умови, щоб швидкість рідини в ній не перевищувала рекомендованого для стандартної водопровідної арматури $V=1,2 \dots 2,5$ м/с:

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot q_M \cdot \mu}{\pi \cdot V}} \quad (18)$$

Аналогічно визначаємо діаметр магістралі:

$$d_M = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (19)$$

Утрати напору у системі розраховуємо, як під час розрахунку тупикового трубопроводу:

$$H_B = (A_1 \cdot l_1 \cdot Q^2 + A_2 \cdot l_2 \cdot q_M^2) \cdot K_M, \quad (20)$$

де l_1, l_2 – відповідно довжина магістралі і відгалуження, м;

K_M – коефіцієнт, що враховує місцеві втрати напору, $K_M=1,1$;

A_1, A_2 – питомий опір труб, с/м².

Напір, який повинен створювати насос у системі, м вод. ст.:

$$H = H_n + H_b \quad (21)$$

Потужність для приводу насоса [3]:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \cdot K_{зан}, \quad (22)$$

де η_1 – ККД насосу;

η_2 – ККД приводу;

$K_{зан}$ – коефіцієнт запасу потужності, $K_{зан}=1,1$.

За заданих параметрів Q, H і N слід вибрати з каталогу відповідний фекальний насос і за необхідності уточнити його робочу точку за його графічною характеристикою та характеристикою трубопроводів.

Висновки. Біогазова установка повинна обов'язково обладнуватися пристроями для перемішування, яке слід проводити регулярно, але з невеликою швидкістю зміщення шарів субстрату (на рівні 0,5 м/с), щоб не пошкодити бактеріальні плівки. Практично всіма дослідниками зазначається, що універсального інженерного рішення не існує і в конкретних випадках слід шукати способи адаптації відомих конструкцій до специфічних умов використання.

Під час проектування системи перемішування субстрату ключовими етапами є такі завдання: визначення типу мішалки з урахуванням в'язкості, густини фракційного складу субстрату; розрахунок розмірів елементів, необхідної швидкості обертання, потужності приводу з урахуванням геометрії метантенка; вибір матеріалів, стандартних деталей та серійних виробів, що відповідають хімічним властивостям субстрату та умовам експлуатації (наприклад, корозійностійкість). При цьому на всіх етапах слід ураховувати вимоги забезпечення належної якості перемішування, надійності та доступності технічного обслуговування, дотримання ергономічних, екологічних і безпекових умов.

Проведений нами аналіз конструкцій мішалок з урахуванням означених вище етапів показав, що для перемішування субстрату, вологість і якість якого коливаються у широких межах, доцільно застосовувати гідромішалки із циркуляцією маси від фекального насоса через форсунки у простір реактора. Ці мішалки порівняно з механічними мають на 30% меншу енергоємність і на 20% – металоємність, але не забезпечують належного перемішування глибинних шарів і повного руйнування поверхневої кірки. Більш ефективною є комбінація гідродинамічної і лопатевої мішалок, що працює за принципом колеса Сегнера. Така гідрореактивна мішалка являє собою вертикальний трубчастий стояк, до якого під деяким кутом приєднано радіальні лопаті з тангенціальними соплами. Субстрат насосом подається до стояка і через лопаті та сопла викидається всередину реактора, створюючи реактивний обертальний момент. Однак подібні конструкції якісно перемішують масу лише за високої швидкості обертання, занадто надмірної для умов протікання бродіння.

Нами запропоновано для забезпечення належної якості роботи мішалки у складі метантенка доповнити її вертикальними змішувальними елементами (щитками) збільшених розмірів, а розрахунок проводити виходячи з технологічно припустимої швидкості перемішування. Для цього розроблено методику послідовного розрахунку потрібної колової швидкості лопаті (залежно від розмірів її дії та в'язкості субстрату), частоти обертання мішалки, зусилля та крутний момент для її приводу. На підставі цих даних далі проводяться гідравлічні розрахунки системи подачі субстрату: потрібної швидкості витікання струменю через сопла, розхід субстрату, діаметри каналів, загальну подачу, напір і потужність приводу фекального насоса. Таким чином, особливістю цієї методики є те, що вона поєднує механічні та гідравлічні розрахунки та може слугувати основою для розроблення алгоритму автоматизованого проектування біогазових установок.

Зауважимо, що запропонована конструкція усуває необхідність улаштування окремого електроприводу мішалок, і усувається загроза витoku газу через порушення ущільнення валів мішалок.

У подальшому необхідно більш детально дослідити безпосередній контакт лопаті із субстратом, щоб визначити раціональні параметри змішувальних елементів, а саме їх профіль та вид поверхні – суцільна, перфорована або решітчаста.

Список використаних джерел

1. Біореактор: Пат. 61816 Україна: C02F 11/04 (2006.01), C02F 3/28. №201101529; заявл. 10.02.2011; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. 4 с.
2. Виробництво та використання біометану в європейських країнах : звіт ЕВА 2024. URL: <https://saf.org.ua/news/2196/>
3. Гідравліка: навчально-методичний комплекс : навчальний посібник / В.І. Дуганець та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2013. 572 с.
4. Голуб Г., Гайденок О. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок. *Агробізнес сьогодні*. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8386-suchasni-tendentsii-rozvytku-biohazovykh-ustanovok.html> (дата звернення 08.09.2025).
5. Краснолуцький П. Обґрунтування гідравлічної схеми системи завантаження і розвантаження реактора біогазової установки. *Сучасні проблеми землеробської механіки* : зб. наук. праць XVIII міжн. наук. конф., м. Кам'янець-Подільський, 2017. С. 130–133.
6. Краснолуцький П.П. До питання організації пошукових експериментів на моделі мішалки біогазової установки. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., секція 5: Інженерія, енергетика та інформаційні технології в умовах війни та післявоєнній відбудові країни, м. Київ, 25 травня 2023 р. Київ, 2023. С. 299.
7. Кудря С.О., Головки В.М. Основи конструювання енергоустановок із відновлюваними джерелами енергії. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 201 с.
8. Проектування сільськогосподарських машин : навчальний посібник / за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.
9. Сидоров Ю.І. Сучасні біогазові технології. *Biotechnologia Acta*. 2013. № 1. С. 46–61. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot_2013_6_1_6
10. Сподоба М.О. Електротепломеханічна система біогазового реактора для фермерських господарств : дис. ... д-ра філософії : 141. Київ, 2023. 361 с.
11. Zablodskiy M., Spodoba M. Mathematical Model of Thermal Processes During the Fermentation of Biomass in a Biogas Reactor. *2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2020. P. 227–231. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9250048/proceeding>
12. Zablodskiy M., Spodoba M. Comparison of Theoretical and Experimental Data of Energy Consumption when Heating the Substrate in a Biogas Reactor. *In 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*. 2022. P. 101–104. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/10005607/proceeding>

Rud A. V.

Candidate of Technical Sciences, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Engineering and System Engineering Names Mykhaila Samokisha, Higher educational institution "Podillia State University"

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: anatoliyrudj@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7206-7103

Krasnolutskyi P. P.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Agricultural Engineering and System Engineering
Names Mykhaila Samokisha,
Higher educational institution "Podillia State University"*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: kraspp@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2469-3190

Hrushetskyi S. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Agricultural Engineering and System Engineering
Names Mykhaila Samokisha,
Higher educational institution "Podillia State University"*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: g.sergiy.1969@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0487-6152

Korchak M. M.

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Agricultural Engineering and System Engineering

Names Mykhaila Samokisha,

Higher educational institution "Podillia State University"

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: korchak_nikolay@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8726-1881

METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE HYDROMECHANICAL MIXER OF A BIOGAS PLANT

Abstract

Creation of reliable and relatively cheap mass mixing systems is an important project among the complex of current engineering tasks in the development of small-sized biogas plants, available for implementation at farms and small agricultural enterprises as the efficiency of the whole plant depends to a large extent on this operation. Therefore, the purpose of this study is to substantiate the schematic diagram of a combined-action hydromechanical mixer; to formulate theoretical provisions and a method for calculating of its main parameters, and to determine further stages of developing a mixing system. When designing a substrate mixing system, the key stages are as follows: determining the type of mixer taking into account the viscosity, density of the fractional composition of the substrate; calculating the dimensions of the elements, the required rotation speed, drive power taking into account the geometry of the methane tank; selecting materials, standard parts and serial products that correspond to the chemical properties of the substrate and operating conditions (for example, corrosion resistance). At the same time, at all stages, the requirements for ensuring proper mixing quality, reliability and accessibility of maintenance, compliance with ergonomic, environmental and safety conditions should be taken into account.

For mixing the substrate, mechanical mixers of various types are mainly used, each of which works quite effectively in certain ranges of substrate viscosity, but their common feature is that they create local zones of excessive mixing speed. Because of this, a common drawback of mechanical mixers is insufficient quality of mixing of the mass throughout the reactor volume, as well as the problematic nature of a reliable and safe drive. Podillia State University has developed a scheme for a multi-section biogas plant, where one fecal pump that also serves to drive the hydro jet mixer is used to pump the mass between sections. It has been established that to ensure proper quality of operation of the mixer it is necessary to supplement it with vertical mixing elements (shields), and the calculation should be carried out based on the technologically permissible mixing speed. For this purpose, a method has been developed for sequential calculation of the required circular speed of the blade (depending on the size of its operation and the viscosity of the substrate), the frequency of rotation of the mixer; the force and torque for its drive. Based on these data, hydraulic calculations of the substrate supply system are then carried out: the required flow rate through the nozzles, the substrate consumption, the diameters of the channels, the total flow, the pressure and the power of the fecal pump drive. Thus, the peculiarity of this method is that it combines mechanical and hydraulic calculations and can serve as the basis for developing an algorithm for automated design of biogas plants.

Key words: biogas, biogas plant, reactor; substrate, mixer; Segner wheel, blade, jet, flow rate, calculation method.

References

1. Klius, V.P., Klius, S.V., Dovzhenko, D.S., Chetveryk, H.O. (2011). Pat. No 61816 UA. Bioreaktor. MKP C02F 11/04 (2006.01), C02F 3/28. No 201101529; declared: 10.02.2011; published: 25.07.2011, Bul. No 14. 4 p. [in Ukrainian].
2. Vyrobnystvo ta vykorystannia biometanu v Yevropeiskyykh krainakh: zvit EBA (2024). [Biomethane production and use in European countries: EBA report]. URL: <https://saf.org.ua/news/2196/> [in Ukrainian].
3. Duhanets, V.I., et. al. (2013). Hidravlika: nachalno-metodychnyi kompleks. Navchalnyi posibnyk [Hydraulics: educational and methodological complex. Textbook]. Kamianets-Podilskyi: FOP Sysyn O.V., 572 p. [in Ukrainian].
4. Holub, H., Haidenko, O. (2025). Suchasni tendentsii rozvytku biohazovykh ustanovok. [Current trends in the development of biogas plants]. Ahrobiznes sohodni: veb-sait – *Agribusiness Today*: website. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8386-suchasni-tendentsii-rozvytku-biohazovykh-ustanovok.html>. [in Ukrainian].
5. Krasnolutskyi, P. (2017). Obgruntuvannia hidravlichnoi skhemy systemy zavantazhennia i rozvantazhennia reaktora biohazovoi ustanovy. [Justification of the hydraulic scheme of the loading and unloading system of the biogas plant reactor]. *Suchasni problemy zemlerobskoi mekhaniky: zb. nauk. prats XVIII mizhn. nauk. konf. – Modern problems of agricultural mechanics: collection of scientific papers of the 18th international scientific conference*. Kamianets-Podilskyi. P. 130–133. [in Ukrainian].
6. Krasnolutskyi, P. (2023). Do pytannia orhanizatsii poshukovykh eksperymentiv na modeli mishalky biohazovoi ustanovy. [On the issue of organizing exploratory experiments on a model of a biogas plant mixer]. *Prodovolcha ta ekolohichna bezpeka v umovakh viiny ta povoiennoi vidbudovy: vyklyky dlia Ukrainy ta svitu: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf., sektiia 5: Inzheneriia, enerhetyka ta informatsiini tekhnolohii v umovakh viiny ta pislivoiennii vidbudovi krainy. Kyiv: 25 trav. 2023 – Food and environmental security in conditions of war and post-war reconstruction: challenges for Ukraine and the world: materials of the International Scientific and Practical Conference, section 5: Engineering, energy and information technologies in conditions of war and post-war reconstruction of the country, Kyiv, May 25, 2023*. Kyiv: NUBiP, 2023. P. 299–309. [in Ukrainian].
7. Kudria, S.O., Holovko, V.M. (2015). Osnovy konstruiuvannia enerhoustonovok z vidnovliuvanyymi dzherelamy enerhii. [Fundamentals of designing renewable energy power plants]. Kyiv: NTUU KPI., 201 p. [in Ukrainian].
8. Bendera, I.M., Rud, A.V., Koziiia, Ya.V. (Ed) (2011). Proiektuvannia silskohospodarskykh mashyn. Navchalnyi posibnyk dlia vykonannia kursovykh proiektiv z rozrobky silskohospodarskoi tekhniki pry pidhotovtsi fakhivtsiv napriamu 6.100202 «Protsesy, mashyny ta obladnannia ahropromysloвого vyrobnystva. [Design of agricultural machinery. A textbook for the implementation of

course projects on the development of agricultural machinery in the training of specialists in the direction 6.100202 «Processes, machines and equipment of agro-industrial production». Kamianets-Podilskyi: FOP Sysyn O.V., 640 p. [in Ukrainian].

9. Sydorov Yu.I. (2013). Suchasni biohazovi tekhnolohii [Modern biogas technologies]. *Biotechnologia Acta*. 2013. № 1. P. 46–61. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot_2013_6_1_6 [in Ukrainian].

10. Spodoba, M.O. (2023). Elektroteplomekhanichna systema biohazovoho reaktora dlia fermerskykh hospodarstv: dys. d-ra filosofii : 141. [Electrothermal mechanical system of a biogas reactor for farms: PhD thesis: 141]. Kyiv, 361 p. [in Ukrainian].

11. Zablodskiy, M., Spodoba, M. (2020). Mathematical Model of Thermal Processes During the Fermentation of Biomass in a Biogas Reactor. [2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)]. P. 227–231. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9250048/proceeding> [in English].

12. Zablodskiy, M., Spodoba, M. (2022). Comparison of Theoretical and Experimental Data of Energy Consumption when Heating the Substrate in a Biogas Reactor. [In 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)]. P. 101–104. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/10005607/proceeding> [in English].

Отримано: 25.09.2025

Рекомендовано: 23.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 631.51:631.582

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.36>

Теслюк Г. В.

кандидат технічних наук,

доцент кафедри тракторів і сільськогосподарських машин

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Дніпро, Україна

E-mail: tesliuk_h@ukr.net

ORCID: 0000-0003-4541-5720

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ҐРУНТООБРОБКИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Анотація

Сучасне землеробство перебуває в умовах, коли необхідно поєднувати високу продуктивність із раціональним використанням природних ресурсів. Одним із ключових чинників, що визначає рівень урожайності та стабільність аграрного виробництва, є технологія обробітку ґрунту. Вибір системи обробітку – традиційної, мінімальної чи нульової (no-till) – безпосередньо впливає на структуру ґрунту, його вологозабезпечення, повітряний режим і біологічну активність. Саме тому питання оцінки ефективності різних технологій ґрунтообробки в забезпеченні врожайності сільськогосподарських культур набуває особливої актуальності.

Метою даної роботи є дослідження впливу різних систем обробітку ґрунту на врожайність основних сільськогосподарських культур та визначення найбільш раціонального підходу до ведення землеробства в сучасних умовах. Для досягнення мети були поставлені такі завдання: проаналізувати агротехнічні особливості різних технологій обробітку ґрунту; визначити їх вплив на фізико-хімічні властивості ґрунту; дослідити залежність урожайності від рівня обробітку; оцінити економічну ефективність та екологічні наслідки кожного з підходів.

У роботі використано методи порівняльного аналізу, узагальнення та системного підходу. Розглянуто три основні технології: традиційну (плужну), мінімальну та нульову (no-till). Для кожної системи наведено її переваги, недоліки та вплив на стан агроєкосистем.

Традиційна технологія передбачає інтенсивне механічне розпушення ґрунту з оборотом пласта, що забезпечує боротьбу з бур'янами та швидке нагрівання поверхні навесні. Проте надмірне механічне втручання спричинює руйнування структури ґрунту, зменшення вмісту гумусу, активізацію ерозійних процесів і значні енергетичні витрати.

Мінімальний обробіток ґрунту полягає у зменшенні кількості обробних операцій і глибини розпушення. Це сприяє збереженню структури ґрунту, економії пального та робочого часу. За умов дотримання технологічних вимог урожайність сільськогосподарських культур залишається стабільною, а у посушливих регіонах навіть підвищується завдяки кращому збереженню вологи.

Система no-till, або нульового обробітку, передбачає повну відмову від механічного розпушення. Посів здійснюється безпосередньо у стерню, що забезпечує максимальне збереження вологи, зменшує ерозію, сприяє накопиченню органічної речовини і покращує біологічну активність ґрунту. Водночас no-till вимагає ретельного підбору сівозмін, спеціалізованої техніки та ефективного контролю бур'янів, що потребує певних фінансових витрат на початкових етапах впровадження.

Результати аналізу показали, що при тривалому застосуванні мінімального та нульового обробітку спостерігається тенденція до покращення фізичних властивостей ґрунту, зростання вмісту гумусу та мікробіологічної активності. Урожайність сільськогосподарських культур у таких системах, хоча спочатку може бути децю нижчою, з часом стабілізується та навіть перевищує показники традиційного землеробства завдяки покращенню екологічної рівноваги ґрунтового середовища.

Таким чином, оптимальною стратегією є поєднання елементів різних систем з урахуванням конкретних умов виробництва. Раціональне використання технологій обробітку ґрунту сприяє підвищенню урожайності, економії ресурсів, збереженню родючості земель та забезпеченню сталого розвитку аграрного сектору.

Ключові слова: ефективність ґрунтообробки, мінімальний обробіток, нульовий обробіток, аналіз ефективності технологій, механізація, автоматизація.

Вступ. Раціональний обробіток ґрунту є одним із ключових чинників формування високої продуктивності аграрних культур. У сучасних умовах інтенсивного землеробства постає необхідність пошуку таких технологій ґрунтообробки, які забезпечують оптимальний водно-повітряний режим, сприяють накопиченню вологи, збереженню структури ґрунту та підвищенню його родючості. Питання ефективності систем обробітку ґрунту набуває особливої актуальності у зв'язку з кліматичними змінами, зростанням цін на паливо й технічні ресурси, а також необхідністю екологізації виробництва.

Наукові дослідження у цій сфері спрямовані на виявлення оптимального співвідношення між глибиною, інтенсивністю та способом обробітку ґрунту, що дозволить забезпечити високу врожайність без порушення природного балансу агроєкосистем. З практичної точки зору, вдосконалення технологій ґрунтообробки має важливе значення для підвищення ефективності використання земельних ресурсів, скорочення витрат на виробництво та поліпшення екологічного стану сільськогосподарських угідь.

Таким чином, дослідження впливу технологій ґрунтообробки на продуктивність аграрних культур є важливим завданням сучасного аграрного виробництва, що поєднує наукову й практичну значущість та сприяє забезпеченню сталого розвитку сільського господарства [1].

Проблема вибору оптимальної технології ґрунтообробки вже тривалий час перебуває у центрі уваги науковців і практиків аграрної галузі. У працях багатьох українських та зарубіжних дослідників наголошується, що ефективність вирощування сільськогосподарських культур значною мірою визначається системою обробітку ґрунту, яка впливає на фізико-хімічні властивості орного шару, водний баланс і мікробіологічну активність [3].

Так, у роботах О. М. Гур'єва, В. Ф. Камінського, М. П. Мосійчука та інших вчених зазначається, що традиційний (плужний) обробіток забезпечує глибоке розпушення ґрунту, проте водночас сприяє втраті вологи, зниженню гумусового шару та ерозійним процесам. У відповідь на ці проблеми з'явилися нові системи, зокрема мінімальний і нульовий (no-till) обробіток, які спрямовані на збереження природної структури ґрунту та підвищення його біологічної активності.

Дослідження Інституту землеробства НААН України підтверджують, що застосування мінімального обробітку сприяє покращенню водоутримувальної здатності ґрунту та зменшенню втрат поживних речовин. Водночас у північних та західних регіонах, де вологозабезпечення достатнє, ефективним залишається комбінований або традиційний спосіб обробітку. Це свідчить про необхідність регіонального підходу до вибору технологій ґрунтообробки з урахуванням природно-кліматичних умов.

У працях зарубіжних учених, таких як Р. Лал, Дж. Дерпш, Д. Тріплетт, простежується акцент на екологічній складовій проблеми. Автори доводять, що мінімізація механічного впливу на ґрунт не лише зберігає його родючість, а й знижує викиди вуглецю в атмосферу, сприяючи боротьбі зі змінами клімату.

Разом із тим, аналіз літератури показує, що єдиної думки щодо оптимальної системи обробітку ґрунту для різних сільськогосподарських культур і регіонів не існує. Результати досліджень часто відрізняються через різні ґрунтово-кліматичні умови, структуру посівів, рівень технічного забезпечення та агротехнічну культуру господарств. Тому питання визначення найбільш ефективних технологій ґрунтообробки для забезпечення стабільної продуктивності сільськогосподарських культур залишається відкритим і потребує подальшого наукового обґрунтування [6].

Мета роботи. Метою даної статті є наукове обґрунтування впливу різних технологій обробітку ґрунту на продуктивність аграрних культур з урахуванням агроекологічних, технологічних і економічних факторів. Здійснення цієї мети передбачає системний підхід до аналізу взаємозв'язку між способом обробітку ґрунту, його агрофізичними властивостями та кінцевими показниками урожайності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- дослідити науково-теоретичні засади впливу технологій ґрунтообробки на ріст і розвиток сільськогосподарських культур;
- провести аналіз сучасних систем обробітку ґрунту – традиційної, мінімальної та нульової (no-till) – з точки зору їх ефективності у різних природно-кліматичних зонах;
- визначити зміни фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунту під впливом різних технологічних прийомів;
- встановити залежність урожайності основних сільськогосподарських культур від застосованої системи обробітку;
- оцінити економічну доцільність упровадження сучасних технологій ґрунтообробки у виробничу практику;
- узагальнити результати досліджень і сформулювати практичні рекомендації щодо вибору оптимальної технології обробітку для забезпечення сталого виробництва продукції рослинництва.

Реалізація поставленої мети дає змогу отримати комплексне уявлення про механізми впливу різних систем обробітку на стан ґрунту та врожайність, а також сприятиме формуванню науково обґрунтованих підходів до підвищення ефективності аграрного виробництва. Отримані результати можуть бути використані як у наукових дослідженнях, так і в практиці господарств різних форм власності для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і раціонального використання ґрунтових ресурсів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Раціональне використання земельних ресурсів і вдосконалення системи обробітку ґрунту є визначальними чинниками ефективного функціонування аграрного сектору. В умовах зміни клімату, зростання вартості енергоресурсів та деградації орних земель особливої актуальності набуває вибір оптимальної технології обробітку ґрунту, яка забезпечує збереження родючості, підвищення урожайності сільськогосподарських культур та економічну стабільність господарства.

Технології ґрунтообробки – це сукупність агротехнічних операцій, спрямованих на підготовку ґрунту до сівби, створення сприятливих умов для росту й розвитку рослин, збереження вологи та контролю бур'янів. Основні системи ґрунтообробки, що використовуються в сучасному землеробстві наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика основних технологій обробітку ґрунту

Тип технології обробітку ґрунту	Характеристика	Переваги	Недоліки
Традиційна (оранка)	Глибоке перевертання пласта (25–30 см)	Знищення бур'янів, рівномірне розподілення добрив, підвищення аерації	Високі енерговитрати, ризик ерозії, зниження вмісту гумусу
Мінімальна (mini-till)	Поверхнєве розпушення без перевертання пласта (10–15 см)	Зменшення витрат пального, збереження структури ґрунту, менше руйнування капілярів	Підвищення кількості бур'янів, потреба у гербіцидах
Нульова (no-till)	Відсутність механічного обробітку; посів у необроблений ґрунт	Збереження вологи, запобігання ерозії, накопичення органічних решток	Повільне прогрівання ґрунту, складність контролю шкідників
Комбінована (strip-till, mulch-till)	Локальне розпушення або обробіток смуг	Зниження витрат, локальне покращення структури ґрунту, збереження мульчі	Висока вартість техніки, складність технологічного процесу

Джерело: сформовано автором на основі [7, 10].

Таким чином, вибір системи обробітку залежить від типу ґрунту, кліматичних умов, культури та матеріально-технічних ресурсів господарства.

Для оцінки впливу різних технологій обробітку ґрунту було проведено трирічне дослідження (2022–2024 рр.) у фермерському господарстві умовного типу на чорноземі середньогумусному. Вивчалися показники щільності ґрунту, вмісту вологи та гумусу на полі під вирощуванням озимої пшениці (табл. 2).

Таблиця 2. Показники фізико-хімічного стану ґрунту залежно від технології обробітку (середнє за 2022–2024 рр.)

Показник	Традиційна система	Мінімальна система	No-till система
Щільність ґрунту, г/см ³	1,38	1,32	1,28
Вміст вологи, %	17,4	19,2	21,0
Вміст гумусу, %	3,2	3,4	3,6
Енергозатрати, л пального/га	52	33	17

Джерело: сформовано автором на основі [9].

Аналіз даних показує, що зі зменшенням інтенсивності механічного обробітку зростає вологозабезпечення та зберігається структура ґрунту (рис. 1). Водночас традиційна система супроводжується найбільшими енергетичними витратами.

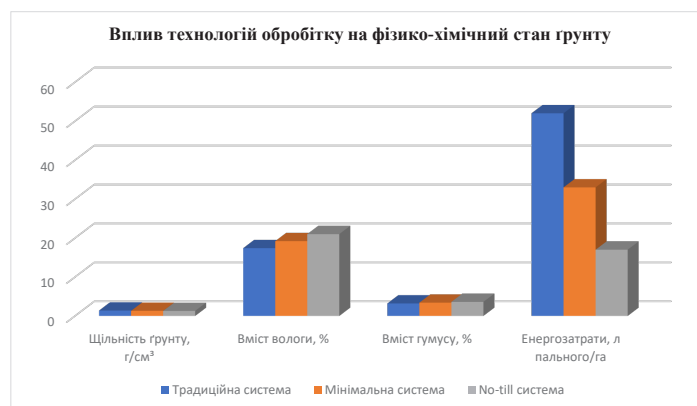


Рис. 1. Вплив технологій обробітку на фізико-хімічний стан ґрунту

Джерело: сформовано автором на основі [2; 9].

Дослідження продуктивності основних сільськогосподарських культур показали різний рівень реагування культур на технологію ґрунтообробки (табл. 3).

Таблиця 3. Урожайність основних сільськогосподарських культур залежно від технології обробітку ґрунту (середнє за 2022–2024 рр.)

Культура	Урожайність, ц/га (2022–2024 рр. середнє) залежно від технології обробітку ґрунту:			Зміна до традиційної системи, %
	традиційна	мінімальна	no-till	
Озима пшениця	52,4	54,7	56,1	+3,8 / +7,1
Кукурудза на зерно	82,1	84,3	85,8	+2,7 / +4,5
Соя	27,6	29,3	30,5	+6,2 / +10,5
Соняшник	28,4	29,6	30,1	+4,2 / +6,0
Ячмінь ярий	43,7	45,1	46,3	+3,2 / +5,9
Озимий ріпак	31,5	33,0	34,2	+4,8 / +8,6
Горox	24,1	25,3	26,0	+5,0 / +7,9

Джерело: сформовано автором на основі [2; 10].

Аналіз даних свідчить, що з переходом від традиційної до мінімальної та no-till технологій спостерігається стабільне зростання урожайності основних сільськогосподарських культур. Найбільший приріст урожайності відзначається при застосуванні системи no-till, де підвищення становить у середньому від 5 до 10% порівняно з традиційним обробітком. Це пояснюється поліпшенням структури ґрунту, збереженням вологи, зменшенням ущільнення орного шару та підвищенням біологічної активності ґрунту.

Отже, мінімальний та безполицевий (no-till) обробіток сприяють підвищенню ефективності виробництва і стабільності урожайності в умовах зміни клімату.

Для порівняльної оцінки економічної результативності технологій було розраховано умовні показники собівартості виробництва зернових культур (табл. 4).

Таблиця 4. Економічні показники ефективності різних систем ґрунтообробки (середнє за 2022–2024 рр.)

Показник	Традиційна система	Мінімальна система	No-till система
Витрати на обробіток ґрунту, грн/га	5200	3600	2100
Собівартість виробництва, грн/ц	78,0	69,4	64,8
Рівень рентабельності, %	18,5	24,7	27,9

Джерело: сформовано автором на основі [8; 9].

Впровадження технологій із меншим обсягом механічного впливу дозволяє зменшити витрати на обробіток у 1,5–2,5 рази та підвищити рентабельність виробництва (рис. 2).

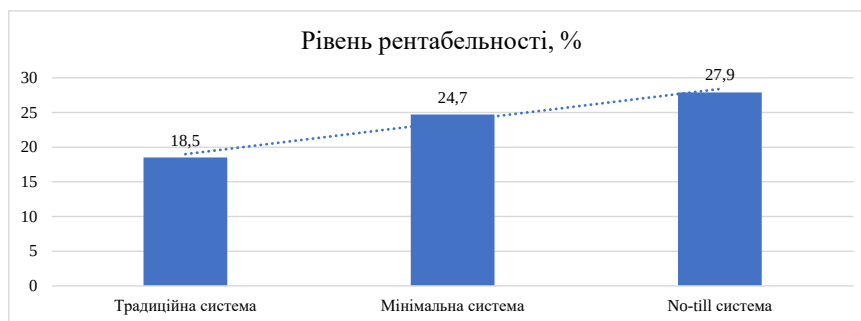


Рис. 2. Рівень рентабельності різних систем ґрунтообробки

Джерело: сформовано автором на основі [8; 9].

З наведеного графіка видно чітку позитивну тенденцію зростання рівня рентабельності залежно від удосконалення технології обробітку ґрунту.

Лінія тренду, що має висхідний характер, свідчить про поступове підвищення ефективності виробництва від традиційної до no-till системи. При переході на мінімальний обробіток рівень рентабельності зростає з 18,5% до 24,7%, а при no-till системі – до 27,9%, що є найвищим показником.

Це підтверджує, що зменшення інтенсивності механічного впливу на ґрунт, зниження витрат пального та трудових ресурсів, а також збереження родючості ґрунту забезпечують підвищення прибутковості господарства.

Отже, впровадження енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту є економічно доцільним напрямом розвитку агровиробництва [7; 8].

Вибір машинно-тракторних агрегатів для обробітку ґрунту визначається технологічною системою, яку застосовує господарство. Кожен вид обробітку передбачає використання специфічних машин, що забезпечують оптимальні умови для росту сільськогосподарських культур, збереження вологи та родючості ґрунту. У таблиці 5 наведено основні агрегати, які застосовуються в традиційній, мінімальній, безполицевій (no-till) та комбінованій системах обробітку, а також коротко охарактеризовано їхнє функціональне призначення.

Таблиця 5. Основні машини та агрегати, що застосовуються при різних системах обробітку ґрунту

Вид обробітку ґрунту	Основні машини та агрегати	Характеристика виконуваних операцій
Традиційна система	Плуг, дискова борона, культиватор, котки, сіялка	Повний обробіток із оборотом пласта; розпушення, вирівнювання поверхні, підготовка насіннєвого ложа
Мінімальна система (Mini-till)	Дискатор, глибокорозпушувач, комбінований агрегат, стерньова сіялка	Поверхнєве розпушення без обороту пласта, часткове збереження рослинних решток, зменшення кількості проходів техніки
Безполицева система (No-till)	Стерньова сіялка прямого висіву, обприскувач, подрібнювач рослинних решток	Відсутність механічного обробітку; сіялка безпосередньо у необроблений ґрунт; збереження мульчі на поверхні
Комбінована система	Плуг або глибокорозпушувач (через рік), дискатор, сіялка прямого висіву	Поєднання окремих елементів традиційного та мінімального обробітку для підтримання структури ґрунту та зменшення витрат

Джерело: сформовано автором на основі [4; 7].

Світовий досвід свідчить, що вибір технології обробітку ґрунту суттєво впливає не лише на рівень урожайності, а й на стан ґрунтового середовища. У різних країнах впровадження мінімального та безполіцевого (no-till) обробітку дало змогу підвищити продуктивність сільськогосподарських культур, зменшити витрати ресурсів і поліпшити фізико-хімічні властивості ґрунту. У таблиці 6 наведено узагальнені дані щодо зміни урожайності та властивостей ґрунту в різних країнах світу залежно від застосованої технології.

Таблиця 6. Зміна урожайності та властивостей ґрунту залежно від технології обробітку в різних країнах світу

Країна	Технологія обробітку ґрунту	Зміна урожайності, % (до традиційної)	Вплив на властивості ґрунту
США	No-till	+8–12	Поліпшення структури ґрунту, зростання вмісту органічної речовини, зменшення ерозії
Канада	No-till / Strip-till	+6–10	Підвищення вологостримуючої здатності, зменшення ущільнення, стабілізація pH
Бразилія	No-till	+10–15	Відновлення гумусного шару, зниження втрат вологи, зменшення деградації ґрунтів
Німеччина	Мінімальний обробіток	+4–7	Зменшення розпорошення, покращення біологічної активності, економія пального
Україна	Мінімальний / No-till	+5–10	Збереження вологості, підвищення родючості, скорочення витрат праці
Австралія	No-till	+7–9	Зниження ерозії, поліпшення структури орного шару, підвищення біологічної активності
Аргентина	No-till	+10–13	Стабілізація гумусного балансу, зменшення ущільнення, підвищення мікробіологічної активності

Джерело: сформовано автором на основі [3; 7].

З аналізу видно, що у більшості країн перехід на ресурсозберігаючі системи обробітку ґрунту (зокрема no-till) забезпечує зростання урожайності на 5–15% порівняно з традиційною системою. Позитивний вплив спостерігається і на екологічному рівні – ґрунт зберігає більше вологи, покращується його структура, зменшуються процеси ерозії та деградації. Це підтверджує ефективність сучасних технологій обробітку, спрямованих на сталий розвиток аграрного виробництва [2].

Переваги технологій мінімального обробітку:

- Покращення водопроникності та утримання вологи в ґрунті, особливо в шарах 10–30 см.
- Зниження ущільнення ґрунту, зменшення штифу (plow pan) при оптимальній глибині.
- Підвищення стабільності врожайності у стресових умовах (посух, нерівномірні опади).
- Зменшення використання пального, зниження ерозії та інших негативних екологічних наслідків традиційного обробітку.

Обмеження і ризики:

- Перехідний період: в перші 1–2 роки після впровадження no-till або змін у технології можуть бути зниження врожаю.
- Небезпека захворювань і шкідників через залишки рослинності, якщо не застосовувати відповідні заходи.
- Вологий клімат: у регіонах з високою вологістю і відсутністю добре спланованої системи чергування сільськогосподарських культур чи утримання поживних залишків, no-till може давати нижчу врожайність.
- Необхідність додаткових заходів: правильне удобрення, повернення залишків, системи зрошення чи водозбереження, адаптація під ґрунтові умови і попередники.

Отже, системний аналіз показує, що перехід до мінімального або нульового обробітку ґрунту є доцільним з погляду довгострокової продуктивності, економічної ефективності та екологічної збалансованості. Проте такі технології потребують адаптації машинно-тракторного парку, вдосконалення системи удобрення та контролю бур'янів.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило, що вибір технології обробітку ґрунту є одним із ключових чинників, що визначають рівень урожайності та ефективність аграрного виробництва. Оптимізація системи ґрунтообробки безпосередньо впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту, водно-повітряний режим, біологічну активність, енерговитрати та економічну результативність сільськогосподарських культур.

Результати досліджень свідчать, що традиційний обробіток (оранка) забезпечує високу аерацію та знищення бур'янів, однак супроводжується значними енергетичними витратами й ризиком деградації ґрунтового покриву. Натомість мінімальні та нульові (no-till) системи зберігають структуру ґрунту, зменшують ерозійні процеси, покращують накопичення органічної речовини й вологи, але вимагають адаптованих сортів сільськогосподарських культур, технологічних засобів та більш гнучкого управління поживними рештками.

Експериментальні та статистичні дані засвідчили, що при впровадженні мінімального або комбінованого обробітку можливе зростання урожайності зернових і технічних культур на 5–15% у середньостроковій перспективі за рахунок покращення водного режиму й родючості ґрунту. Водночас короткострокове зниження урожайності при переході до no-till пояснюється змінами у структурі ґрунтової мікрофлори та потребою у стабілізації екосистемних процесів [5; 6].

Аналіз витрат і прибутків підтвердив, що скорочення кількості механічних операцій, зменшення витрат пального та трудових ресурсів роблять консерваційні технології ґрунтообробки економічно вигідними у середньо- та довгостроковій перспективі. Крім того, впровадження таких систем сприяє формуванню сталого типу господарювання, що відповідає принципам «розумного землеробства» (smart farming) і європейської екологічної політики.

Технології збереження ґрунту сприяють підвищенню його біологічної активності, накопиченню гумусу, зменшенню викидів CO₂ у результаті обмеження механічного впливу, а також стабілізації балансу органічної речовини. Зменшення антропогенного навантаження є важливим елементом адаптації агросистем до змін клімату, що особливо актуально для південних і центральних регіонів України, де спостерігається зниження природної вологості.

Для підвищення ефективності ґрунтообробки доцільно впроваджувати диференційовані системи, що враховують тип ґрунту, культуру, погодні умови, наявність технічних ресурсів і стан агрофітоценозу. Важливо поєднувати механічний, хімічний та біологічний методи регулювання родючості з використанням цифрових технологій моніторингу (GPS, GIS, дрони, сенсори вологості тощо).

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на:

- Кількісну оцінку довготривалого впливу різних систем ґрунтообробки на вміст гумусу, агрофізичні показники та мікробіологічну активність у різних зонах України.
- Розроблення адаптивних моделей вибору технології обробітку ґрунту з урахуванням кліматичних ризиків, типу ґрунту та економічних можливостей господарства.
- Інтеграцію елементів точного землеробства (Precision Agriculture) для оптимізації ресурсів – пального, добрив, засобів захисту рослин – і підвищення екологічної стійкості агроландшафтів.
- Оцінку вуглецевого балансу різних технологій ґрунтообробки з метою визначення їхнього внеску в зменшення викидів парникових газів та формування «вуглецево-нейтрального» сільського господарства.
- Дослідження економічної ефективності комбінованих систем (strip-till, mini-till) для конкретних сільськогосподарських культур у різних регіонах, з урахуванням зміни кліматичних умов і коливань ринку.
- Удосконалення науково-практичних рекомендацій для агровиробників щодо вибору технологій ґрунтообробки на основі результатів польових експериментів, цифрового моніторингу та аналітичного моделювання.

Таким чином, сучасні технології обробітку ґрунту є не лише інструментом підвищення урожайності, а й стратегічним напрямом розвитку сталого аграрного виробництва. Їхнє впровадження потребує системного підходу, міждисциплінарних досліджень і державної підтримки інновацій у сфері землеробства.

Список використаних джерел

1. Алієв Е., Теслюк Г., Золотовська О., Пугач А., Бойко В., Кобець О. Підвищення ефективності робочого процесу ґрунтообробного модуля для передпосівного обробітку. Східно-Європейський Журнал Корпоративних Технологій. 2023. Т. 4. № 1(124). С. 60–71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284597>.
2. Возегова Р. А., Белов Я. В. Водоспоживання гібридів кукурудзи залежно від елементів технології в зрошуваних умовах Південного Степу України. Таврійський науковий вісник. 2019. № 108. С. 12–18. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.2>.
3. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур Н. В. Вплив мінімізації обробітку ґрунту на вологозабезпечення та продуктивність ярого ячменю в зоні лівобережного лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 1. С. 128–134. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15>.
4. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур Н. В. Вплив різних систем обробітку ґрунту на режим живлення ґрунту під озимою пшеницею та ярим ячменем у Лівобережному Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 1. С. 38–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>.
5. Поспелов С. В., Левченко Л. М., Чайка Т. О., Перепелиця А. А., Шандиба В. О., Попова К. М. Урожайність сільськогосподарських культур у короткоротаційних сівознах залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення в умовах лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 4. С. 69–79. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.08>.
6. Цилюрик О. І., Ткалич Ю. І., Колесникова К. В., Рудаков Ю. М., Ткалич Ю. Ю. Сучасні тенденції та напрями розвитку систем обробітку ґрунту у світі та в Україні. Agrology. 2025. Т. 8. № 1. С. 48–54. <https://doi.org/10.32819/202507>.
7. Чайка Т., Логвиненко В., Пшенишний А. Вплив систем обробітку ґрунту на урожайність сої. Науковий прогрес та інновації. 2023. Т. 26. № 4. С. 54–59. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.10>.
8. Hunag Q. The effects of tillage systems and cover crops on soil and crop yield. Agriculture. 2024. Vol. 14(12). P. 2119. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122119>.
9. Modiba M. M., Ocansey C. M., Ibrahim H. T. M., Birkás M., Dekemati I., Simon B. Assessing the impact of tillage methods on soil moisture content and crop yield in Hungary. Agronomy. 2024. Vol. 14(8). P. 1606. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081606>.
10. Vignati M., Cheli F., Biraghi F., Pezzola M. E., Maroni C. Energy consumption evaluation of soil tillage operation using non-linear multibody tractor and plough models implemented in real-time simulator for different soils and speeds. Journal of Agricultural Engineering. 2025. Vol. 4. <https://doi.org/10.4081/jae.2025.1722>.

Tesliuk H. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Tractors and Agricultural Machinery,
Dnipro State University of Agrarian and Economics
Dnipro, Ukraine
E-mail: tesliuk_h@ukr.net
ORCID: 0000-0003-4541-5720*

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF VARIOUS SOIL TILLAGE TECHNOLOGIES FOR ENSURING AGRICULTURAL CROP YIELDS

Abstract

Modern agriculture operates under conditions that require combining high productivity with the rational use of natural resources. One of the key factors determining crop yield and the stability of agricultural production is the method of soil cultivation. The choice of a cultivation system-traditional, minimum, or no-till-directly affects soil structure, moisture retention, aeration, and biological activity. Therefore, assessing the effectiveness of different soil cultivation technologies in ensuring agricultural crop yield is especially relevant.

The aim of this study is to investigate the impact of different soil cultivation systems on the yield of major agricultural crops and to determine the most rational approach to farming under modern conditions. To achieve this aim, the following tasks were set: to analyze the agrotechnical features of different soil cultivation technologies; to determine their impact on the physicochemical properties of soil; to study the dependence of crop yield on the level of cultivation; and to assess the economic efficiency and environmental consequences of each approach.

The study employs methods of comparative analysis, generalization, and a systematic approach. Three main technologies are considered: traditional (plow-based), minimum, and no-till. For each system, its advantages, disadvantages, and effects on agroecosystem health are presented.

The traditional technology involves intensive mechanical soil loosening with plow inversion, which helps control weeds and accelerates soil warming in spring. However, excessive mechanical intervention leads to soil structure degradation, reduced humus content, accelerated erosion processes, and high energy costs.

Minimum tillage involves reducing the number of soil operations and the depth of loosening. This helps preserve soil structure, save fuel and labor. Provided that technological requirements are met, crop yields remain stable, and in arid regions even increase due to better moisture retention.

The no-till system involves complete refusal of mechanical soil loosening. Seeds are sown directly into crop residues, maximizing moisture retention, reducing erosion, promoting organic matter accumulation, and enhancing soil biological activity. At the same time, no-till requires careful crop rotation planning, specialized machinery, and effective weed control, which involves certain financial costs at the initial implementation stage.

Analysis results show that long-term application of minimum and no-till systems tends to improve soil physical properties, increase humus content, and boost microbiological activity. Crop agricultural yields in these systems, although initially slightly lower, stabilize over time and may even exceed traditional farming yields due to improved ecological balance of the soil environment.

Thus, the optimal strategy is a combination of elements from different systems, considering specific production conditions. Rational use of soil cultivation technologies contributes to increased crop yields, resource savings, soil fertility preservation, and sustainable development of the agricultural sector.

Key words: tillage efficiency, mini-till, no-till, analysis of technology efficiency, mechanization, automation.

References

1. Aliiev, E., Tesliuk, H., Zolotovska, O., Puhach, A., Boiko, V., & Kobets, O. (2023). Pidvyshchennia efektyvnosti robochoho protsesu gruntorobnoho modulia dlia peredposivnoho obrobittu. *Skhidno-Yevropeyskyi Zhurnal Korporatyvnykh Tekhnolohii – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(1(124)), 60–71. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284597> [in Ukrainian].
2. Vozhehova, R. A., & Bielov, Ya. V. (2019). Vodospozhyvannia hibrydiv kukurudzy zalezno vid elementiv tekhnolohii v zroshuvannykh umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 108, 12–18. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.2> [in Ukrainian].
3. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, N. V. (2021). Vplyv minimizatsii obrobittu igruntu na volohozabezpechennia ta produktyvnist yarocho yachmeniu v zoni Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltav's'koi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 128–134. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15> [in Ukrainian].
4. Hanhur, V. V., Len, O. I., & Hanhur, N. V. (2022). Vplyv riznykh system obrobittu hruntu na rezhyh zhyvlennia hruntu pid ozymoiu pshenyueiu ta yarym yachmenem u Livoberezhnomu Lisostepi Ukrainy. *Visnyk Poltav's'koi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 38–44. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04> [in Ukrainian].
5. Pospelov, S. V., Levchenko, L. M., Chaika, T. O., Perepelytsia, A. A., Shandyba, V. O., & Popova, K. M. (2020). Urozhainist silskohospodarskykh kultur u korotkorotatsiinykh sivozminakh zalezno vid system obrobittu igruntu ta udobrennia v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltav's'koi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 69–79. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.08> [in Ukrainian].
6. Tsyliuryk, O. I., Tkalych, Y. I., Kolesnykova, K. V., Rudakov, Y. M., & Tkalych, Y. Y. (2025). Suchasni tendentsii ta napriamy rozvytku system obrobittu hruntu u sviti ta v Ukraini. *Agrology*, 8(1), 48–54. <https://doi.org/10.32819/202507> [in Ukrainian].
7. Chaika, T., Lohvynenko, V., & Pshenyshnyi, A. (2023). Vplyv system obrobittu hruntu na urozhainist' soi. *Naukovyi progres ta innovatsii – Scientific Progress & Innovations*, 26(4), 54–59. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.10> [in Ukrainian].

8. Hunag, Q. (2024). The effects of tillage systems and cover crops on soil and crop yield. *Agriculture*, 14(12), 2119. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122119> [in English].
9. Modiba, M. M., Ocansey, C. M., Ibrahim, H. T. M., Birkás, M., Dekemati, I., & Simon, B. (2024). Assessing the impact of tillage methods on soil moisture content and crop yield in Hungary. *Agronomy*, 14(8), 1606. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081606> [in English].
10. Vignati, M., Cheli, F., Biraghi, F., Pezzola, M. E., & Maroni, C. (2025). Energy consumption evaluation of soil tillage operation using non-linear multibody tractor and plough models implemented in real-time simulator for different soils and speeds. *Journal of Agricultural Engineering*, 56(4). <https://doi.org/10.4081/jae.2025.1722> [in English].

Отримано: 03.10.2025

Рекомендовано: 17.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 004.942

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.37>

Шелудченко Л. С.

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри транспортних технологій та засобів АПК,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: seludcenkolesa@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0409-4641

Комарніцький С. П.

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій та засобів АПК,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: sergiypetrov2207@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7654-3373

Павлів О. В.

кандидат ветеринарних наук, доцент,
завідувач кафедри екології Відокремленого підрозділу
Національного університету біоресурсів і природокористування України
Бережанський агротехнічний інститут
Бережани, Україна
E-mail: olegpavliv826@gmail.com
ORCID: 0009-0006-2970-1670

Мельник В. А.

асистент кафедри транспортних технологій та засобів АПК,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: ttzapk@pdatu.edu.ua

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

Анотація

У статті розглядаються теоретико-методологічні аспекти застосування методу моделювання як одного із ключових інструментів дослідження, проєктування та оптимізації технологічних процесів і систем у сучасній інженерії. Зокрема, авторами визначено, що теоретичним обґрунтуванням та методологічним аналізом застосування методу моделювання технологічних процесів і систем забезпечується формування науково обґрунтованої методології досліджень, підвищується ефективність наукових експериментів, а результати модельного дослідження формують потужну основу для подальшого розроблення та впровадження ефективних моделей в інженерну практику. Проаналізовано ґносеологічні функції моделей та визначено специфіку їх застосування. Розглянуто методологію моделювання як ітераційний процес, який включає основні етапи процесу: від постановки задачі, формулювання гіпотези, розроблення концептуальної моделі, формалізації, **розроблення алгоритму та програмної реалізації, проведення експериментів, аналізу та інтерпретації результатів**. Акцентовано, що кожен етап потребує перевірки відповідності моделі реальному об'єкту, що забезпечується аналізом її адекватності і є визначальним фактором для отримання достовірних результатів. Обґрунтовано, що використання моделювання відкриває нові можливості для проведення модельних експериментів для оптимізації параметрів технічних систем, аналізу їх поведінки за різних умов та перевірки гіпотез. Це сприяє підвищенню достовірності отриманих результатів, інтеграції теоретичних знань у практичний досвід, а також розвитку інноваційних технологій і міждисциплінарних підходів у сучасній інженерії.

Ключові слова: наукові дослідження, моделювання, технологічні процеси і системи, міждисциплінарність, модель, адекватність моделі.

Вступ. Дослідження в галузі технічних наук спрямовуються на вирішення конкретних прикладних завдань: створення нових технологій, удосконалення технологічних процесів або оптимізацію наявних систем. Головною особливістю таких досліджень є орієнтація на ефективний кінцевий результат, який має чітко визначену практичну мету. Технічні дослідження оперують кількісними та якісними показниками, результати вимірювання яких повинні бути відтворюваними та об'єктивними. З цією метою використовуються різні методи наукових досліджень: математичний апарат (для опису процесів і систем, які досліджуються), стандартизовані методики (згідно з якими проводяться дослідження) та метрологічні показники (для забезпечення єдності та точності вимірювань). Варто відзначити, що будь-який технічний об'єкт у процесі досліджень розглядається як складна система, яка складається із взаємопов'язаних елементів (об'єктів системи) та зв'язків між ними (інформаційних, матеріальних, енергетичних тощо). Тому, здійснюючи дослідження, необхідно враховувати не лише властивості окремих елементів, а і особливість їхньої взаємодії між собою, зовнішнім середовищем, яке здійснює вплив не лише на досліджуваний об'єкт, а і на систему загалом [4]. Саме тому застосування моделювання є важливим методом, за допомогою якого можна здійснити перевірку гіпотез, провести розрахунки, прийняти попередні рішення та оцінити їх ефективність (технологічну, економічну, екологічну тощо).

Мета дослідження – теоретичне обґрунтування та методологічний аналіз застосування методу моделювання як ефективного інструменту наукових досліджень для проектування та оптимізації інженерних рішень.

Виклад основного матеріалу. Моделювання є універсальним методом наукового пізнання, який забезпечує можливість експериментального, аналітичного та прогностичного вивчення складних об'єктів, процесів і систем [10].

Гносеологічні функції моделей: пізнавальна (виявляє нові закономірності і властивості досліджуваних об'єктів), інтерпретаційна (забезпечує пояснення та осмислення досліджуваних фактів), аналітична (визначає структуру системи та взаємозв'язки між її елементами), прогностична (визначає поведінку систем у майбутньому), експериментальна (створює умови для проведення досліджень), систематизуюча (інтегрує знання у єдину концептуальну схему) є універсальним інструментом пізнання, який забезпечує зв'язок між теорією та практикою, сприяючи розвитку наукових знань і технологій.

У технічній сфері моделювання являє собою метод створення та дослідження моделей технічних об'єктів, систем або процесів, які відображають суттєві характеристики, структуру та принципи функціонування оригіналу [3].

Метою такого підходу є отримання нових знань про поведінку досліджуваних процесів і систем, виявлення закономірностей їх роботи, а також оптимізація параметрів для підвищення ефективності їх функціонування.

Застосування моделювання дозволяє здійснювати аналіз і прогнозувати процеси без необхідності втручання у реальний об'єкт, що значно знижує витрати ресурсів і зменшує ризики експериментів. За допомогою моделей досліджуються впливи зовнішніх факторів, тестуються різні варіанти конструктивних або технологічних рішень, а також здійснюється оцінка стійкості системи до змін параметрів зовнішнього середовища [5].

Варто зазначити, що дослідження технологічних процесів і систем методом моделювання характеризується ітеративністю процесу. Для досягнення проектних технічних характеристик циклічність алгоритму створює умови для реалізації коригуючих змін (за потреби) в основні етапи дослідження: формулювання гіпотези; проектування та моделювання; проведення експерименту; аналіз результатів досліджень тощо [6]. Таким чином, застосування методу моделювання дає можливість отримати нові знання про об'єкт дослідження, виявити закономірності його поведінки під дією зовнішніх факторів та здійснювати оптимізацію параметрів згідно з факторами зовнішнього середовища (табл. 1).

Таблиця 1. Ключові завдання, які вирішуються методом моделювання

Завдання, які вирішуються	Характеристика
Аналіз	Розуміння функціонування наявної системи
Проектування	Створення нових технічних систем із заданими характеристиками
Оптимізація	Покращення параметрів наявної системи
Прогнозування	Передбачення поведінки системи в майбутньому або за змінних умов.

Таким чином, алгоритм реалізації моделювання досліджуваного технологічного процесу або системи характеризується циклічністю послідовних дій, кожен етап якого спрямований на формування, уточнення та перевірку моделі (табл. 2).

Застосування методу моделювання надає низку суттєвих переваг: зменшення витрати часу та ресурсів на розробку технічних систем; можливість здійснення більш детального аналізу внутрішніх характеристик системи, які важко або неможливо виміряти експериментальним шляхом; зменшення ризиків для навколишнього середовища під час дослідження складних або небезпечних систем; оперування різними рівнями масштабності, що забезпечує універсальність застосування у різних галузях; оптимізація параметрів з метою вибору найбільш оптимального рішення за попередньо визначеними критеріями ефективності, надійності, екологічності тощо [1; 5; 6].

Проте варто звернути увагу, що отримані результати мають наукову та практичну цінність лише за тих умов, коли побудована модель адекватно відображає властивості та поведінку досліджуваного об'єкта. Недостатня відповідність моделі призводить до можливості виникнення похибок у прогнозах і втрати практичної цінності результатів [8; 9].

Таблиця 2. Етапи реалізації моделювання

1 етап – Постановка завдання	
Визначається мета дослідження, формуються основні завдання, які має визначити модель, встановлюються межі системи та умови її функціонування.	
2 етап – Формулювання гіпотези	
Визначається попереднє теоретичне припущення щодо характеру взаємозв'язків між параметрами системи, яке підлягає подальшій перевірці методом моделювання	
3 етап – Розроблення концептуальної моделі	
Технологічний процес або система (об'єкт моделювання) «спрощується» шляхом прийняття необхідних припущень та ідеалізацій. Визначається перелік факторів, які є суттєвими для дослідження, та ті, які можуть бути знехтувані задля зручності та ефективності подальших розрахунків.	
4 етап – Формалізація (створення математичної моделі)	
Концептуальна модель описується у формалізованій, математичній формі, яка відображає взаємозв'язки між елементами системи.	
5 етап – Розроблення алгоритму та програмна реалізація	
На основі математичної моделі створюється алгоритм розв'язання задачі, який реалізується у вигляді комп'ютерної програми або за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення	
6 етап – Верифікація та валідація моделі	
Верифікація передбачає перевірку коректності реалізації моделі, зокрема правильності алгоритмів, обчислень і відсутності програмних помилок.	Валідація спрямована на оцінювання адекватності моделі реальному об'єкту шляхом порівняння результатів моделювання з експериментальними, або теоретично відомими даними. Цей етап є ключовим для підтвердження достовірності та практичної цінності моделі.
7 етап – Проведення комп'ютерних експериментів	
На цьому етапі модель використовується як інструмент для дослідження: змінюються вхідні параметри, а результати аналізуються для виявлення закономірностей поведінки об'єкта.	
8 етап – Аналіз та інтерпретація результатів	
Отримані результати підлягають системному аналізу та візуалізації (у вигляді графіків, таблиць, поверхонь відгуків тощо), на основі яких формуються науково обґрунтовані висновки, рекомендації та пропозиції щодо вдосконалення технічних рішень.	

Саме адекватність моделі визначає ступінь її відповідності технологічному процесу, системі чи об'єкту і є ключовим критерієм для забезпечення достовірності результатів моделювання. Через оцінку адекватності моделі проводиться верифікація (перевірка правильності реалізації) та валідація (порівняння з експериментальними чи теоретично відомими даними), які дозволяють гарантувати, що моделювання забезпечує надійну основу для наукового аналізу, оптимізації технологічних процесів і прийняття подальших інженерних рішень [2].

Висновки. Результати модельних досліджень становлять важливу методологічну та теоретичну основу для розроблення нових технічних рішень, удосконалення технологічних процесів і систем, підвищення їх ефективності і водночас зниження витрат на експериментальні випробування. Моделювання дає змогу здійснювати прогнозування поведінки досліджуваної системи за різних умов експлуатації, оптимізувати параметри виробничих процесів і систем, розробляти інноваційні технології. Таким чином, метод моделювання є важливим інструментом інженерного проектування та управління, що визначає їхню практичну цінність для розвитку сучасної інженерної практики.

Перспективи для подальших наукових досліджень, які відкриває метод моделювання, полягають у: можливості проведення віртуальних експериментів і прогнозування поведінки систем у динамічних умовах; створення оптимізаційних моделей для вибору найефективніших технічних рішень; розробленні нових концепцій і методів моделювання, що враховують сучасні виклики цифровізації та автоматизації [7]; формуванні міждисциплінарних підходів до аналізу інженерних, економічних і екологічних аспектів технічних систем; удосконалення освітнього процесу, зокрема шляхом впровадження моделювання у наукові дослідження здобувачів вищої освіти і молодих науковців.

Список використаних джерел

1. Артемчук В.О., Каменева І.П., Попов О.О., Яцишин А.В., Кириленко Ю.О. Засоби аналізу даних в задачах підтримки управлінських рішень в галузі екологічної безпеки. *Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації* : матеріали IV науково-практичної конференції Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України (Київ, 24 листопада 2022 р.). Київ : ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2022. С. 22–29.
2. Лисий О.О., Шелудченко Л.С., Павельчук Ю.Ф., Замойський С.М. Екологічна безпека в сільськогосподарському виробництві як складова сталого розвитку. *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодержавний збірник ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 9 (108). С. 187–195.
3. Піндус О.В., Чеховський С.А., Піндус Н.М., Витвицька Л.А. Моделювання технологічних процесів. *Перспективні технології та прилади*. Луцьк, 2022. № 21. С. 90–94. <https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2022-21-13>.
4. Пташний О.Д., Першина Ю.І. Моделювання управління технологічним процесом. *Машинобудування* : збірник наукових праць. Харків, 2023. № 31. С. 4–11. <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-31-4-1>.
5. Шелудченко Л.С., Шелудченко Б.А., Чинчик О.С., Овчарук О.В. Моделювання і прогнозування динаміки природно-техногенних геоєкосистем : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : В-во ТОВ «Каліграф», 2017. 216 с.
6. Шелудченко Л.С. Теоретичні основи та методи забезпечення екологічної безпеки природно-техногенних геоєкосистем з автотранспортними мережами. Київ : «Три К», 2022. 225 с.
7. Шелудченко Л.С. Теоретичне обґрунтування застосування кіберфізичної системи на транспорті для забезпечення екологічно безпечного функціонування автодорожньої інфраструктури. *Екологічні науки* : науково-практичний жур-

нал. 2022. № 41 (2). Київ : Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління. С. 216–221. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.есо.2-41.8>.

8. Яцишин А.В., Попов О.О., Артемчук В.О., Ковач В.О., Зінов'єва І.С. Автоматизовані інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки. *Information Technologies and Learning Tools*. 2019. Vol. 72, № 4. С. 286–305.

9. Debela I. Conceptual model of the management optimization problem. *Таврійський науковий вісник. Серія : Економіка*. 2023 (16). С. 114–118. DOI: 10.32782/2708-0366/2023.16.15 .

10. Modeling, Simulation and Optimization for Science and Technology / ed. by W. Fitzgibbon, Y.A. Kuznetsov, P. Neittaanmäki, O. Pironneau. Dordrecht : Springer, 2014. P. 248.

Sheludchenko L. S.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Transport Technologies and Means of the Agro-Industrial Complex,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: seludcenkolesa@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0409-4641*

Komarnitskyi S. P.

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Transport Technologies and Means of the Agro-Industrial Complex,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: sergiypetrov2207@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7654-3373*

Pavliv O. V.

*Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Head of 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*

Melnyk V. A.

*Assistant at the Department of Transport Technologies and Means of the Agro-Industrial Complex,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: ttzapk@pdatu.edu.ua*

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF MODELING TECHNOLOGICAL PROCESSES AND SYSTEMS

Abstract

The article examines the theoretical and methodological aspects of applying the modeling method as one of the key tools for research, design, and optimization of technological processes and systems in modern engineering. In particular, the authors emphasize that the theoretical justification and methodological analysis of using modeling methods for technological processes and systems ensure the formation of a scientifically grounded research methodology, enhance the efficiency of scientific experiments, and create a solid foundation for the further development and implementation of effective models in engineering practice. The epistemological functions of models are analyzed, and the specifics of their applicability are determined. The modeling methodology is considered as an iterative process that includes the main stages of the modeling procedure from problem formulation, hypothesis development, conceptual model construction, formalization, algorithm design, and software implementation to experimentation, analysis, and interpretation of results. It is emphasized that each stage requires verification of the model's correspondence to the real object, which is ensured by analyzing its adequacy and serves as a determining factor for obtaining reliable results. It is substantiated that the use of modeling opens up new opportunities for conducting virtual experiments aimed at optimizing the parameters of technical systems, analyzing their behavior under different conditions, and testing hypotheses. This contributes to improving the reliability of the obtained results, integrating theoretical knowledge into practical experience, and fostering the development of innovative technologies and interdisciplinary approaches in modern engineering.

Key words: scientific research, modeling, technological processes and systems, system approach, models.

References

1. Artemchuk, V.O., Kameneva, I.P., Popov, O.O., Yatsyshyn, A.V., Kyrylenko, Yu.O. (2022). Zasoby analizu danykh v zadachakh pidtrymky upravlinskykh rishen v haluzi ekolohichnoi bezpeky [Data analysis tools in management decision support tasks in the field of environmental safety]. *Energy security in the digital transformation era: materials of IV scientific practical conference of the G.E. Pukhov Institute for Modeling in Energy Engineering National Academy of Sciences of Ukraine* (Kyiv, November 24, 2022). Kyiv: PIMEE NAS of Ukraine [in Ukrainian].
2. Lysyi, O.O., Sheludchenko, L.S., Pavelchuk, Yu.F., Zamoiskyi, S.M. (2019). Ekolohichna bezpeka v silskohospodarskomu vyrobnytstvi yak skladova staloho rozvytku [Environmental safety in agricultural production as a prerequisite for sustainable development]. *Mechanization and electrification of agriculture: national collection of the National Scientific Center "IMESG."* Glevakha. Issue No. 9 (108). Pp. 187–195 [in Ukrainian].
3. Pindus, O.V., Chekhovsky, S.A., Pindus, N.M., Vitvitskaya, L.A. (2022). Modeliuvannia tekhnolohichnykh protsesiv [Modeling of technological processes]. *Promising technologies and devices*. Lutsk. № 21. Pp. 90–94. <https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2022-21-13> [in Ukrainian].
4. Ptashnyy, O.D., Pershyna, Yu.I. (2023). Modelyuvannia upravlinnya tekhnolohichnym protsesom [Modeling of technological process management]. *A collection of scientific papers. Engineering*. Kharkiv, № 31. P. 4–11. <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-31-4-1> [in Ukrainian].
5. Sheludchenko, L.S., Sheludchenko, B.A., Bakhmat, O.M., Chynchyk, O.S., Ovcharuk, O.V. (2017). Modelyuvannia i prohnozuvannia dynamiky pryodno-tekhnohennykh heoekosystem [Modeling and forecasting of dynamics of one-man-made geocosystems]: textbook. Kamianets-Podilskyi: publishing house «Kalihraf» [in Ukrainian].
6. Sheludchenko, L.S. (2022). Teoretychni osnovy ta metody zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky pryrodno-tekhnohennykh heoekosystem z avtotransportnyimi merezhamy [Theoretical foundations and methods for ensuring the environmental safety of natural and technogenic geocosystems with motor transport networks: monograph]. Kyiv: publishing house «Three K». P. 225 [in Ukrainian].
7. Sheludchenko, L.S. (2022). Teoretychne obgruntuvannia zastosuvannia kiberfizychnoi systemy na transporti dlia zabezpechennia ekolohichno bezpechnoho funktsionuvannia avtodorozhnoi infrastruktury [Theoretical justification for the use of cyber-physical systems in transport to ensure the environmentally safe operation of road infrastructure]. *Ecological Sciences: Scientific and Practical Journal*, № 41 (2). Kyiv: State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management. P. 216–221. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.8> [in Ukrainian].
8. Yatsyshyn, A.V., Popov, O.O., Artemchuk, V.O., Kovach, V.O. ta Zinovieva, I.S. (2019). Avtomatyzovani informatsiini systemy pidtrymky pryiniattia upravlinskykh rishen u haluzi ekolohichnoi bezpeky [Automated information systems for supporting management decisions in the field of environmental safety]. *Information Technologies and Learning Tools*. Vol 72, № 4. Pp. 286–305 [in Ukrainian].
9. Debela I. (2023). Conceptual model of the management optimization problem. *Tavriya Scientific Bulletin. Series: Economics*. (16). Pp. 114–118. <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.16.15> [in English].
10. Modeling, Simulation and Optimization for Science and Technology. (2014). / Ed.: W. Fitzgibbon, Y.A. Kuznetsov, P. Neittaanmäki, O. Pironneau. Springer. Dordrecht. P. 248. [in English].

Отримано: 02.10.2025

Рекомендовано: 10.11.2025

Опубліковано: 16.12.2025



ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

УДК 636.083.31:636.2.09:615.35:616.8

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.38>**Данчук В. В.**

*доктор сільськогосподарських наук, професор,
головний науковий співробітник,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
с-ще Хлібодарське, Україна;
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*

Чесак М. Г.

*завідувач аспірантури,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
с-ще Хлібодарське, Україна
E-mail: olexdan@ukr.net
ORCID: 0009-0001-8225-9598*

Данчук О. В.

*доктор ветеринарних наук, професор,
заступник директора з наукової роботи,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
с-ще Хлібодарське, Україна
E-mail: olexdan@ukr.net
ORCID: 0000-0002-9226-1499*

Мідик С. В.

*кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри гігієни тварин і харчових продуктів ім. А. К. Скороходька,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна
E-mail: svit.mid@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2682-2884*

Сенін С. А.

*кандидат ветеринарних 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*

МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА СКЛАД МОЛОКА КОРІВ ІЗ РІЗНИМ ТОНУСОМ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ ЗА ХРОНІЧНОГО ТЕПЛОВОГО СТРЕСУ

Анотація

Для визначення особливостей впливу хронічного теплового стресу на молочну продуктивність корів української чорно-рябої породи з різним тонусом автономної нервової системи було проведено дослід в умовах с. Калиня Кам'янець-Подільського району Хмельницької обл. На фермі утримують велику рогату худобу, утримання безприв'язне на глибокій підстилці. Доступ до кормів та води – вільний. Середня продуктивність по фермі – 7–8 тис л молока за лактацію. В умовах господарства було відібрано три групи корів відповідно до тонусу автономної нервової системи (нормотоніки, симпатотоніки та ваготоніки), по 10 тварин у групі з продуктивністю 20–25 л молока за добу. Тонус автономної нервової системи визначали за методом Баєвського. Хронічний тепловий стрес лактуючих корів досліджували в липні після тривалого теплового навантаження на тварин (20 діб), визначення температурно-вологісного індексу (ТНІ) проводили щоденно. Матеріалом для досліджень слугували зразки молока, отримані від тварин дослідних груп. Фізико-хімічні показники молока-сировини визначали на приладі EKOMILK M MILK ANALYZER MILKANA KAM98-2A. Для визначення жирнокислотного складу з молока виділяли жир, використовуючи метод Фолча. Аналіз метилових ефірів ЖК проводили на газовому хроматографі Trace GC Ultra (США) з полум'яно-іонізаційним детектором згідно з DCTV ISO 5509-2002. Умови хроматографування: температура колонки – 140–240°C, температура детектора – 260°C.

Молочна продуктивність корів та їхня адаптаційна здатність до надмірного теплового навантаження залежать від тонусу автономної нервової системи. Лактуючі корови з групи нормотоніків володіють найвищим рівнем молочної продуктивності, найнижчий – у ваготоніків, причому тварини даної дослідної групи були найчутливішими до хронічного теплового стресу. Симпатотоніки найлегше переносили тепловий стрес. Інтенсивність секреції молочною залозою загальних ліпідів та окремих жирних кислот у корів із хронічним тепловим стресом залежить від тонусу нервової системи, зокрема нормотоніки характеризуються максимальним відносним вмістом ненасичених жирних кислот: C4:0, C18:2n6c та найнижчим – C11:0; ваготоніки мають максимальний відносний вміст ненасичених жирних кислот та моновенасичених жирних кислот: C18:3n3, найнижчий вміст у молоці C4:0, C8:0, C18:2n6c, C4:0–C10:0; симпатотоніки характеризувалися найвищим вмістом C8:0, C11:0, C14:0, C6:0–C11:0 та найнижчими показниками C18:3n3.

Ключові слова: молоко-сировина, хронічний тепловий стрес, жирні кислоти.

Вступ. Тварини адаптуються до навколишнього середовища через рухову активність задля уникнення загроз здоров'ю, знаходження ресурсів, забезпечення свого добробуту тощо. Індивідуальні відмінності у сприйнятті навколишнього середовища та поведінкових реакціях призводять до появи низки типів поведінки в межах популяції [3]. Те, що тонус нервової системи великої рогатої худоби може впливати на їхню лактацію, відомо відносно давно [7]. Вегетативна нервова система (ВНС) контролює синоатріальний вузол (СА) серця, який є його кардіостимулюючою одиницею [7; 13]. Парасимпатична активність (часто звана вагусним тонусом) домінує під час спокою, а симпатична активність – під час активності. Таким чином, тонус нервової системи може бути використано як індикатор симпатовагального балансу ВНС [5; 10].

Дуже багато у цьому напрямі зроблено фізіологічною школою професора Національного університету біоресурсів і природокористування України Валентина Івановича Карповського [1; 6]. Було з'ясовано особливості нервової регуляції продуктивності різних видів сільськогосподарських тварин. Однак глобальна зміна клімату вносить свої корективи. З'являються аномальні літні температури, тваринницькі приміщення здебільшого непристосовані й проходять часткову модернізацію. Розбудова нових тваринницьких комплексів поки що є неможливою.

Тепловий стрес у молочних корів – це серйозна проблема, яка може негативно вплинути на виробництво молока, здоров'я та репродукцію. Корови намагаються адаптуватися до спеки, змінюючи свою поведінку, щоб підтримувати стабільну температуру тіла. Коли корови перебувають у складних термічних умовах, край важливо виявити ознаки теплового стресу. Індикаторами теплового стресу у корів є почастищення серцебиття, прискорене дихання та підвищена температура тіла [11].

Тепловий стрес у тварин характеризується підвищеною температурою навколишнього середовища вище зони теплового комфорту. Коли тварина знаходиться в термонеутральній зоні, теплопродукція залишається стабільною без витрат енергії на активацію терморегуляторних механізмів, що дає тварині змогу проявляти свій максимальний продуктивний потенціал [12].

Коли температура навколишнього середовища перевищує критичний поріг, спостерігається збільшення теплопродукції тварини, оскільки вона активує терморегуляторні механізми для розсіювання тепла в навколишнє середовище та підтримки гомеотермії та стабільної температури тіла [11].

Зміна клімату та підвищення глобальної температури (приблизно на 1,2°C) зменшили час, протягом якого велика рогата худоба залишається в зонах теплового комфорту. Температура навколишнього середовища для європейських лактуючих корів, щоб залишатися термонеутральною, коливається від -0,5°C до 20°C, тоді як відносна вологість коливається від 40% до 60% [4; 9].

Молочні породи зазвичай чутливіші до теплового стресу, ніж м'ясні породи, а тварини з вищою продуктивністю більш схильні до теплового стресу, оскільки вони виробляють більше метаболічного тепла. Під час теплового стресу жуйні тварини, як і інші гомеотермічні тварини, збільшують шляхи втрати тепла та зменшують теплопродукцію, намагаючись підтримувати ейтермію. Причому лактуючі корови більш схильні до теплового стресу порівняно із сухостійними коровами. Це пояснюється виробництвом молока та підвищеною метаболічною активністю [2; 14].

Мета роботи. Установити фізіологічні особливості нервової регуляції адаптації та молокоутворення лактуючих корів залежно від тонуру автономної нервової системи за умов зміни клімату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення особливостей впливу хронічного теплового стресу на молочну продуктивність корів із різним тонуру автономної нервової системи за умов Лісостепу України було проведено дослід в умовах с. Калиня Кам'янець-Подільського району Хмельницької обл. На фермі утримують велику рогату худобу української чорно-рябої породи, утримання безприв'язне на глибокій підстилці. Доступ до кормів та води – вільний. Середня продуктивність по фермі – 7–8 тис л молока за лактацію.

Визначення показника ТНІ проводили щоденно [8].

$$\text{ТНІ} = 1.8 \times T - (1 - \text{RH}/100) \times (T - 14.3) + 32,$$

де ТНІ – індекс температури та вологості, Т – температура повітря, °С, RH – відносна вологість, %.

В умовах господарства було відібрано три групи корів відповідно до тонуру автономної нервової системи (нормотоніки, симпатотоніки та ваготоніки), по 10 тварин у групі з продуктивністю 20–25 л молока за добу.

Для дослідження варіабельності серцевого ритму використовували електрокардіограф. Електрокардіологічний гель наносили на місця кріплення електродів після попередньої обробки шкіри спиртом. Для дослідження використовували три місця: перше розташоване між 3–5 міжреберними проміжками зліва, за ліктем, до якого кріпили електрод правої кінцівки; друге – у зоні каудальної частини яремної борозни; третє (нейтральний відвід) – у холці тварини. Тонус автономної нервової системи визначали за методом Баєвського, що включало визначення моди (Мо, інтервал, який найчастіше зустрічається в інтервалі R–R серцебиття), амплітуди моди (АМо), діапазону варіацій (Δx ; різниця між максимальним та мінімальним значеннями моди), індексу вегетативного балансу ($\text{ARI} = 1 \div (\text{Мо} \times \Delta x)$), індексу вегетативного ритму (показник, що відображає вплив симпатичної та парасимпатичної нервової системи на організм, що визначається різницею між амплітудою моди та діапазоном варіації) та індексу стресу ($\text{SI} = \text{АМо} \div (2 \times \text{Мо} \times \Delta x)$).

На основі результатів дослідження було встановлено три експериментальні групи тварин: нормотоніки, ваготоніки та симпатотоніки [6].

Хронічний тепловий стрес лактуючих корів досліджували в липні після тривалого теплового навантаження на тварин (20 діб), визначення ТНІ проводили щоденно, показник постійно знаходився у зоні теплового стресу для дійних корів (мін ТНІ 71), температура в окремі дні могла досягати і 36°C з max ТНІ – 85.

Матеріалом для досліджень слугували зразки молока, отримані від тварин дослідних груп. Лабораторні дослідження молока проводили на базі лабораторії кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології факультету ветеринарної медицини і технологій у тваринництві ЗВО «Подільський державний університет» та Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України. У молоці визначали: сухий знежирений молочний залишок, %; масову частку жиру, %; густину, кг/м³; масову частку білка, %; масову частку лактози, %; масову частку мінеральних речовин, %; точку замерзання, (мінус) °С; електропровідність, мс/см; активну кислотність, од. рН; жирнокислотний склад. Фізико-хімічні показники молока-сировини визначали на приладі ЕКОМІLK М MILK ANALYZER MILKANA КАМ98-2А. Аналіз метилових ефірів ЖК проводили на газовому хроматографі Trace GC Ultra (США) з полум'яно-іонізаційним детектором. Умови хроматографування: температура колонки – 140–240°C, температура детектора – 260°C.

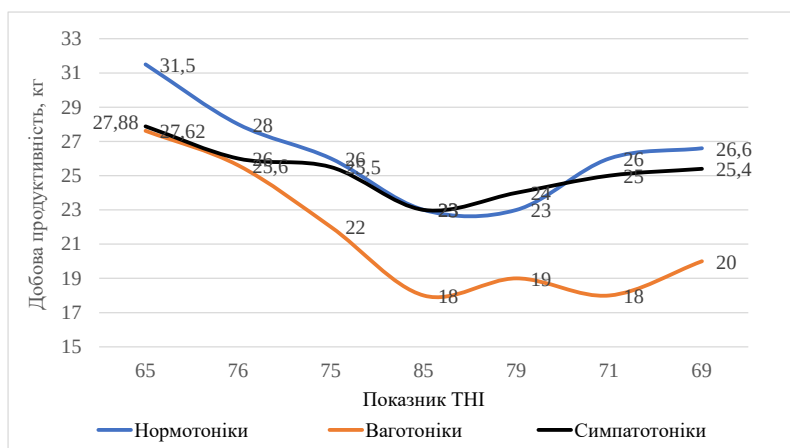


Рис. 1. Продуктивність корів за хронічного теплового стресу за різного тонуру нервової системи

Показники ТНІ, молочну продуктивність стада, фізіологічний стан та поведінку тварин визначали щодобово. Контрольні надії проводили раз на два тижні з травня по вересень та за потреби під час вивчення клінічної картини теплового стресу. Для порівняння використовували ДСТУ 3662:2018 «Молоко – сировина коров'яче. Технічні умови».

Результати досліджень свідчать, що тонус автономної нервової системи лактуючих корів має вагомий вплив на їхню добову продуктивність за різного рівня теплового навантаження на їх організм (рис. 1). Так, за умов відносного температурного комфорту для молочних корів їхня продуктивність була на відносно однаковому

рівні за винятком нормотоніків, середньодобовий удій яких був приблизно на 3,5 кг вищим. Слід зауважити, що аналогічну закономірність було встановлено й у кіз, зокрема виявлено, що найвище річне виробництво молока є у кіз-нормотоніків, а найнижче – у симпатотоніків [1].

Одразу слід зауважити, що незалежно від тонусу нервової системи всі лактуючі корови на наростання показника ТНІ реагували аналогічно – зниженням лактаційної активності молочної залози. Однак крива лактаційної активності симпатотоніків указувала на найнижчий рівень чутливості до теплового навантаження. Зокрема, зниження середньодобових надоїв у корів групи симпатотоніків за умов стрімкого зростання з ТНІ 65 до ТНІ 85 становило лише 4,9 кг молока, тоді як у нормотоніків – 8,5 кг, а у ваготоніків – 9,6 кг молока за добу. Деяке зниження показника ТНІ на наступних етапах дослідження супроводжувалося поступовим відновленням інтенсивності молокоутворення у молочній залозі корів усіх дослідних груп, однак і тут спостерігалися істотні відмінності. Найгіршу адаптацію фізіологічної активності молочної залози до хронічного теплового навантаження лактуючих корів продемонстрували тварини з групи ваготоніків.

Слід також зауважити, що за хронічного теплового стресу у високопродуктивних корів може змінюватися склад молока, переважно за рахунок коливань вмісту жиру у бік зниження ($2,27 \pm 0,41\%$) (табл. 1). Однак інтенсивність зменшення цього показника залежала від тонусу нервової системи: нормотоніки – $2,48 \pm 0,49\%$; симпатотоніки – $2,62 \pm 1,05\%$; ваготоніки – $1,17 \pm 0,19\%$ ($P < 0,05$). У лактуючих корів із групи ваготоніків на тлі істотного зниження вмісту жиру у молоці прослідковувалася тенденція до підвищення відносного вмісту сухого знежиреного молочного залишку – $9,45 \pm 0,11\%$. У загальній групі показник коливався в межах $9,09 \pm 0,10\%$. Відповідно до норм ДСТУ 3662:2018, інші одержані показники коливалися в межах існуючих норм.

Таблиця 1. Показники молока корів із різним тонусом АНС за хронічного теплового стресу ($M \pm m$), $n=5$

Показники	Тонус АНС		
	Нормотоніки	Ваготоніки	Симпатикотоніки
Середньодобовий надій, кг	$25,66 \pm 3,67$	$20,67 \pm 1,94$	$23,60 \pm 3,67$
Сухий знежирений молочний залишок, %	$9,04 \pm 0,27$	$9,35 \pm 0,11$	$9,04 \pm 0,23$
Масова частка жиру, %	$2,48 \pm 0,49\%$	$1,17 \pm 0,19\%$	$2,62 \pm 1,05\%$
Густина, кг/м^3	$1033,7 \pm 1,21$	$1036,2 \pm 0,20$	$1034,5 \pm 1,07$
Масова частка білка, %	$3,37 \pm 0,08$	$3,48 \pm 0,04$	$3,43 \pm 0,05$
Масова частка лактози, %	$5,35 \pm 0,12$	$5,11 \pm 0,41$	$5,52 \pm 0,06$
Масова частка мінеральних речовин, %	$0,80 \pm 0,02$	$0,82 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,01$
Точка замерзання, (мінус) $^{\circ}\text{C}$	$0,598 \pm 0,01$	$0,605 \pm 0,03$	$0,601 \pm 0,01$
Електропровідність, мс/см	$5,20 \pm 0,01$	$5,20 \pm 0,06$	$5,23 \pm 0,08$
Активна кислотність, од. рН	$6,60 \pm 0,02$	$6,35 \pm 0,41$	$6,61 \pm 0,01$

Відносний вміст окремих жирних кислот також дещо різнився залежно від тонусу нервової системи. Зокрема, відносний вміст масляної кислоти у молоці корів-ваготоніків був найнижчим і становив $2,53 \pm 0,23\%$ ($P < 0,05$), тоді як у нормотоніків і симпатотоніків – відповідно $3,71 \pm 0,28\%$ та $3,16 \pm 0,37\%$. Аналогічна ситуація складалася і під час визначення каприлової кислоти (C8:0): ваготоніки – $1,42 \pm 0,01\%$ ($P < 0,001$), тільки найвищий відносний вміст тепер уже спостерігався у симпатотоніків ($1,80 \pm 0,05\%$). Кислота C11:0 також мала найвищий відносний вміст у симпатотоніків – $0,29 \pm 0,01\%$ ($P < 0,05$), тоді як найнижчий рівень показника спостерігався у нормотоніків – $0,20 \pm 0,05\%$. Відносний вміст міристинової кислоти (C14:0) у молоці корів із хронічним тепловим стресом був найнижчий у ваготоніків ($10,06 \pm 0,10\%$, $P < 0,001$), а найвищий – у симпатотоніків – $11,73 \pm 1,46\%$ (табл. 2).

Серед ненасичених жирних кислот вірогідні різниці у молоці від корів із хронічним тепловим стресом спостерігалися щодо жирної кислоти C18:2n6c у нормотоніків – $4,75 \pm 0,08\%$ порівняно з ваготоніками – $4,02 \pm 0,22\%$ ($P < 0,05$). Відносний вміст жирної кислоти C18:3n3 у ваготоніків був найвищим – $0,37 \pm 0,02\%$, тоді як у симпатотоніків спостерігався найнижчий показник ($0,20 \pm 0,01$, $P < 0,001$).

Таблиця 2. Відносний вміст окремих жирних кислот у корів із різним тонусом автономної нервової системи ($M \pm m$), $n=5$

Жирна кислота	Контроль	Тонус АНС		
		Нормотоніки	Ваготоніки	Симпатикотоніки
Хронічний тепловий стрес (ТНІ 75-85)				
C4:0	4,10±0,18	3,71±0,28	2,53±0,23**	3,16±0,37
C6:0	2,50±0,08	2,46±0,16	2,17±0,02**	2,35±0,15
C8:0	1,55±0,04	1,52±0,09	1,42±0,01*	1,80±0,05**
C10:0	3,57±2,61	3,28±0,14	3,06±0,18	3,13±0,48
C11:0	0,38±0,07	0,20±0,05	0,24±0,01	0,29±0,01
C12:0	4,05±0,53	4,77±0,04	4,65±0,82	4,59±0,52
C14:0	10,93±1,34	11,44±0,16	10,06±0,10	11,73±1,47
C14:1	1,53±0,05	1,52±0,01	1,31±0,19	1,32±0,08
C15:0	1,63±0,31	1,66±0,05	2,21±0,56	1,94±0,74
C16:0	31,06±1,15	30,46±0,86	31,65±1,62	31,00±1,29
C16:1	1,64±0,13	1,50±0,07	1,51±0,01	1,47±0,23
C17:0	1,75±0,31	1,88±0,55	1,60±0,28	1,50±0,40
C18:0	9,83±1,29	11,45±1,41	10,96±0,62	10,37±0,42
C18:1n9c	22,13±1,50	19,11±0,52**	21,84±0,88	20,65±1,48*
C18:2n6c	3,41±0,27	4,75±0,08	4,02±0,22	4,25±0,15
C20:0	0,25±0,03	0,28±0,06	0,33±0,16	0,27±0,08
C18:3n3	0,30±0,01	0,34±0,03	0,37±0,02*	0,20±0,01**

Примітка: дані представлено як масова частка жирної кислоти у % від суми жирних кислот.

У ваготоніків відзначалися найнижчі концентрації жирних кислот C4:0-C10:0 ($9,18 \pm 0,38\%$), тоді як у нормотоніків ($10,97 \pm 0,68\%$) та симпатотоніків ($10,43 \pm 0,24\%$) цей показник був дещо вищим. У симпатотоніків також дещо підвищувався вміст ЖК C6:0-C11:0 ($7,57 \pm 0,61$), тоді як у ваготоніків та нормотоніків цей показник становив відповідно $6,89 \pm 0,17$ та $7,45 \pm 0,44\%$.

За дії як короткотривалого, так і довготривалого теплового стресу незалежно від тонусу нервової системи всі тварини знижували свою молочну продуктивність.

Висновки. Молочна продуктивність корів та їхня адаптаційна здатність до надмірного теплового навантаження залежать від тонусу автономної нервової системи. Лактуючі корови з групи нормотоніків володіють найвищим рівнем молочної продуктивності, найнижчий – у ваготоніків, причому тварини даної дослідної групи були найчутливішими до хронічного теплового стресу. Симпатотоніки найлегше переносили тепловий стрес. Інтенсивність секреції молочною залозою загальних ліпідів та окремих жирних кислот у корів із хронічним тепловим стресом залежить від тонусу нервової системи, зокрема нормотоніки характеризуються максимальним відносним вмістом ненасичених жирних кислот, кислот C4:0, C18:2n6c та найнижчим – C11:0; ваготоніки мають максимальний відносний вміст ненасичених жирних кислот та мононенасичених жирних кислот, кислоти C18:3n3, найнижчий вміст у молоці C4:0, C8:0, C18:2n6c, C4:0–C10:0; симпатотоніки характеризувалися найвищим вмістом C8:0, C11:0, C14:0, C6:0–C11:0 та найнижчими показниками C18:3n3.

Список використаних джерел

1. Молочна продуктивність кіз за різного тонусу автономної нервової системи / Б.І. Бойчук та ін. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія «Ветеринарні науки»*, 2024. Т. 26, № 115.
2. Bernabucci U., Lacetera N., Baumgard L.H., Rhoads R.P., Ronchi B., Nardone A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 2010. vol. 4, no. 7. pp. 1167–1183. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>.
3. Colditz I.G. Adrenergic Tone as an Intermediary in the Temperament Syndrome Associated With Flight Speed in Beef Cattle. *Frontiers in Animal Science*, 2021, vol. 2, 652306. DOI: <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.652306>.
4. Frigeri K.D.M., Kachinski K.D., Ghisi N.C., Deniz M., Damasceno F.A., Barbari M., Herbut P., Vieira F.M.C. Effects of Heat Stress in Dairy Cows Raised in the Confined System: A Scientometric Review. *Animals*, 2023, vol. 13, no. 3, p. 350. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13030350>.
5. Frondelius L., Järvenranta K., Koponen T., Mononen J. The effects of body posture and temperament on heart rate variability in dairy cows. *Physiology & Behavior*, 2015, vol. 139, pp. 437–441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.12.002>.
6. Hryshchuk I., Postoi R., Horbay R., Hryshchuk A., Karpovskiy V. Determination of heart rate variability as an indicator of the influence of autonomic nervous system tone in cows. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 2023, vol. 14, no. 2.
7. Kézér F.L., Kovács L., Tózsér J. Step behaviour and autonomic nervous system activity in multiparous dairy cows during milking in a herringbone milking system. *Animal*, 2015, vol. 9, no. 8, pp. 1393–1396. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731115000130>.
8. Kibler H.H. Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses. Environmental physiology and shelter engineering. *Research Bulletin, Missouri Agricultural Experiment Station*, 1964, no. 862, pp. 1–42.
9. Manzoor A., Maqbool I., Ganaie Z.A., Afzal I., Khan H.M., Zaffe B. Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 1–5.
10. Nagy D.W., Shoemaker B.M. Examining the Nervous System of the Ruminant. In: Leith G., Eaton S., Englar R.E., Bentley S., Hallam L. (eds.). *Performing the Large Animal Physical Examination*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119830382.ch22>.
11. Oliveira C.P., Sousa F.C., Silva A.L., Schultz É.B., Valderrama Londoño, R.I., Souza P.A.R. Heat Stress in Dairy Cows: Impacts, Identification, and Mitigation Strategies—A Review. *Animals*, 2025, vol. 15, no. 2, p. 249. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15020249>.
12. Ouellet V., Boucher A., Dahl G.E., Laporta J. Consequences of maternal heat stress at different stages of embryonic and fetal development on dairy cows' progeny. *Animal Frontiers*, 2021, vol. 11, no. 6, pp. 48–56.
13. Porges S.W. Cardiac vagal tone: A physiological index of stress. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 1995, vol. 19, no. 2, pp. 225–233. DOI: [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(94\)00066-A](https://doi.org/10.1016/0149-7634(94)00066-A).
14. Rakib M.R.H., Messina V., Gargiulo J.I., Lyons N.A., Garcia S.C. Graduate Student Literature Review: Potential use of HSP70 as an indicator of heat stress in dairy cows—A review. *Journal of Dairy Science*, 2024, vol. 107, no. 12, pp. 11597–11610. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24947>.

Danchuk V. V.

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief Researcher,*

*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Khlibodarske, 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

Chesak M. G.

Head of Postgraduate Studies,

*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Khlibodarske, Ukraine*

E-mail: olexdan@ukr.net

ORCID: 0009-0001-8225-9598

Danchuk O. V.

*Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Deputy Director for Scientific Work*

*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Khlibodarske, Ukraine*

E-mail: olexdan@ukr.net

ORCID: 0000-0002-9226-1499

Midyk S. V.

Candidate of Veterinary Sciences,

*Associate Professor at the Department of Animal and Food Hygiene named after Professor A.K. Skorokhodko,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: svit.mid@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2682-2884

Senin S. A.

*Candidate of Veterinary 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

MILK PRODUCTIVITY AND MILK COMPOSITION OF COWS WITH DIFFERENT TONE OF THE AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM UNDER CHRONIC HEAT STRESS

Abstract

To determine the specifics of the impact of chronic heat stress on milk production of Ukrainian black-and-white cows with different tones of the autonomic nervous system, an experiment was conducted in the village of Kalynia, Kamianets-Podilskyi district, Khmelnytskyi region. The farm keeps cattle, free-range on deep litter. Access to feed and water is free. The average productivity on the farm is 7–8 thousand liters of milk per lactation. In the conditions of the farm, three groups of cows were selected according to the tone of the autonomic nervous system (normotonic, sympathotonic and vagotonic) with 10 animals in each group with a productivity of 20–25 liters of milk per day. The tone of the autonomic nervous system was determined by the Baevsky method. Chronic heat stress of lactating cows was studied in July after prolonged heat stress on animals (20 days) determination of temperature-humidity index (THI) was carried out daily. The material for the studies was milk samples obtained from animals of the experimental groups. Physico-chemical parameters of raw milk were determined on the EKOMILK M MILK ANALYZER MILKANA KAM98-2A device. To determine the fatty acid composition of milk, fat was isolated using the Folch method. Analysis of fatty acid methyl esters was carried out on a Trace GC Ultra gas chromatograph (USA) with a flame ionization detector according to DSTU ISO 5509-2002. Chromatography conditions: column temperature 140–240°C, detector temperature 260°C.

Milk productivity of cows and their adaptive ability to excessive heat stress depend on the tone of the autonomic nervous system. Lactating cows from the normotonic group have the highest level of milk productivity, the lowest – in vagotonics, and the animals of this

experimental group were the most sensitive to chronic heat stress. Sympathotonics tolerated heat stress the most easily. The intensity of secretion by the mammary gland of total lipids and individual fatty acids in cows with chronic heat stress depends on the tone of the nervous system, in particular, normotonics are characterized by the maximum relative content of unsaturated fatty acids: C4:0, C18:2n6c and the lowest – C11:0; vagotonics have the maximum relative content of unsaturated fatty acids and monounsaturated fatty acids: C18:3n3, the lowest content in milk C4:0, C8:0, C18:2n6c, C4:0–C10:0; sympathotonics were characterized by the highest content of C8:0, C11:0, C14:0, C6:0–C11:0 and the lowest C18:3n3.

Key words: raw milk, chronic heat stress, fatty acids.

References

1. Boichuk, B.I., Karpovskiy, V.I., Hutyi, B.V., Hryshchuk, I.A., & Hryshchuk, A.V. (2024). Molochna produktyvnist' kiz za riznoho tonusu avtonomnoi nervovoi systemy [Milk productivity of goats with different autonomic nervous system tone]. *Naukovyi visnyk L'vivskoho natsional'noho universytetu veterinarnoi medytsyny ta biotekhnolohii. Seriya: Veterynarni nauky*, 26(115) [in Ukrainian].
2. Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., & Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4(7), 1167–1183. <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X> [in English].
3. Colditz, I.G. (2021). Adrenergic tone as an intermediary in the temperament syndrome associated with flight speed in beef cattle. *Frontiers in Animal Science*, 2, 652306. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.652306> [in English].
4. Frigeri, K.D.M., Kachinski, K.D., Ghisi, N.C., Deniz, M., Damasceno, F. A., Barbari, M., Herbut, P., & Vieira, F.M.C. (2023). Effects of heat stress in dairy cows raised in the confined system: A scientometric review. *Animals*, 13(3), 350. <https://doi.org/10.3390/ani13030350> [in English].
5. Frondelius, L., Järvenranta, K., Koponen, T., & Mononen, J. (2015). The effects of body posture and temperament on heart rate variability in dairy cows. *Physiology & Behavior*, 139, 437–441. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.12.002> [in English].
6. Hryshchuk, I., Postoi, R., Horbay, R., Hryshchuk, A., & Karpovskiy, V. (2023). Determination of heart rate variability as an indicator of the influence of autonomic nervous system tone in cows. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 14(2) [in English].
7. Kézér, F.L., Kovács, L., & Tózsér, J. (2015). Step behaviour and autonomic nervous system activity in multiparous dairy cows during milking in a herringbone milking system. *Animal*, 9(8), 1393–1396. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000130> [in English].
8. Kibler, H.H. (1964). Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses. *Environmental Physiology and Shelter Engineering. Research Bulletin, Missouri Agricultural Experiment Station*, 862, 1–42 [in English].
9. Manzoor, A., Maqbool, I., Ganaie, Z.A., Afzal, I., Khan, H.M., & Zaffe, B. (2019). Mitigating winter vagaries in dairy animals: A review. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 4(1), 1–5 [in English].
10. Nagy, D.W., & Shoemaker, B.M. (2025). Examining the nervous system of the ruminant. In G. Leith, S. Eaton, R.E. Englar, S. Bentley, & L. Hallam (Eds.), *Performing the large animal physical examination* (ch. 22). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119830382.ch22> [in English].
11. Oliveira, C.P., Sousa, F.C., Silva, A.L., Schultz, É.B., Valderrama Londoño, R.I., & Souza, P.A.R. (2025). Heat stress in dairy cows: Impacts, identification, and mitigation strategies – A review. *Animals*, 15(2), 249. <https://doi.org/10.3390/ani15020249> [in English].
12. Ouellet, V., Boucher, A., Dahl, G.E., & Laporta, J. (2021). Consequences of maternal heat stress at different stages of embryonic and fetal development on dairy cows' progeny. *Animal Frontiers*, 11(6), 48–56.
13. Porges, S.W. (1995). Cardiac vagal tone: A physiological index of stress. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 19(2), 225–233. [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(94\)00066-A](https://doi.org/10.1016/0149-7634(94)00066-A) [in English].
14. Rakib, M.R.H., Messina, V., Gargiulo, J.I., Lyons, N.A., & Garcia, S.C. (2024). Graduate student literature review: Potential use of HSP70 as an indicator of heat stress in dairy cows – A review. *Journal of Dairy Science*, 107(12), 11597–11610. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24947> [in English].

Отримано: 23.09.2025

Рекомендовано: 17.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 636.8:616.98:578.825.11

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.39>

Карчевська Т. М.

кандидат ветеринарних наук, доцент,
асистент кафедри інфекційних та інвазійних хвороб,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: ktmkp2015@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5693-916X

ДЕЯКІ ЕПІЗООТОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПАТОГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗА ХЛАМІДІОЗУ КОТІВ У ПОДІЛЬСЬКОМУ РЕГІОНІ

Анотація

Хламідіоз котів, збудником якого є *Chlamydia felis*, належить до поширених бактеріальних інфекцій домашніх тварин, що має значення як у ветеринарній медицині, так і в аспекті зоонозної небезпеки. Епізоотологічні дослідження свідчать, що поширеність інфекції серед котів залежить від вікових, породних, сезонних та утримувальних чинників, а також від рівня ветеринарно-профілактичних заходів. Проведене дослідження мало на меті провести епізоотичне обстеження на наявність хламідійної інфекції у котів м. Кам'янець-Подільського, вивчити вікову, сезонну, породну динаміку та її вплив на гематологічні показники хворих тварин.

За даними досліджень 2024–2025 рр. встановлено, що в м. Кам'янець-Подільський відзначаються досить часті випадки захворювань котів на хламідіоз. У структурі інфекційних захворювань котів за дослідний період хламідійну моноінфекцію реєстрували у 36% котів. Пік хламідійної інфекції у тварин припадає на період від двох до шести місяців (48,50%). Щодо сезонної динаміки, то пік хламідіозу у котів у даному регіоні найчастіше припадає на весняно-літній період, найбільший відсоток інфікованих тварин спостерігали у червні (18,4%). Другий пік хламідійної інфекції спостерігався у вересні (13,3%). Зараженість кішок на хламідіоз була вищою на 7,5% на відміну від самців. Щодо породної динаміки більше випадків захворювання на хламідіоз реєстрували у безпородних та у котів британської короткошерстої породи і шотландської висловухої. У лейкоцитарній формулі у хворих на хламідіоз котів частіше реєструвалися лейкоцитоз, нейтрофіліоз, у разі затяжного чи хронічного перебігу іноді відзначали лімфоцитоз. Інші показники здебільшого залишалися в межах норми.

Отже, у зв'язку з частими проявами хламідійної інфекції у котів у даному регіоні необхідно уникати контактів із безпритульними тваринами, регулярно проводити профілактичне обстеження тварин, а також вчасні запобіжні щеплення.

Ключові слова: хламідіоз, коти, вікова динаміка, сезонна динаміка, гематологічні показники.

Вступ. Хламідіоз котів є однією з поширених інфекційних хвороб, збудником якої виступає *Chlamydia felis* з родини *Chlamydiaceae* порядку *Chlamydiales* [5]. Хвороба досить поширена як в Україні [1; 2; 4; 7; 9], так і в багатьох країнах світу [16; 17; 19] і залишається актуальним предметом вивчення науковців. Захворювання характеризується переважним ураженням органів зору та дихальної системи, що проявляється кон'юнктивітами, ринітом та ускладненнями дихання. Після проникнення хламідій через кон'юнктиву збудник може поширюватися системно, колонізуючи багато клітин, у тому числі мигдалини, легені, печінку, селезінку, шлунково-кишковий тракт, а також нирки [1; 6; 9; 13; 14]. Інфекція має велике епізоотичне та ветеринарно-санітарне значення, оскільки легко передається серед тварин у групах і може спричиняти хронічний перебіг із рецидивами [3; 11; 15]. Актуальність вивчення хламідіозу котів зумовлена його поширеністю, впливом на здоров'я тварин та необхідністю вдосконалення методів діагностики і профілактики. Вивчення особливостей перебігу та поширення хламідіозу є важливим для розроблення діагностичних підходів і профілактичних стратегій, спрямованих на зменшення ризиків інфекції та її наслідків. Не менш важливим є і той факт, що хворі коти нерідко стають джерелом збудника інфекції для людини [12; 13; 18]. Незважаючи на певні досягнення низки дослідників у питаннях вивчення епізоотології хламідіозу котів, лікування, профілактики тощо [1; 2; 8; 10], слід зазначити, що певні особливості епізоотичного прояву хламідійної інфекції у популяціях котів окремих регіонів України, зокрема Подільського, залишаються ще недостатньо вивченими.

Мета роботи. Метою дослідження було вивчити характер епізоотичного та патологічного процесу при хламідіозі котів в умовах Подільського регіону, зокрема особливості вікової, сезонної, статевої та породної динаміки і вплив хламідійної інфекції на гематологічні показники котів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися протягом 2024–2025 рр. на базі ветеринарних клінік м. Кам'янець-Подільський. Дослідженню підлягали коти різних порід та вікових груп, інфіковані збудником хламідіозу, а також кров. Діагноз на хламідіоз встановлювали за допомогою клінічних досліджень та експрес-тестів. Проаналізовано 136 випадків захворювань тварин на хламідійну інфекцію. За даними статистичної звітності та журналів амбулаторного прийому проаналізовано вікову, статеву та породну динаміку хламідіозу котів за 2024 р. і три квартали 2025 р., сезонну динаміку – за повний календарний 2024 р.

Під час проведення епізоотологічного дослідження з'ясовували низку питань: умови годівлі, утримання та контакти тварин до появи і в період захворювання, наявність інших інфекційних і неінфекційних захворювань у тварин, із якими контактували хворі тварини, тривалість і динаміку розвитку хвороби. Для підтвердження діагнозу на хламідіоз застосовували спеціальний діагностичний експрес-тест для виявлення хламідій у котів (Ag Test Cat No.:W81072). Цей імунохроматографічний експрес-тест призначений для одноетапного якісного виявлення антигену хламідій (СМРТ Ag) у виділеннях зі статевих органів або абортів рідини. Для вивчення впливу хламідійної інфекції на показники крові досліджували вміст гемоглобіну, еритроцитів, лейкоцитів, загального білку, резервну лужність крові, ШОЕ та вираховували лейкоцитарну формулу за загальноприйнятими методиками.

Як показали результати епізоотичного обстеження, у м. Кам'янець-Подільський відзначаються досить часті випадки захворювань котів на хламідіоз. У структурі інфекційних захворювань котів за дослідний період хламідійну моноінфекцію реєстрували у 36% тварин. У більшості випадків хворі тварини не були щеплені від хламідіозу. Найбільш характерні ознаки хламідіозу у котів були пов'язані, передусім, з ураженням органів зору та дихальних шляхів. Найтиповішими були: кон'юнктивіти (почервоніння, набряк, слезотеча), виділення з очей (спочатку водянисті, згодом слизово-гнійні), світлобоязнь, часте кліпання. У деяких котів спостерігали чхання, виділення з носа (серозні або слизові), рідше кашель і утруднене дихання. У старших тварин хвороба перебігала легше, часто у вигляді хронічного чи рецидивуючого кон'юнктивіту.

Хламідіоз у котів найчастіше проявлявся у молодих тварин віком від двох до 12 місяців. Пік хламідійної інфекції припадав на період від двох до шести місяців (48,50%) (рис. 1).

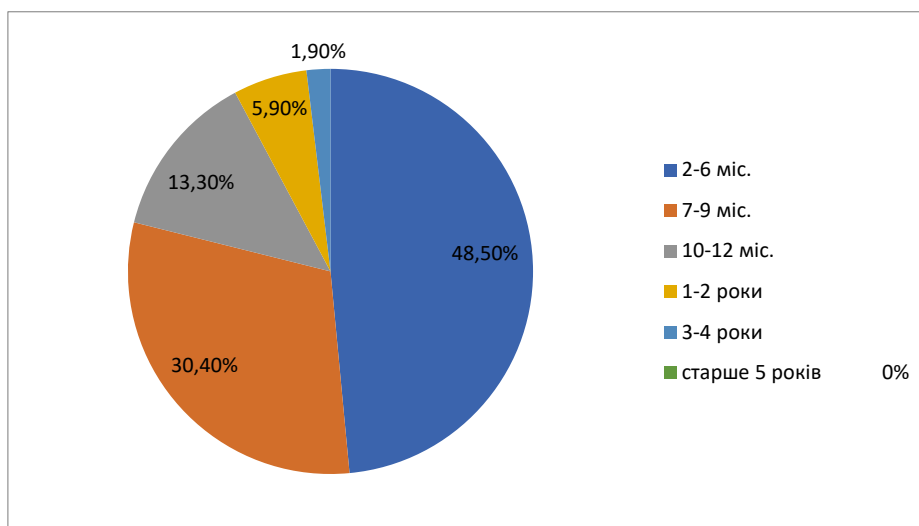


Рис. 1. Вікова динаміка хламідіозу котів за 2024–2025 рр.

Недостатня сформованість імунітету у кошенят та молодих котів пояснює схильність до захворювання, а додатковим чинником його прояву часто стають стресові ситуації (відлучення від матері, вакцинація, зміна середовища тощо). У котів віком 7–9 місяців відсоток захворюваності становив дещо менше – 30,40%, тоді як серед тварин 10–12-місячного віку він був ще нижчим – 13,30%. Після досягнення одного року сприйнятливість до хвороби поступово зменшується, і коти старші за п'ять років, як правило, уже мають стійкість до хламідійної інфекції. Кошенята до двомісячного віку менш сприйнятливі до хвороби, зважаючи на пасивну імунізацію, що отримується з молозивом.

Щодо сезонної динаміки, то пік хламідіозу у котів у даному регіоні найчастіше припадає на весняно-літній період (рис. 2).

Найвищий рівень інфікованості котів хламідіозом зафіксовано у червні (18,4%), тоді як у травні та липні показники також залишалися високими – 16,5% і 12,6% відповідно. У серпні рівень інфікованості знизився до 9,6%. У вересні та жовтні він знову зріс – до 13,3% і 10,7%. У більш ранні весняні та пізні осінні місяці інфікованість була значно нижчою (3,3–3,4%), а взимку досягала мінімальних значень; у грудні випадків хвороби не виявлено.

Переважає реєстрація випадків хламідіозу у весняно-літній період зумовлена збільшенням кількості молодняка, який народжується саме у цей час і через незрілу імунну систему є більш сприйнятливим до інфекції. Додатковим чинником поширення є підвищена активність котів у період тічки та парувань. Восени відзначається повторне зростання захворюваності серед молодих тварин віком 3–6 місяців, які вже втратили материнський імунітет. Окрім того, з травня по вересень котів часто вивозять на дачні ділянки, де вони контактують з іншими, у тому числі безпритульними, тваринами – потенційними носіями хламідійної інфекції. У ході досліджень суттєвої різниці у рівні зараження хламідіозом між котами різної статі не виявлено, проте у самок цей показник був вищим на 7,5% порівняно із самцями.

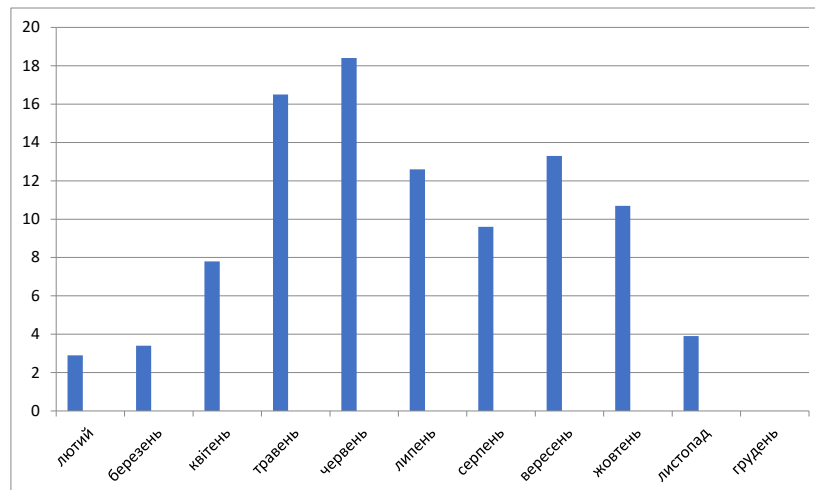


Рис. 2. Сезонна динаміка за хламідіозу котів за 2024 р.

Таблиця 1. Гематологічні дослідження котів, хворих на хламідіоз, $M \pm m$, (n=10)

Показники	Норма	Дослідна група
1	2	3
Еритроцити, Т/л	5,3-10	7,2±2,6
Лейкоцити, Г/л	5,5-18,5	23±2,2
Лейкограма, %:		
Базофіли	0 – 1	0
Еозинофіли	0 – 4	3,9±0,4
Нейтрофіли:		
юні	0-1	0
паличкоядерні	0-3	5,7±2,4
сегментоядерні	35-75	74,3±2,6
Лімфоцити	25-55	54±3,6
Моноцити	1-4	3,8±0,6
Гемоглобін, г/л	80-150	120±3,8
Загальний білок, г/л	54-77	62±4,2
Резервна лужність крові, об% CO ₂	50-60	52±3,6
ШОЕ, мм/г	0-13	8±2,6

Щодо породних особливостей істотних відмінностей також не зафіксовано, однак більше випадків захворюваності відзначено серед безпородних котів, а також представників британської короткошерстної та шотландської висловухої порід. Це може бути пов'язано з тим, що власники цих популярних порід частіше звертаються за ветеринарною допомогою. Окрім того, значну частку становлять безпородні тварини, серед яких підвищений ризик інфікування мають особливо ті, що перебувають на вільному виході, контактують з іншими котами та не охоплені вакцинацією.

Під час аналізу гематологічних показників у котів, хворих на хламідіоз, у лейкоцитарній формулі найчастіше відзначався лейкоцитоз як відповідь організму на запальний процес. Також спостерігали нейтрофіліоз, що свідчить про гостре ураження слизових оболонок. У разі затяжного або хронічного перебігу інфекції іноді реєстрували лімфоцитоз. Решта показників у більшості випадків залишалися в межах фізіологічної норми (табл. 1).

Висновки. Установлено, що в м. Кам'янець-Подільський досить часто реєструють випадки хламідіозу у котів. Найвищий рівень захворюваності відзначено у тварин віком 2–6 місяців, причому пік інфекції припадає на літній період із максимумом у червні (18,4%). Більш схильними до хвороби виявилися безпородні коти, а також представники британської короткошерстної та шотландської висловухої порід. Гематологічні дослідження показали виражений лейкоцитоз, збільшення кількості нейтрофілів, а за затяжного перебігу – лімфоцитоз; інші показники залишалися у межах норми. Для профілактики хламідіозу рекомендується обмежувати контакти з безпритульними тваринами, своєчасно проводити вакцинацію, регулярно здійснювати ветеринарні огляди, а також перед в'язкою перевіряти тварин на відсутність інфекції.

Список використаних джерел

- Алексєєва Н.В., Шипунова А.А., Бендерова М.О. Діагностика та лікувально-профілактичні заходи при хламідіозі котів. Аграрна освіта: минуле, сучасне, майбутнє : збірник матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 100-річчю ЛНАУ, м. Слов'янськ, 15–16 листопада 2021 р. Слов'янськ, 2021. С. 213–215.
- Власюк О.О., Корнієнко Л.М. Інфекційні хвороби котів: епізоотична ситуація та організація заходів специфічної профілактики в умовах приватної клініки : міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів «Наукові пошуки молоді у XXI столітті. Актуальні проблеми ветеринарної медицини», м. Біла Церква, 18 листопада 2021 р. Біла Церква, 2021. С. 30–32.

3. Галатюк О.Є., Передера О.О., Лавріненко І.В. Інфекційні хвороби котів : навчальний посібник. Житомир : Полісся, 2016. 132 с.
4. Гнілокозова Н.В., Морозенко Д.В. Хламідіоз котів: інфекційне захворювання, що характеризується клінічним поліморфізмом. *Матеріали міжнар. наук. конф. молодих учених*. Харків : НФаУ, 2021. С. 44–46.
5. Зезекало В.С., Передера С.Б., Щербакова Н.С. Оновлення таксономічної класифікації мікроорганізмів порядку Chlamydiales. *Вісник ПДАА*. 2019. № 1. С. 207–215.
6. Лісова В.В., Савченко А. Гістологічні зміни в котів при хламідіозі. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2017. Т. 19. № 78. С. 158–161. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7703>
7. Масліков С.М., Алякіна М.А. Хламідіоз очей у безпритульних котів міста Дніпропетровськ.: *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2013. Т. 15. № 3(1). С. 187–192.
8. Передера Р.В., Передера О.О., Лавріненко І.В. Лікування котів із кон'юнктивітами та кератитами при хламідійній інфекції. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імен С.З. Гжицького. Серія «Ветеринарні науки»*. 2022. № 24(108). С. 159–163.
9. Передера О.О., Лавріненко І.В., Передера Р.В., Жерносик І.А., Погорелова Г.М. Епізоотологічні особливості та клінічний прояв при хламідіозі котів у місті Полтава. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія «Ветеринарні науки»*. 2021. Т. 23. № 102. С. 99–104. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10215>
10. Передера Р.В., Передера О.О., Погорелова Г.М. Лікування котів при хламідіозі в умовах ветеринарної клініки «Vethouse» у м. Вінниця. *Тези доповідей науково-практичної конференції Полтавської державної аграрної академії*, м. Полтава, 22–23 квітня 2020 р. Полтава, 2020. С. 382–383.
11. Bressan M., Rampazzo A., Kuratli J., Marti H., et al. Occurrence of *Chlamydiaceae* and *Chlamydia felis* pmp9 Typing in Conjunctival and Rectal Samples of Swiss Stray and Pet Cats. *Pathogens*. 2021. Jul 28. Vol. 10(8):951. <https://doi.org/10.3390/pathogens10080951>
12. Gruffydd-Jones T., Addie D., Belák S., et al. Chlamydophila felis infection. ABCd guidelines on prevention and management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2009. Vol. 11(7). P. 605–609.
13. Hughes L., Visser S., Heddema E., et al. Zoonotic transmission of *Chlamydia felis* from domestic cats; A case series of chronic follicular conjunctivitis in humans. *New Microbes New Infect.* 2024. Vol. 14(59):101412. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2024.101412>
14. Lisova V, Savchenko A. Pathomorphological characteristics of Chlamydiosis in cats. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*. 2017. Vol.19(77). P. 11–14.
15. Sparkes A.H., Caney S.M.A., Sturgess C.P., Gruffydd-Jones T.J. Chlamydia psittaci infection in cats: a review. *Journal of Small Animal Practice*. 1999. Vol. 40(2). P. 58–66.
16. Ulbert Á.B., Juhász H., Karácsony Z. et al. The Occurrence of Chlamydia felis in Cats and Dogs in Hungary. *Pathogens*. 2024. Vol. 13, № 9:771. <https://doi.org/10.3390/pathogens13090771>
17. Vojtek B., Čechvala P., Zemanová S., et al. Incidence of Chlamydia spp., FIV, FeLV in Free-Roaming Cats in Slovakia. *Vet Med (Auckl)*. 2024. Vol. 15. P. 205–220. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S465088>
18. Wasissa M., Lestari F.B., Nururrozi A., et al. Investigation of Chlamydophilosis from Naturally Infected Cats: Clinical, Molecular and Epidemiological Findings: *Journal of Veterinary Science*. 2021. Vol. 22, №. 6. e67. <https://doi.org/10.4142/jvs.2021.22.e67>
19. Yang D., Ju H., Li X., Shen, H., et al. Epidemiological Surveillance of Respiratory Diseases in Urban Stray Cats in Shanghai: *Animals*. 2024. Vol. 14. №. 11:1562. <https://doi.org/10.3390/ani14111562>

Karchevska T. M.

*Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Assistant at the Department of Infectious and Invasive Diseases
Higher educational institution “Podillia State University”*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: ktmkp2015@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5693-916X

SOME EPIZOOTIOLOGICAL FEATURES AND PATHOGENETIC ASPECTS OF FELINE CHLAMYDIOSIS IN THE PODILSKYI REGION

Abstract

Feline chlamydiosis, caused by Chlamydia felis, is one of the common bacterial infections of companion animals, significant both in veterinary medicine and in terms of zoonotic risk. Epizootiological studies indicate that the prevalence of infection in cats depends on age, breed, seasonality, housing conditions, and the level of veterinary preventive measures. The present study aimed to conduct an epizootic survey of chlamydial infection in cats in Kamianets-Podilskyi, and to analyze age-related, seasonal, and breed-related dynamics, as well as their impact on the hematological parameters of affected animals.

Based on the results of investigations carried out in 2024–2025, frequent cases of feline chlamydiosis were recorded in Kamianets-Podilskyi. Within the structure of infectious diseases in cats during the study period, chlamydial monoinfection was diagnosed in 36% of cases. The peak incidence was observed in cats aged 2–6 months (48.5%). In terms of seasonality, the highest rates of infection were registered in the spring–summer period, with the maximum prevalence recorded in June (18.4%). A secondary peak occurred in September (13.3%). The infection rate in females was 7.5% higher compared to males. Regarding breed distribution, a greater number of cases were identified among non-pedigree cats, as well as British Shorthair and Scottish Fold breeds. Hematological analysis revealed leukocytosis as the most common finding in infected cats; neutrophilia was occasionally observed, indicating acute inflammation of mucous membranes, while lymphocytosis was registered in protracted or chronic cases. Other hematological parameters remained largely within normal ranges.

Thus, due to the frequent occurrence of feline chlamydiosis in this region, preventive measures should include avoiding contact with stray animals, regular veterinary examinations, and timely vaccination.

Key words: *chlamydiosis, cats, age dynamics, seasonal dynamics, hematological parameters.*

References

1. Aleksieieva, N.V., Shypunova, A.A., & Benderova, M.O. (2021). Diahnostyka ta likuvalno-profilaktychni zakhody za hlamidiozu kotiv [Diagnosis and therapeutic-preventive measures for chlamydiosis of cats]. *Ahrarna osvita: mynule, suchasne, maibutnie: zbirnyk materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoj 100-richchju LNAU*. Sloviansk: LNAU, 213–215. [in Ukrainian].
2. Vlasuk, O.O., & Korniienko, L.M. (2021). Infektsiini khvoroby kotiv – epizootychna sytuatsiia ta orhanizatsiia zakhodiv spetsyfichnoi profilaktyky v umovakh pryvatnoi kliniky [Infectious diseases of cats: Epizootic situation and organization of specific prophylaxis measures in private clinic]. *Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia mahistrantiv «Naukovi poshuky molodi u XXI stolitti. Aktualni problemy veterynarnoi medytsyny»*. Bila Tserkva: BNAU, 30–32. [in Ukrainian].
3. Galatiuk, O.Ye., Peredera, O.O., & Lavrinenko, I.V. (2016). Infektsiini khvoroby kotiv: navchalnyi posibnyk [Infectious diseases of cats: A textbook]. Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian].
4. Hnilokozova, N.V., & Morozenko, D.V. (2021). Hlamidioz kotiv: infektsiine zakhvoriuvannia, shcho kharakteryzuietsia klinichnym polimorfizmom [Chlamydiosis of cats: An infectious disease characterized by clinical polymorphism]. *Materialy mizhnarodnoi naukovo konferehtsii molodykh uchenykh*. Kharkiv: NFaU, 44–46 [in Ukrainian].
5. Zezekalo, V.S., Peredera, S.B., & Shcherbakova, N.S. (2019). Onovlennia taksonomichnoi klasyfikatsii mikroorhanizmiv poriadku Chlamydiales [Updating the taxonomic classification of microorganisms of the order Chlamydiales]. *Visnyk PDAA*, 1, 207–215 [in Ukrainian].
6. Lisova, V.V., & Savchenko, A. (2017). Histolohichni zminy v kotiv za hlamidiozu [Histological changes in cats with chlamydiosis]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho*, 19(78), 158–161. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7703> [in Ukrainian].
7. Maslikov, S.M., & Aliakina, M.A. (2013). Hlamidioz ochei u bezprytulnykh kotiv mista Dnipropetrovsk [Ocular chlamydiosis in stray cats of Dnipropetrovsk city]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho*, 15(3–1), 187–192 [in Ukrainian].
8. Peredera, R.V., Peredera, O.O., & Lavrinenko, I.V. (2022). Likuvannia kotiv z koniunktyvitamy ta keratytamy za hlamidiinoi infektsii [Treatment of cats with conjunctivitis and keratitis due to chlamydial infection]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho. Serii: Veterynarni nauky*, 24(108), 159–163 [in Ukrainian].
9. Peredera, O.O., Lavrinenko, I.V., Peredera, R.V., Zhernosik, I.A., & Pohorelova, H.M. (2021). Epizootolohichni osoblyvosti ta klinichniy proiav za hlamidiozu kotiv u misti Poltava [Epizootological features and clinical manifestation of chlamydiosis in cats in Poltava city]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho. Serii: Veterynarni nauky*, 23(102), 99–104. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10215> [in Ukrainian].
10. Peredera, R.V., Peredera, O.O., & Pohorelova, H.M. (2020). Likuvannia kotiv za khlamidiozu v umovakh veterinarnoi kliniky «Vethouse» u m. Vinnytsia [Treatment of cats with chlamydiosis in the veterinary clinic «Vethouse» in Vinnytsia]. *Tezy naukovo-praktychnoi konferentsii Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. Poltava: PDAA, 382–383 [in Ukrainian].
11. Bressan, M., Rampazzo, A., Kuratli, J., Marti, H., et al. (2021). Occurrence of Chlamydiaceae and Chlamydia felis pmp9 typing in conjunctival and rectal samples of Swiss stray and pet cats. *Pathogens*, 10(8), 951. <https://doi.org/10.3390/pathogens10080951> [in English].
12. Gruffydd-Jones, T., Addie, D., Belák, S., et al. (2009). Chlamydia felis infection: ABCD guidelines on prevention and management. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 11(7), 605–609. [in English].
13. Hughes, L., Visser, S., Heddema, E., et al. (2024). Zoonotic transmission of Chlamydia felis from domestic cats; A case series of chronic follicular conjunctivitis in humans. *New Microbes and New Infections*, 59, 101412. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2024.101412> [in English].
14. Lisova, V., & Savchenko, A. (2017). Pathomorphological characteristics of chlamydiosis in cats. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 19(77), 11–14 [in Ukrainian].
15. Sparkes, A.H., Caney, S.M.A., Sturgess, C.P., & Gruffydd-Jones, T.J. (1999). Chlamydia psittaci infection in cats: A review. *Journal of Small Animal Practice*, 40(2), 58–66 [in English].
16. Ulbert, Á.B., Juhász, H., Karácsony, Z., et al. (2024). The occurrence of Chlamydia felis in cats and dogs in Hungary. *Pathogens*, 13(9), 771. <https://doi.org/10.3390/pathogens13090771> [in English].
17. Vojtek, B., Čechvala, P., Zemanová, S., et al. (2024). Incidence of Chlamydia spp., FIV, FeLV in free-roaming cats in Slovakia. *Veterinary Medicine (Auckland)*, 15, 205–220. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S465088> [in English].
18. Wasissa, M., Lestari, F.B., Nurrozi, A., et al. (2021). Investigation of chlamydophilosis from naturally infected cats: Clinical, molecular and epidemiological findings. *Journal of Veterinary Science*, 22(6), e67. <https://doi.org/10.4142/jvs.2021.22.e67> [in English].
19. Yang, D., Ju, H., Li, X., Shen, H., et al. (2024). Epidemiological surveillance of respiratory diseases in urban stray cats in Shanghai. *Animals*, 14(11), 1562. <https://doi.org/10.3390/ani14111562> [in English].

Отримано: 22.09.2025

Рекомендовано: 16.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 636.082:615.849 – 006.6

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.40>**Лішук С. Г.**

кандидатка сільськогосподарських наук,
доцентка кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: itomlin@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6294-5259

Добровольський В. А.

магістр ветеринарної медицини,
асистент кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: Dobrovolsky.va@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2678-5649

Ковальова О. М.

магістр ветеринарної медицини,
асистентка кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: frolova.vas4422@gmail.com
ORCID: 0009-0000-9131-9380

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ: КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОМІМЕТИКІВ ПРИ ПЛОСКОКЛІТИННІЙ КАРЦИНОМІ У СОБАКИ

Анотація

Радіоміметики є класом протипухлинних препаратів, які за механізмом дії імітують вплив іонізуючого випромінювання, спричиняючи розриви ДНК у клітинах. Завдяки цьому вони здатні забезпечити ефект, подібний до променевої терапії, проте без застосування дорогого обладнання, що робить їх особливо перспективними для ветеринарної онкології в умовах обмеженого доступу до радіотерапевтичних методів. Одним із найефективніших представників цієї групи є блеоміцин, який широко використовується у схемах електрохіміотерапії.

У статті наведено клінічний випадок плоскоклітинної карциноми високого ступеня диференціації (G1) у службової собаки віком 6 років, масою 30 кг. Новоутворення локалізувалося у міжлопатковій ділянці, характеризувалося щільною консистенцією, ділянками некрозу та серозно-гнійною ексудацією. Гістологічне дослідження показало наявність кератинових перлин і вогнищ ороговіння окремих клітин, що підтверджує діагноз плоскоклітинної карциноми високого ступеня диференціації (G1).

Пацієнту проведено хірургічну резекцію новоутворення з подальшим застосуванням електрохіміотерапії з блеоміцином у дозі 15 000 IU/м² внутрішньовенно з локальною електропорацією. Уже після першого сеансу відзначалося зменшення болю, зниження ексудації та часткове зменшення пухлинного осередку на 25–30%. Після другого сеансу спостерігалися стабілізація процесу, відновлення апетиту та покращення гематологічних показників, що свідчило про зменшення інтоксикації.

Таким чином, поєднання хірургічного втручання та електрохіміотерапії з блеоміцином довело свою ефективність у лікуванні плоскоклітинної карциноми у собак. Використання радіоміметиків забезпечує високу локальну результативність, добру переносимість пацієнтами та економічну доцільність, що підтверджує перспективність цього підходу для практичної ветеринарної онкології як альтернативи або доповнення до традиційної променевої терапії.

Ключові слова: радіоміметики, променева терапія, собака, плоскоклітинна карцинома.

Вступ. У сучасній ветеринарній онкології зростає актуальність пошуку ефективних альтернатив або доповнень до променевої терапії. Однією з перспективних груп препаратів є радіоміметики – хімічні сполуки, здатні індукувати ушкодження ДНК, подібні до тих, які створює іонізуюче випромінювання, зокрема подвійні розриви ланцюгів ДНК (double-strand breaks). Такий механізм дії дає змогу застосовувати радіоміметики як «вітиснювачі» або підсилювачі ефекту променевої терапії, особливо в тих випадках, коли доступ до апаратів опромінення обмежений [3].

Радіоміметики мають різні класи: глікопептиди (наприклад, блеоміцин), енедієни, антрахінони та інші з'єднання, що генерують радикали й створюють структурні пошкодження ДНК (що нагадують ефект радіації). Блеоміцин, зокрема, – один із найвивченіших представників глікопептидних радіоміметиків. Його дія часто порівнюється з дією іонізуючого випромінювання, оскільки він може індукувати множинні близько розташовані подвійні розриви ДНК, що призводять до хромосомних ушкоджень, якщо механізми репарації у клітині не справляються [7].

У клінічному контексті низка науковців застосовувала блеоміцин у поєднанні з іншими методами лікування, наприклад з електрохіміотерапією, коли поєднують введення препарату з місцевим імпульсним електричним полем, що підсилює проникнення молекули в клітину-мішень [5]. У ветеринарній практиці електрохіміотерапія з використанням блеоміцину або цисплатину зарекомендувала себе як ефективний метод лікування різних типів пухлин, особливо в ситуаціях, коли хірургічне втручання не дає змоги повністю видалити новоутворення або існують обмеження щодо застосування променевої терапії. У закордонних ветеринарних протоколах лікування наголошується, що для електрохіміотерапії слід використовувати лише перевірені цитотоксини, зокрема блеоміцин і цисплатин, щоб гарантувати ефект електропорації [10].

В експериментальних та клінічних дослідженнях було продемонстровано, що електрохіміотерапія з блеоміцином може забезпечити регресію пухлин, зменшення клітинної проліферації та контроль росту з мінімальною системною токсичністю [1]. Низка дослідників відзначила, що у собак зі шкірними плоскоклітинними карциномами електрохіміотерапія з блеоміцином призводить до зниження індексу проліферації Ki-67 та зменшення об'єму пухлини [6].

У дослідженнях комбінованого місцевого та системного застосування блеоміцину було продемонстровано добру переносимість препарату без виражених проявів токсичності, при цьому ефективність такого підходу порівнювали з результатами одноразового введення [8]. Окрім того, у дослідженнях *in vitro* було показано, що блеоміцин може індукувати клітинне старіння (*senescence*) та пригнічення експресії Rad51 – білка, важливого для гомологічної рекомбінації ДНК. А це, своєю чергою, збільшує ефект накопичення ушкоджень ДНК [5]. Цей ефект може бути корисним у комбінованому лікуванні пухлин із дефектними механізмами репарації ДНК.

У ветеринарній онкології дослідження, присвячені саме застосуванню блеоміцину в електрохіміотерапії, довели свою ефективність на низці пухлин м'яких тканин у собак. Наприклад, електрохіміотерапія з блеоміцином і цисплатином після неповного видалення пухлин м'яких тканин показала позитивні локальні відповіді та мінімальні побічні ефекти [9]. У науковому огляді інших авторів підкреслено, що блеоміцин та цисплатин – єдині підтверджені препарати для електрохіміотерапії, рекомендовані сучасними клінічними протоколами [10].

Плоскоклітинна карцинома є злоякісним новоутворенням, яке формується з епітеліальних клітин шкіри або слизових оболонок. Для цього типу пухлини характерні переважно локальний ріст, часте утворення виразок та розвиток запальних ускладнень [2]. Водночас частота її виникнення нижча порівняно з аденокарциномами молочних залоз. У звіті по 17-ти випадках подібних хвороб плоскоклітинна карцинома собак відзначалася «агресивністю», можливістю метастазування, поганими прогнозами за пізнього виявлення [4].

Таким чином, саме радіоміметики, особливо блеоміцин у складі електрохіміотерапії, являють собою перспективний підхід до лікування плоскоклітинної карциноми у собак, зокрема коли радіотерапія недоступна або ризик хірургічного втручання надто високий. Зважаючи на актуальність тематики, доречним і своєчасним є опис клінічного випадку лікування пухлини міжлопаткової ділянки із застосуванням радіоміметиків.

Мета роботи – представити детальний опис клінічного випадку плоскоклітинної карциноми (G1) міжлопаткової ділянки у собаки з урахуванням анамнестичних даних, результатів клінічного обстеження, лабораторних та гістологічних досліджень, а також оцінити можливості сучасних терапевтичних підходів. Особливу увагу зосереджено на аналізі доцільності застосування радіоміметиків, зокрема блеоміцину, у поєднанні з електропорацією як ефективної та економічно обґрунтованої альтернативи променевої терапії, що часто є недоступною у ветеринарній практиці України. Робота має на меті не лише підкреслити клінічні особливості перебігу пухлин у складних анатомічних ділянках, а й обґрунтувати перспективність використання радіоміметиків у ветеринарній онкології для підвищення якості життя та тривалості виживання хворих тварин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися на кафедрі нормальної та патологічної морфології і фізіології факультету ветеринарної медицини і технологій у тваринництві Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» та на базі приватної ветеринарної клініки «Vet Generation», м. Київ.

У дослідницькій апробації було проаналізовано анамнестичні дані та результати клінічного обстеження собаки з підозрою на пухлину шкіри у міжлопатковій ділянці. Під час дослідження враховували фізіологічні, клінічні та патоморфологічні параметри тварини. Для верифікації діагнозу проводили збір анамнезу зі слів власника, клінічний огляд, вимірювання температури тіла, оцінку фізіологічного стану тварини, а також лабораторні дослідження. Окрім стандартних методів діагностики, застосовували рентгенологічне обстеження для виключення віддалених метастазів та оцінки стану кісткової тканини. Додатково було проаналізовано ефективність терапевтичних підходів. Зважаючи на складність радикального хірургічного втручання у міжлопатковій зоні та обмеженість застосування променевої терапії у ветеринарній практиці України, проведено апробацію використання радіоміметиків, зокрема блеоміцину, у складі електрохіміотерапії.

Під час виявлення новоутворення було застосовано гістологічне дослідження біологічного матеріалу, що дало змогу встановити діагноз – плоскоклітинна карцинома (G1). Матеріалом гістологічного дослідження став біологічний матеріал, отриманий після ексцизії пухлини. Далі провели фіксацію зрізів органу товщиною 5 мкм у 10% формаліні, які потім були пофарбовані за загальноприйнятою методикою, забарвлення мазків проводилося гематоксилин-еозином. Заливка в ParaplastPlus®. Частину гістологічних зрізів отримано за допомогою заморожуючого мікротому МЗ-2, частину – шляхом заливання до парафіну та нарізки на санному мікротомі МС. Зафарбовані зрізи було заключено у синтетичний бальзам. Для мікроскопічного дослідження застосовувався світловий мікроскоп Microscope: DM3000, Camera: FLEXACAM-C1-2721240065, Format: 2160p, 3840x2160.

Відбір зразків крові для гематологічних та біохімічних досліджень у собаки проводили шість разів (у день постановки діагнозу, у день оперативного втручання, на наступний день після операції та ще три рази з інтервалом у три дні) з метою відстеження динаміки показників у процесі лікування. Гематологічні дослідження включали мікроскопію мазків периферичної крові. Біохімічні показники сироватки визначали за допомогою автоматичного аналізатора «STAT FAX 1904+» (США). Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили визначенням середнього арифметичного (M), його похибки (m) та рівня вірогідності (p) з використанням таблиці t -критеріїв Стюдента, а також за допомогою стандартного пакету Statistica у програмі Microsoft Excel 2013 і Statsf.

Як видно з табл. 1, у собаки відзначено значний лейкоцитоз ($28,40 \pm 0,12$ за норми $6,0-17,0$), що вказує на виражений запальний процес. Підвищений рівень нейтрофілів ($88,00 \pm 0,08\%$) у поєднанні зі зниженим відсотком лімфоцитів ($7,00 \pm 0,06\%$) підтверджує наявність гострої запальної реакції організму на пухлинний процес. Водночас зниження кількості еритроцитів ($4,90 \pm 0,05$) та рівня гемоглобіну ($102,00 \pm 0,04$ г/л) свідчить про розвиток анемії хронічного захворювання. Тромбоцитопенія ($92,00 \pm 0,07$) може бути пов'язана як із пухлинною інтоксикацією, так і з виснаженням резервів кісткового мозку.

Біохімічний аналіз крові у пацієнта вказує на підвищення активності печінкових ферментів: АЛТ ($115,60 \pm 0,05$) та АСТ ($128,20 \pm 0,06$), що свідчить про ураження гепатоцитів та розвиток токсичного гепатиту. Високий рівень лужної фосфатази ($420,00 \pm 0,10$) може бути наслідком холестазу чи метастатичного ураження. Гіпоальбумінемія ($22,40 \pm 0,03$) у поєднанні з гіперглобулінемією ($60,00 \pm 0,04$) підтверджує хронічний запальний процес та імунну відповідь організму.

Таблиця 1. Гематологічні та біохімічні показники крові за плоскоклітинної карциноми ($M \pm m$)

Показник	Норма (собаки)	Результати дослідів у собаки ($M \pm m$)
Лейкоцити (WBC), $\times 10^9/\text{л}$	6,0–17,0	$28,40 \pm 0,12^*$
Нейтрофіли, %	60–83	$88,00 \pm 0,08^*$
Лімфоцити, %	12–30	$7,00 \pm 0,06^*$
Еритроцити (RBC), $\times 10^{12}/\text{л}$	5,5–8,5	$4,90 \pm 0,05^*$
Гемоглобін (Hb), г/л	110–190	$102,00 \pm 0,04^*$
Тромбоцити, $\times 10^9/\text{л}$	117–460	$92,00 \pm 0,07^*$
АЛТ (ALT), U/l	17–78	$115,60 \pm 0,05^*$
АСТ (AST), U/l	17–44	$128,20 \pm 0,06^*$
Лужна фосфатаза (ALP), U/l	13–83	$420,00 \pm 0,10^*$
Альбумін, г/л	26–40	$22,40 \pm 0,03^*$
Глобуліни, г/л	28–46	$60,00 \pm 0,04^*$
Сечовина, ммоль/л	3,2–10,4	$13,10 \pm 0,05^*$
Креатинін, мкмоль/л	35–124	$82,00 \pm 0,04$
Кальцій, ммоль/л	2,3–3,0	$3,20 \pm 0,02^*$

Значення подано у форматі $M \pm m$ () – показники, що мали статистично достовірні відмінності порівняно з фізіологічною нормою ($P < 0,005$); н.д. – різниця недостовірна.

Підвищений рівень сечовини ($13,10 \pm 0,05$) відображає порушення білкового обміну, а гіперкальціємія ($3,20 \pm 0,02$) може бути паранеопластичним синдромом, характерним для злоякісних пухлин. Рівень креатиніну ($82,00 \pm 0,04$) залишався в межах норми, що свідчить про збережену функцію нирок.



Рис. 1. Клінічний вигляд плоскоклітинної карциноми (G1) у міжлопатковій ділянці собаки. Новоутворення з ділянками виразкування, некрозу та ексудації (кобель, 6 років)

Макроскопічно (рис. 1) у міжлопатковій ділянці собаки виявлено новоутворення вузлової форми діаметром близько 5 см, щільної консистенції, з нерівними контурами. Поверхня пухлини була частково виразкована, у центральній частині спостерігалися ділянки некрозу з виділенням серозно-гнійного ексудату, що супроводжувалося гіперемією навколишніх тканин і місцевою запальною реакцією. Шкіру навколо утворення було депільовано для проведення діагностичних процедур та подальшого лікування.

Під час мікроскопічного дослідження біопсійного матеріалу (рис. 2) було встановлено, що новоутворення має епітеліальну природу і характеризується сквамозною диференціацією пухлинних клітин.

Виявлено асоційовані з епітелієм тяжі та гнізда атипівих кератиноцитів, які інфільтрують у підлеглу дерму. Пухлинні клітини демонструють виражений ядерний поліморфізм та гіперхромію, серед яких зустрічаються клітини зі збільшеним ядром та зміненим співвідношенням «ядро/цитоплазма». У середньому нараховано 2 мітози на 10 великих полів зору мікроскопа, переважно типової морфології, що відповідає низькому ступеню малігнізації.

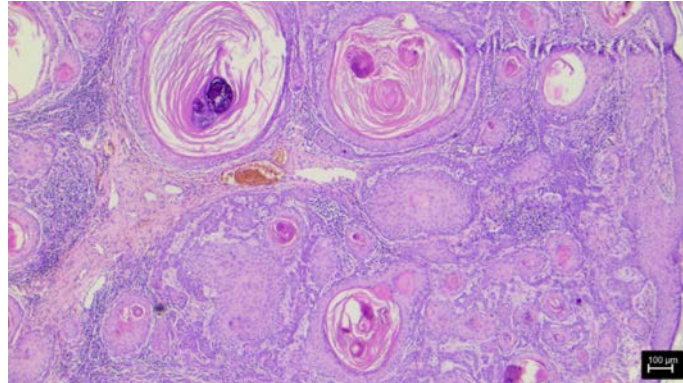


Рис. 2. Гістологічна картина плоскоклітинної карциноми (G1) у собаки (кобель, 6 років)

Фарбування гематоксилін-еозином. Заливка в ParaplastPlus®.

Image Size: 1280x720; Real Size: 2 703,34 μm x 1 519,71 μm

Microscope: DM3000, Obj. Mag: 4, Zoom Iris :0

Camera: FLEXACAM-C1-2721240065, Format: 2160p, 3840x2160, Exposure: 20.500 ms

Міжклітинні контакти добре виражені, цитоплазма пухлинних клітин рясна, інтенсивно еозинофільна. Ядра мають округлу або овальну форму, із дрібнозернистим хроматином та 1–3 вираженими ядерцями. Анізокариоз оцінюється як помірний, що свідчить про відносну однорідність клітинного складу.

Важливою морфологічною ознакою є наявність кератинових перлин, а також вогнищ ороговіння окремих клітин, що підтверджує діагноз плоскоклітинної карциноми високого ступеня диференціації (G1). У ділянках пухлини з виразками визначалися вогнища некрозу, а також запальні інфільтрати, представлені переважно нейтрофілами та макрофагами. Периферійні тканини характеризувалися набряком, повнокрів'ям судин та поодинокими ділянками екстравазації еритроцитів.

Таким чином, гістологічна картина узгоджується з діагнозом плоскоклітинна карцинома (G1) у міжлопатковій ділянці собаки, з характерними ознаками ороговіння та формуванням кератинових перлин, що підтверджує доброякісніший перебіг порівняно з карциномами низького ступеня диференціації.

Пацієнту було проведено хірургічне видалення пухлини (ексцизію плоскоклітинної карциноми міжлопаткової ділянки) з метою максимального усунення пухлинного осередку. Післяопераційний перебіг супроводжувався помірним больовим синдромом та серозним ексудатом із ранової поверхні, що було контрольовано симптоматичною терапією. Із метою профілактики місцевого рецидиву та підвищення ефективності лікування було застосовано електрохіміотерапію з використанням блеоміцину у дозі 15 000 IU/m² внутрішньовенно з подальшою локальною електропропацією тканин у зоні хірургічного втручання.

Таблиця 2. Динаміка клінічних та лабораторних показників після електрохіміотерапії (EXT)

Показник	До лікування	Після 1-го сеансу EXT	Після 2-го сеансу EXT
Біль (клінічна оцінка)	Виражений, собака неспокійний	Помірний, зниження вилизування	Мінімальний, пацієнт спокійний
Ексудація з пухлини	Рясна, серозно-гнійна	Зменшення на 50%	Майже відсутня
Розмір пухлини	100% (вихідний)	Зменшення на 25–30%	Стабілізація, без подальшого росту
Апетит	Відсутній	Почав уживати їжу частково	Апетит відновився
Загальна активність	Млявість, апатія	Помірне підвищення	Нормалізація, підвищений інтерес до оточення
Лейкоцити ($\times 10^9/\text{л}$)	28,40	20,10	14,80
Еритроцити ($\times 10^{12}/\text{л}$)	4,90	5,40	5,90
Гемоглобін (г/л)	102,00	118,00	132,00

Після проведення першого сеансу електрохіміотерапії (табл. 2) відзначалося зменшення больових відчуттів, зниження ексудації з післяопераційної рани, а також часткове зменшення набряку та запальної реакції тканин (на 25–30% порівняно з вихідним станом). Собака став більш спокійним, активним, знизилася частота вилизування ділянки шва.

Після другого сеансу електрохіміотерапії було досягнуто стабілізацію процесу: загоєння післяопераційної рани відбувалося без ускладнень, відновився апетит, нормалізувалася поведінкова активність тварини.

У динаміці лабораторних досліджень відзначено нормалізацію частини гематологічних показників: рівень лейкоцитів знизився, відзначалося підвищення кількості еритроцитів та гемоглобіну порівняно з попередніми результатами, що свідчило про зменшення інтоксикації та поліпшення загального стану організму.

Висновки. Радіоміметики завдяки здатності імітувати ефекти іонізуючого випромінювання поєднують у собі переваги променевої терапії та хіміотерапії, але без необхідності складного обладнання. Це робить їх перспективним та економічно доцільним методом у ветеринарній онкології, особливо у випадках, коли класична променева терапія є недоступною або протипоказаною.

Використання блеоміцину як радіоміметика у складі електрохіміотерапії продемонструвало виражений позитивний ефект описаного клінічного випадку. Застосування даного методу дає змогу значно знизити клінічні прояви пухлинного процесу, сприяє швидшій стабілізації стану пацієнта та є економічно вигідним порівняно з променевою терапією, яка часто залишається малодоступною у ветеринарних клініках України.

Основними перевагами використання блеоміцину є його висока локальна ефективність за поєднання з електропорцією, відносна безпека для організму та доступність для практичного застосування. Серед потенційних обмежень слід урахувати ризик розвитку легеневого фіброзу за перевищення кумулятивної дози та необхідність регулярного моніторингу функцій нирок. Наші результати узгоджуються з даними сучасних досліджень, які підтверджують ефективність блеоміцину в схемах електрохіміотерапії у собак.

Список використаних джерел

1. Коренєва Ж., Телятніков А., Хіміч М., Найдіч О., Столяренко М. Морфологічна характеристика деяких пухлин шкіри та її похідних у дрібних домашніх тварин. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*. 2021. Вип. 98. С. 46–52. DOI: <https://doi.org/10.37000/abbsl.2021.98.08>.
2. Ліщук С.Г., Ковальова О.М., Добровольський В.А. Морфолого-гістологічна діагностика новоутворень молочної залози у кішок. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. Вип. 3(40). *Ветеринарні науки*. С. 113–117. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.17>.
3. Самойлюк Г.В. Поширеність пухлинної патології собак в умовах мегаполісу. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2021. Т. 9. № 2. С. 98–104. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/6178> (дата звернення: 07.10.2025).
4. Chandrashekaraiiah M., Ranganath L., Shivananda Reddy P.M., Sharanagouda P.S., Ranganath B.R. Clinicopathological studies of cutaneous squamous cell carcinoma in dogs: a report of 17 cases. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*. 2011. Vol. 4. No. 2. P. 121–126. URL: https://bjvp.org.br/wp-content/uploads/2015/07/DOWNLOAD-FULL-ARTICLE-16-20881_2011_7_5_35_7.pdf (дата звернення: 07.10.2025).
5. Chen M., Chen J., Xu Y., et al. Bleomycin induces cellular senescence and suppresses Rad51 expression in lung cancer cells. *Frontiers in Oncology*. 2024. Vol. 14. Article 1341221. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1341221>.
6. De Anjos D.S., De Faria J.L.M., Lima J.C., et al. Electrochemotherapy induces cell cycle arrest and decreases the proliferative index in canine cutaneous squamous cell carcinoma. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. Article 17300. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52461-6>.
7. Deli M. Mechanism of Action and Use of Radiomimetic Compounds. Part 2: Radiomimetic Substances of Bacterial Origin. *Acta Medica Marisiensis*. 2023. Vol. 69. No. 4. P. 408–414. DOI: <https://doi.org/10.2478/amma-2023-0027>.
8. Maglietti F., Tellado M., Olaiz N., Michinski S., Marshall G. Combined local and systemic bleomycin for electrochemotherapy protocols: case study in veterinary oncology. *Veterinary Oncology Journal*. 2016. P. 1–8. URL: <https://www.vetoncologia.com/wp-content/uploads/2016/03/Combined-local-and-systemic-bleomycin.pdf> (дата звернення: 07.10.2025).
9. Spugnini E.P., Azzarito T., Fais S., Fanciulli M., Baldi A. Adjuvant electrochemotherapy with bleomycin and cisplatin for canine soft tissue sarcomas: 30 cases. *Open Veterinary Journal*. 2019. Vol. 9. No. 2. P. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i2.4>.
10. Tellado M., Spugnini E.P., De Vito R., et al. Veterinary Guidelines for Electrochemotherapy. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. Article 868989. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.868989>.

Lishchuk S. G.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: itomlin@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6294-5259*

Dobrovolsky V. A.

*Master of Veterinary Medicine,
Assistant at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: Dobrovolsky.va@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2678-5649*

Kovalova O. M.

*Master of Veterinary Medicine,
Assistant at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: frolova.vas4422@gmail.com
ORCID: 0009-0000-9131-9380*

MODELING THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION IN VETERINARY MEDICINE: CLINICAL APPLICATION OF RADIOMIMETICS IN CANINE SQUAMOUS CELL CARCINOMA

Abstract

Radiomimetics are a class of antitumor agents that mimic the effects of ionizing radiation by inducing DNA strand breaks in cancer cells. They provide therapeutic efficacy comparable to radiotherapy but without the need for expensive equipment, which makes them highly promising for veterinary oncology, especially in regions with limited access to radiation therapy. One of the most effective radiomimetic agents is bleomycin, which is widely used in electrochemotherapy (ECT) protocols.

This article presents a clinical case of well-differentiated squamous cell carcinoma (G1) in a 6-year-old, 30-kg working dog. The tumor was localized in the interscapular region, characterized by firm consistency, areas of necrosis, and serous-purulent exudation. Histological examination confirmed the diagnosis of squamous cell carcinoma with squamous differentiation of neoplastic cells.

The patient underwent surgical excision of the tumor followed by ECT with bleomycin at a dose of 15,000 IU/m² administered intravenously in combination with local electroporation. After the first session, a significant reduction in pain, decreased exudation, and partial reduction of the tumor mass (25–30%) were observed. Following the second session, the disease process stabilized, appetite returned, and hematological parameters improved, indicating reduced systemic intoxication.

In conclusion, the combination of surgical intervention and electrochemotherapy with bleomycin demonstrated high efficacy in the treatment of squamous cell carcinoma in dogs. The use of radiomimetics ensures strong local effectiveness, good tolerance by patients, and economic feasibility, highlighting the potential of this therapeutic approach for practical veterinary oncology.

Key words: radiomimetics, dog, squamous cell carcinoma.

References

1. Korenieva, Zh., Teliatnikov, A., Khymych, M., Naidych, O., & Stoliarenko, M. (2021). Morfologichna kharakterystyka deiaknykh pukhlyn shkir y ta yii pokhidnykh u dribnykh domashnikh tvaryn [Morphological characteristics of some skin tumors and its derivatives in small domestic animals]. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 98, 46–52. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2021.98.08> [in Ukrainian].
2. Lishchuk, S.H., Kovalova, O.M., & Dobrovolskyi, V.A. (2023). Morfoloho-histologichna diahnozyka novoutvoren molochnoi zalozy v kishok [Morphological and histological diagnostics of mammary gland tumors in cats]. *Podilskyi Visnyk: Silske Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika*, 3(40), 113–117. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.17> [in Ukrainian].
3. Samoyliuk, H.V. (2021). Poshyrenist pukhlynnoi patolohii sobak v umovakh mehapolisu [Prevalence of tumor pathology in dogs in urban conditions]. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(2), 98–104. Retrieved from <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/6178> [in Ukrainian].
4. Chandrashekaraiyah, M., Ranganath, L., Shivananda, Reddy, P.M., Sharanagouda, P.S., & Ranganath, B.R. (2011). Clinicopathological studies of cutaneous squamous cell carcinoma in dogs: A report of 17 cases. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*, 4(2), 121–126. Retrieved from https://bjvp.org.br/wp-content/uploads/2015/07/DOWNLOAD-FULL-ARTICLE-16-20881_2011_7_5_35_7.pdf [in English].
5. Chen, M., Chen, J., Xu, Y., et al. (2024). Bleomycin induces cellular senescence and suppresses Rad51 expression in lung cancer cells. *Frontiers in Oncology*, 14, Article 1341221. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1341221> [in English].

-
6. De Anjos, D.S., De Faria, J.L.M., Lima, J.C., et al. (2019). Electrochemotherapy induces cell cycle arrest and decreases the proliferative index in canine cutaneous squamous cell carcinoma. *Scientific Reports*, 9, Article 17300. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52461-6> [in English].
7. Deli, M. (2023). Mechanism of action and use of radiomimetic compounds. Part 2: Radiomimetic substances of bacterial origin. *Acta Medica Marisiensis*, 69(4), 408–414. <https://doi.org/10.2478/amma-2023-0027> [in English].
8. Maglietti, F., Tellado, M., Olaiz, N., Michinski, S., & Marshall, G. (2016). Combined local and systemic bleomycin for electrochemotherapy protocols: Case study in veterinary oncology. *Veterinary Oncology Journal*, 1–8. Retrieved from <https://www.vetoncologia.com/wp-content/uploads/2016/03/Combined-local-and-systemic-bleomycin.pdf> [in English].
9. Spugnini, E.P., Azzarito, T., Fais, S., Fanciulli, M., & Baldi, A. (2019). Adjuvant electrochemotherapy with bleomycin and cisplatin for canine soft tissue sarcomas: 30 cases. *Open Veterinary Journal*, 9(2), 97–102. <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i2.4> [in English].
10. Tellado, M., Spugnini, E.P., De Vito, R., et al. (2022). Veterinary guidelines for electrochemotherapy. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, Article 868989. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.868989> [in English].

Отримано: 23.09.2025

Рекомендовано: 21.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 619:612.014.482.4:636.4

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.41>

Лішук С. Г.

кандидатка сільськогосподарських наук,
доцентка кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: itomlin@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6294-5259

ЗМІНА ФАГОЦИТАРНОЇ АКТИВНОСТІ КЛІТИН КРОВІ СВИНЕЙ ЗА ВПЛИВУ МАЛОЇ ПОГЛИНУТОЇ ДОЗИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Анотація

Дослідження присвячене вивченню впливу малих поглинутих доз іонізуючого випромінювання на гематологічні та імунологічні показники свиней, які утримуються в агроєкосистемі Полісся України.

Проблема тривалої присутності у довкіллі радіонуклідів, зокрема ^{137}Cs і ^{90}Sr , зумовлює нагальну потребу в чутливих біомаркерах субклінічних зрушень у продуктивних тварин. У результаті дослідження встановлено, що хронічне опромінення на рівні приблизно 1,5 мГр/рік супроводжується помірними, але статистично значущими трансформаціями гематологічних показників: реєструється підвищення чисельності еритроцитів і лейкоцитів, що інтерпретується як компенсаторна стимуляція кровотворення. Водночас виявлено виражене зниження фагоцитарної активності нейтрофілів, у середньому на 35–40% порівняно з контрольними тваринами, що вказує на ослаблення клітинної ланки природного імунітету та ймовірне виснаження фагоцитарного резерву за тривалого низькодозового навантаження. Одночасність адаптаційних і дисфункціональних процесів підкреслює нелінійну природу відповіді на малі дози іонізуючої радіації, включаючи порушення редокс-балансу, активацію або виснаження антиоксидантних механізмів та субклітинні зміни, що передують клінічним проявам.

Біохімічні показники плазми у більшості тварин залишалися в межах фізіологічних норм, що свідчить про адаптаційно-компенсаторний характер виявлених зрушень без розвитку явної системної патології.

Практичне значення роботи полягає у тому, що фагоцитарну активність нейтрофілів можна рекомендувати як інформативний ранній біомаркер впливу малих доз радіації на тварин і як інструмент для включення в програми екологічного та ветеринарно-санітарного моніторингу, спрямовані на оцінку ризиків і забезпечення безпеки тваринництва та кінцевих продуктів харчування.

Ключові слова: свині, іонізуюче випромінювання, фагоцитоз, ^{137}Cs , ^{90}Sr , периферична кров, радіоекологія.

Вступ. Проблема впливу малих доз іонізуючого випромінювання на організм сільськогосподарських тварин залишається однією з найважливіших у сучасній радіобіології та ветеринарній медицині. Незважаючи на тривалу історію вивчення цього питання, механізми адаптаційних реакцій і межі безпечних доз для біологічних систем досі залишаються предметом наукових дискусій. Особливу увагу приділяють вивченню змін клітинного імунітету, зокрема фагоцитарної активності лейкоцитів як одного з найбільш чутливих біомаркерів дії низькодозового хронічного опромінення [9].

Сьогодні відомо, що навіть незначні рівні іонізуючої радіації здатні змінювати редокс-гомеостаз клітин, викликати утворення активних форм кисню та порушення сигналізації цитокінів, що, своєю чергою, впливає на функціональну активність клітин крові [7]. Дослідження на лабораторних тваринах показали, що хронічне опромінення у малих дозах може призводити як до короткочасної стимуляції системи кровотворення, так і до пригнічення фагоцитарної активності нейтрофілів за тривалої дії, що свідчить про розвиток стану радіаційної адаптації [2; 5].

У контексті післяаварійних територій, зокрема зони Полісся України, проблема набуває особливого значення. За даними міжнародних досліджень, навіть через десятиліття після аварії на Чорнобильській АЕС у ґрунтах, воді та кормах зберігаються радіонукліди (^{137}Cs і ^{90}Sr), які здатні накопичуватися в організмах тварин і зумовлювати внутрішнє опромінення [4]. Такі процеси мають хронічний характер і можуть впливати на системи гемопоезу та імунної резистентності сільськогосподарських тварин, у тому числі свиней, які чутливо реагують на зміни середовища [3].

Важливим аспектом сучасних радіобіологічних досліджень є оцінка ефектів малих доз не лише у контексті патології, а й із погляду адаптаційно-компенсаторних механізмів. Зокрема, у роботах К. Люмницького та співавторів (2021) доведено, що низькодозове опромінення може викликати імуномодулюючі ефекти: зниження фагоцитарної активності поєднується з активацією антиоксидантного захисту [9]. Подібні результати отримані у Н. Хамади та Т. Сато (2022), які показали нелінійну залежність між дозою опромінення і вираженістю клітинної відповіді [5].

Ураховуючи дані сучасних міжнародних організацій, зокрема Міжнародної комісії з радіологічного захисту (ICRP, 2020) та Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO, 2023), тривала дія малих доз опромінення

не є біологічно нейтральною, а може зумовлювати накопичення субклітинних змін, що проявляються у чутливих системах організму, зокрема у кровотворній та імунній [6; 10].

Додатково слід відзначити, що радіоактивне забруднення аграрних ландшафтів формується внаслідок накопичення радіонуклідів, зокрема ^{137}Cs і ^{239}Pu , у ґрунтах, кормах і біологічних об'єктах. Установлено, що навіть тривалий вплив малих доз іонізуючого випромінювання викликає неспецифічні адаптаційні реакції організму, характерні для різних стадій стресового синдрому, а також стимулює розвиток компенсаторно-захисних механізмів у системі кровотворення та природної резистентності. Попередні дослідження на великій рогатій худобі, проведені в господарствах Подільського регіону, продемонстрували, що за підвищеного радіонуклідного навантаження відбувається зниження фагоцитарної активності нейтрофілів, зміни білкового спектра сироватки та морфологічні відхилення у клітинах крові, що відображає хронічну дію малих доз випромінювання [1; 8].

Таким чином, оцінка стану клітин крові свиней, особливо фагоцитарної активності лейкоцитів, у зонах із різним рівнем радіоекологічного навантаження має велике значення для розуміння механізмів радіаційної адаптації та розроблення систем біомоніторингу тваринництва в умовах малих доз іонізуючого випромінювання.

Мета роботи – оцінити ступінь змін імунологічних та гематологічних показників периферичної крові свиней під впливом малої поглинутої дози іонізуючого випромінювання в агроєкосистемах України. Для досягнення цієї мети було проведено відбір венозної крові у свиней, які утримуються у господарствах із різним рівнем радіоекологічного навантаження, визначено основні гематологічні та імунологічні параметри периферичної крові, а також проаналізовано взаємозв'язок між величиною поглинутої дози й фагоцитарною активністю клітин крові з метою встановлення адаптаційних реакцій організму.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили протягом 2022–2024 рр. у межах агроєкосистеми Північного та Центрального Полісся України (Житомирська, Київська, Рівненська області). Ці території характеризуються різним рівнем техногенного забруднення радіонуклідами, зокрема ізотопом ^{137}Cs , який залишається одним із головних маркерів постчорнобильського радіоекологічного стану. Обробку даних, частину лабораторних досліджень проводили на кафедрі нормальної та патологічної морфології і фізіології факультету ветеринарної медицини і технологій у тваринництві Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» та на базі приватної ветеринарної клініки «Vet Generation», м. Київ.

Для подальших досліджень відібрано три зони з різним рівнем радіаційного навантаження: I зона (контрольна) – 0,8 мГр/рік; II зона (умовно безпечна) – 1,2 мГр/рік; III зона (експериментальна) – 1,5 мГр/рік.

Радіоекологічне обстеження територій здійснювали за допомогою переносного дозиметра-радіометра СРП-68-01 (виробництва України) та гамма-спектрометра «Gamma M-1C» (НВП «Екоцентр», Київ). Потужність експозиційної дози вимірювали безпосередньо на пасовищах, у місцях розташування свиноферм і на прилеглих сільськогосподарських угіддях.

На основі результатів спектрометричного аналізу та розрахункових методик, викладених у ВП 13.73.13/12-00 «Оцінка доз опромінення сільськогосподарських тварин на території, забрудненій радіонуклідами», було визначено середньорічні поглинуті дози зовнішнього й внутрішнього опромінення тварин. Зазначені дози не перевищували встановлені допустимі рівні для сільськогосподарських територій відповідно до Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97).

У досліді використовували клінічно здорових свиней великої білої породи віком 5–6 місяців, середньою масою тіла 95 ± 6 кг, яких утримували в ідентичних умовах годівлі та утримання.

Тварини перебували у фермерських господарствах, що мали подібні технологічні умови, але відрізнялися рівнем радіоекологічного навантаження. Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментів та інших наукових цілей (Страсбург, 1986), а також Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (ред. 2021 р.).

Для оцінки впливу малих доз іонізуючого випромінювання відібрано:

1. у зоні 0,8 мГр/рік – 30 свиней (контроль) №
2. у зоні 1,2 мГр/рік – 25 свиней;
3. у зоні 1,5 мГр/рік – 22 свині.

Різниця за віком і масою тіла між групами статистично незначуща ($p > 0,05$), що забезпечує коректність порівняльного аналізу.

Проби венозної крові відбирали до 10:00, після 12-годинної годівельної паузи з яремної вени (v. jugularis externa) у вакуумні пробірки об'ємом 9 мл із літій-гепарином.

Під час визначення гематологічних показників досліджували: кількість формених елементів крові (еритроцитів, лейкоцитів) – визначали в камері Горяєва за загальноприйнятою методикою; концентрацію гемоглобіну – визначали колориметричним методом із використанням набору реагентів «Hemoglobin-olvex» (Ольвекс, Україна); швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) – визначали за методом Панченкова; гематокритне число – обчислювали мікроцентрифугуванням у капілярах за 12 000 об/хв протягом 5 хв.

Для контролю точності вимірювань застосовували автоматичний гематологічний аналізатор «Mindray BC-2800Vet».

Фагоцитарну активність лейкоцитів оцінювали *in vitro* за методикою із використанням латексних часток (5×10^8 частинок/мл). Мазок фіксували (зазвичай метанолом) і забарвлювали за Романовським – Гімзою. Оцінку

проводили за допомогою світлової мікроскопії (за загального збільшення 1000× із використанням імерсійної олії).

Для кожного зразка підраховували 100 фагоцитів і визначали: фагоцитарний показник (ФП) – частку лейкоцитів, що містили латексні частки (%); фагоцитарний індекс (ФІ) – середню кількість часток латексу, поглинутих одним фагоцитом.

Зразки плазми крові використовували для визначення: загального білка (метод Б'юрета); активності ферментів АЛТ, АСТ, лужної фосфатази; умісту глюкози (глюкозооксидазним методом). Ці показники розглядали як додаткові маркери метаболічної реакції організму на радіаційне навантаження.

Для оцінки внутрішнього опромінення тварин проводили вимірювання питомої активності радіонуклідів (^{137}Cs і ^{90}Sr) у зразках корму та ґрунту. Відбір зразків здійснювали за методикою ДСТУ ISO 18589-5:2021 «Вимірювання радіоактивності в навколишньому середовищі». Питомі активності визначали методом гамма-спектрометрії в посуді Марінеллі протягом 3600 с.

У середньому в зоні з дозою 1,5 мГр/рік активність ^{137}Cs у ґрунті становила $95,4 \pm 8,6$ Бк/кг, у зеленій масі кормів – $32,1 \pm 4,7$ Бк/кг, тоді як у контрольній зоні (0,8 мГр/рік) відповідні значення були $7,9 \pm 1,3$ Бк/кг і $2,1 \pm 0,4$ Бк/кг.

Результати обробляли методами варіаційної статистики з використанням програм Microsoft Excel 2019 і Statistica 10.0. Для кожного показника обчислювали середнє арифметичне значення (M), середнє квадратичне відхилення (SD), стандартну помилку (m) та коефіцієнт варіації (Cv).

Достовірність різниць між групами визначали за допомогою t-критерію Ст'юдента. Відмінності вважали статистично значущими за $p \leq 0,05$.

За результатами пішохідної гамма-зйомки середні значення потужності експозиційної дози на пасовищах у межах контрольної зони (0,8 мГр/рік) становили $0,12 \pm 0,03$ мкЗв/год, у зоні 1,2 мГр/рік – $0,21 \pm 0,05$ мкЗв/год, а на територіях із найбільшим рівнем навантаження (1,5 мГр/рік) – $0,28 \pm 0,06$ мкЗв/год.

Активність ^{137}Cs у ґрунті коливалася в межах 7,9–95,4 Бк/кг, що відповідає класифікації агроєкосистем із низьким і середнім рівнями техногенного радіоактивного забруднення. Установлено, що питомі активності ізотопів у рослинній масі пропорційно зростають до рівня ґрунтових значень, підтверджуючи стабільний механізм трофічного переносу радіонуклідів.

Усі свині мали задовільний загальний стан, активну поведінку, апетит збережений, температура тіла – $38,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$, частота пульсу – 78 ± 6 уд./хв, частота дихання – 20 ± 4 /хв. Слизові оболонки чисті, рожеві; лімфатичні вузли не збільшені, підшкірна жирова клітковина розвинена помірно, що відповідає середній вгодованості (перша група за ДСТУ 4427:2005). Жодних клінічних ознак анемії, інтоксикації чи дерматологічних порушень не виявлено.

Як видно з табл. 1, у тварин, що перебували під впливом дози 1,5 мГр/рік, кількість лейкоцитів була достовірно вищою на 31% ($p < 0,01$), а еритроцитів – на 21% ($p < 0,05$) порівняно з контролем. Такі зміни можна розцінювати як компенсаторну реакцію системи кровотворення у відповідь на низькодозове хронічне опромінення, що стимулює проліферативну активність клітин кісткового мозку.

Таблиця 1. Гематологічні показники периферичної крові свиней за різних рівнів поглинутої дози іонізуючого випромінювання ($M \pm m$)

Показник	0,8 мГр/рік (n=30)	1,2 мГр/рік (n=25)	1,5 мГр/рік (n=22)
Лейкоцити, $\times 10^9/\text{л}$	$11,3 \pm 0,5$	$12,9 \pm 0,6^*$	$14,8 \pm 0,7^{**}$
Еритроцити, $\times 10^{12}/\text{л}$	$6,2 \pm 0,3$	$6,9 \pm 0,4$	$7,5 \pm 0,3^*$
Гемоглобін, г/л	$116,5 \pm 5,2$	$119,1 \pm 4,8$	$121,9 \pm 5,1$
Гемокрит, %	$36,2 \pm 1,8$	$37,5 \pm 1,7$	$38,9 \pm 2,0$
ШОЕ, мм/год	$0,9 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,2^*$

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ відносно контрольної групи (0,8 мГр/рік).

Підвищення ШОЕ на 55% у групі з максимальною дозою свідчить про активацію білкового обміну та зміни колоїдно-осмотичних властивостей плазми. Подібні тенденції раніше спостерігалися у великої рогатої худоби в умовах низьких доз [1; 5].

Таблиця 2. Біохімічні показники плазми крові свиней за різних рівнів радіаційного навантаження ($M \pm m$)

Показник	0,8 мГр/рік	1,2 мГр/рік	1,5 мГр/рік
Загальний білок, г/л	$68,4 \pm 3,2$	$71,1 \pm 2,8$	$74,8 \pm 2,6^*$
Глюкоза, ммоль/л	$4,1 \pm 0,2$	$4,4 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,3$
АЛТ, Од/л	$29,6 \pm 3,0$	$33,8 \pm 2,4$	$37,9 \pm 2,2^*$
АСТ, Од/л	$34,2 \pm 2,8$	$36,5 \pm 2,5$	$41,7 \pm 2,6^*$
Лужна фосфатаза, Од/л	$81,5 \pm 6,9$	$89,3 \pm 7,2$	$96,4 \pm 6,4$

*Примітка: – $p < 0,05$ порівнянні з контрольною групою.

Зростання концентрації загального білка (табл. 2) вказує на активацію синтетичних процесів у печінці, що є компенсаторною реакцією на вплив хронічного стресора. Підвищення активності ферментів АЛТ і АСТ, зафіксоване в експериментальній групі, може свідчити про помірне навантаження на гепатоцити, однак отримані значення залишалися в межах фізіологічних норм для свиней.

Фагоцитарну активність лейкоцитів (табл. 3) оцінювали за відсотком клітин, що поглинули латексні частинки (фагоцитарний показник, ФП), і середньою кількістю часток, поглинутих одним фагоцитом (фагоцитарний індекс, ФІ), також відомим як фагоцитарне число – середня кількість латексних часток, поглинутих одним

активним фагоцитом. ФІ слугує мірою інтенсивності фагоцитозу, відображаючи поглинальну спроможність окремої клітини. Ці показники дають змогу комплексно оцінити функціональний стан фагоцитарної ланки.

Таблиця 3. Фагоцитарна активність лейкоцитів периферичної крові свиней ($M \pm m$)

Показник	0,8 мГр/рік	1,2 мГр/рік	1,5 мГр/рік
Фагоцитарний показник (ФП), %	47,8 $\pm$ 2,9	38,6 $\pm$ 2,4*	30,9 $\pm$ 2,1**
Фагоцитарний індекс (ФІ), част./клітину	4,2 $\pm$ 0,3	3,1 $\pm$ 0,2*	2,6 $\pm$ 0,2**

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ порівняно з контролем.

У свиней, що перебували під впливом дози 1,5 мГр/рік, фагоцитарний показник зменшився на 35%, а фагоцитарний індекс – на 38% відносно контрольних значень.

Мікрофотографія (рис. 1) демонструє активний фагоцитоз нейтрофілом у крові опромінених тварин. У цитоплазмі нейтрофіла чітко візуалізуються поглинені елементи (забарвлені у фіолетовий колір), що інтерпретуються як фрагменти клітин або клітинні уламки (детрит), які утворилися внаслідок радіаційного пошкодження. Їхня присутність у цитоплазмі нейтрофіла є свідченням активного процесу фагоцитозу, спрямованого на очищення організму від уражених елементів. Цей процес є свідченням механізму санації організму, спрямованого на очищення від уражених структур. Навколо фагоцита розташовані еритроцити, що мають нормальну морфологію.

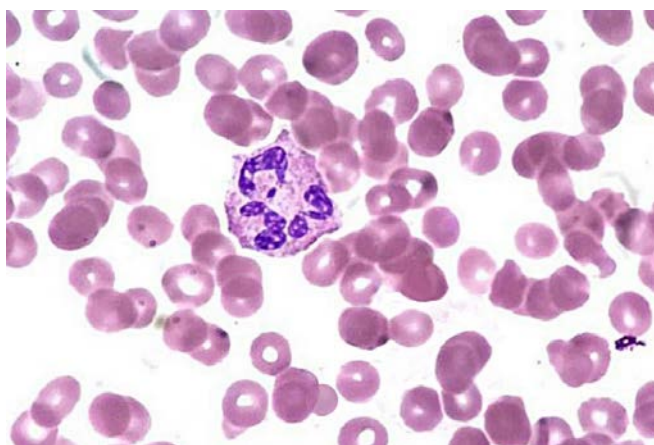


**Рис. 1. Фагоцитоз клітинних уламків нейтрофілом після іонізуючого випромінювання
Фарбування за Романовським-Гімзою**

Image Size: 1280x720; Real Size: 2 703,34 μm x 1 519,71 μm

Отримані дані свідчать, що малі дози іонізуючого випромінювання (до 2 мГр/рік) спричиняють у свиней подвійний біологічний ефект – стимулюючий щодо гемопоєзу та інгібуючий – щодо клітинного імунітету.

Стимуляція еритро- та лейкопоєзу, імовірно, пов'язана з адаптаційною реакцією організму, спрямованою на підтримання гомеостазу в умовах постійного слабкого впливу радіації. Підвищення кількості еритроцитів і рівня гемоглобіну може мати компенсаторно-антигіпоксичний характер, тоді як збільшення кількості лейкоцитів – результат мобілізації імунної системи.

З іншого боку, зниження фагоцитарної активності нейтрофілів свідчить про порушення клітинних механізмів неспецифічного імунного захисту. Це може бути наслідком оксидативного стресу та зниження енергетичного потенціалу фагоцитів.

Важливо відзначити, що всі зареєстровані зміни не виходили за межі фізіологічної адаптації. Таким чином, 1,5 мГр/рік можна розглядати як порогову дозу, за якої в організмі свиней починають проявлятися ранні ознаки імуномодулювальної дії хронічного опромінювання.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що в умовах Полісся України середньорічна поглинута доза іонізуючого випромінювання на рівні 1,5 мГр/рік не спричиняє клінічно виражених патологічних змін у свиней великої білої породи, проте зумовлює статистично достовірні відхилення у показниках периферичної крові. Під впливом малої поглинутої дози відзначено підвищення кількості лейкоцитів і еритроцитів, що свідчить про стимулюючий ефект низькодозового хронічного опромінювання на функціональну активність органів кровотворення. Водночас спостерігалось зниження фагоцитарної активності лейкоцитів на 35–38% порівняно з контрольною групою, що вказує на певне пригнічення клітинної ланки неспецифічного імунітету. Отримані результати свідчать про те, що виявлені зміни мають компенсаторно-адаптаційний характер, типовий для фази хронічної радіаційної адаптації, і не супроводжуються вираженими порушеннями біохімічних параметрів крові. Таким чином, фагоцитарну активність нейтрофілів можна розглядати як чутливий біомаркер для раннього виявлення впливу малих доз іонізуючого випромінювання на організм свиней у природних радіоекологічних умовах.

Список використаних джерел

1. Лішчук С., Савчук Л. Радіаційний моніторинг та порівняльний аналіз морфоімунологічних показників крові корів під час тривалого впливу малих доз радіонуклідів. *Науковий прогрес та інновації*. 2024. Т. 27. № 2. С. 78–83. DOI: 10.31210/spi2024.27.02.13.
2. Azzam E.I., Jay-Gerin J.P., Pain D. Ionizing radiation-induced metabolic oxidative stress and prolonged cell injury. *Cancer Letters*. 2012. Vol. 327. № 1–2. P. 48–60. DOI: 10.1016/j.canlet.2011.12.012.
3. Baloh M., Blazevic D., Petrovic S., Fesenko S. Evaluation of radiation exposure and transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr in pigs from contaminated areas. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2022. Vol. 245. P. 106867. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106867.
4. Fesenko S., Howard B.J., Balonov M. Radioecological monitoring of agricultural animals after the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2021. Vol. 233. P. 106603. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106603.
5. Hamada N., Sato T. The linear no-threshold model and hormesis: Current concepts in radiation protection. *International Journal of Radiation Biology*. 2022. Vol. 98. № 3. P. 293–305. DOI: 10.1080/09553002.2021.1959038.
6. ICRP (International Commission on Radiological Protection). Radiological protection of people and the environment (Publication 144). *Annals of the ICRP*. 2020. Vol. 49. № 4. P. 11–145. DOI: 10.1177/0146645320906277.
7. Khan A.U.H., Naranmandura H., Khan M.U. Effects of chronic low-dose internal radiation exposure on immune cell function in mammals. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. № 14. P. 7303. DOI: 10.3390/ijms22147303.
8. Lishchuk S. Influence of ^{232}Th and ^{90}Sr radionuclides on the state of natural animals resistance in radioactively contaminated territories of Ukraine. *Seria: Zeszyty Naukowe*, Nr 87. 2022. P. 37–46. DOI: <https://doi.org/10.58246/hs54m847>
9. Lumniczky K., Impens N., Armengaud J., Candéias S.M. Low dose ionizing radiation effects on the immune system. *Environmental International*. 2021. Vol. 149. P. 106212. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106212.
10. World Health Organization (WHO). Ionizing radiation: health effects and protective measures. Женева: WHO Press, 2023. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

Lishchuk S. G.

Candidate of Agricultural Sciences,

*Associate Professor at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution «Podillia State University»*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: itomlin@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6294-5259

CHANGES IN PHAGOCYTOTIC ACTIVITY OF PIG BLOOD CELLS UNDER THE INFLUENCE OF LOW ABSORBED DOSE IONIZING RADIATION

Abstract

This study examines the effects of low absorbed doses of ionizing radiation on hematological and immunological parameters of pigs kept in the agricultural landscapes of Ukrainian Polissia. The persistent presence of radionuclides in the environment, particularly ^{137}Cs and ^{90}Sr , underscores the need for sensitive biomarkers of subclinical alterations in production animals. The study found that chronic exposure at approximately 1.5 mGy/year is associated with moderate but statistically significant hematological changes: increases in erythrocyte and leukocyte counts, interpreted as compensatory stimulation of hematopoiesis. At the same time, a marked reduction in neutrophil phagocytic activity (on average 35–40% relative to controls) was observed, indicating weakening of the cellular arm of innate immunity and possible depletion of phagocytic reserves under prolonged low-dose exposure. The concurrence of adaptive and dysfunction processes highlights the nonlinear nature of responses to low-dose ionizing radiation, including redox imbalance, modulation of antioxidant mechanisms, and subcellular alterations preceding clinical manifestations. Plasma biochemical indices remained largely within physiological limits, supporting an adaptive-compensatory interpretation of the observed shifts without overt systemic pathology. Practically, neutrophil phagocytic activity is proposed as an informative early biomarker for incorporating into ecological and veterinary-sanitary monitoring programs to assess risks and ensure safety in animal husbandry and food production. Further research and mitigation measures are warranted.

Key words: pigs, ionizing radiation, phagocytosis, ^{137}Cs , ^{90}Sr , peripheral blood, radioecology.

References

1. Lishchuk, S., & Savchuk, L. (2024). Radiatsiynnyi monitorynh ta porivnialnyi analiz morfoimunolohichnykh pokaznykiv krovi koriv pid chas tryvaloho vplyvu malykh doz radionuklidiv [Radiation monitoring and comparative analysis of morphoimmunological parameters of cow blood during prolonged exposure to low doses of radionuclides]. *Naukovyi prohres ta innovatsii*, 27(2), 78–83. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.02.13> [in Ukrainian].
2. Azzam, E.I., Jay-Gerin, J.P., & Pain, D. (2012). Ionizing radiation-induced metabolic oxidative stress and prolonged cell injury. *Cancer Letters*, 327(1–2), 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2011.12.012> [in English].
3. Baloh, M., Blazevic, D., Petrovic, S., & Fesenko, S. (2022). Evaluation of radiation exposure and transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr in pigs from contaminated areas. *Journal of Environmental Radioactivity*, 245, 106867. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106867> [in English].
4. Fesenko, S., Howard, B.J., & Balonov, M. (2021). Radioecological monitoring of agricultural animals after the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 233, 106603. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106603> [in English].
5. Hamada, N., & Sato, T. (2022). The linear no-threshold model and hormesis: Current concepts in radiation protection. *International Journal of Radiation Biology*, 98(3), 293–305. <https://doi.org/10.1080/09553002.2021.1959038> [in English].

6. International Commission on Radiological Protection. (2020). *Radiological protection of people and the environment (Publication 144)*. Annals of the ICRP, 49(4), 11–145. <https://doi.org/10.1177/0146645320906277> [in English].
7. Khan, A.U.H., Naranmandura, H., & Khan, M.U. (2021). Effects of chronic low-dose internal radiation exposure on immune cell function in mammals. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(14), 7303. <https://doi.org/10.3390/ijms22147303> [in English].
8. Lishchuk S. (2022). Influence of ²³²Th and ⁹⁰Sr radionuclides on the state of natural animals resistance in radioactively contaminated territories of Ukraine. *Seria: Zeszyty Naukowe*, 87, 37–46. DOI: <https://doi.org/10.58246/hs54m847> [in English].
9. Lumniczky, K., Impens, N., Armengaud, J., & Candéas, S.M. (2021). Low dose ionizing radiation effects on the immune system. *Environmental International*, 149, 106212. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106212> [in English].
10. WorldHealthOrganization.(2023). *Ionizingradiation: health effects and protective measures*. WHO Press. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures> [in English].

Отримано: 29.09.2025

Рекомендовано: 23.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

УДК 591.4:599.325

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.42>

Савчук Л. Б.

кандидатка сільськогосподарських наук, доцентка,
завідувачка кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: lyuba.savchuk.2015@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6042-8362

Захарова Т. В.

кандидатка ветеринарних наук,
доцентка кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: 0982519138@ukr.net
ORCID: 0000-0001-7792-7996

Крикун Д. О.

здобувачка IV курсу ОС «Магістр»
зі спеціальності 211 «Ветеринарна медицина»,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: daniela_krikun@icloud.com

АНАТОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ГІСТОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ БУДОВИ ШЛУНКА РЯДУ LAGOMORPHA

Анотація

Дослідження спрямоване на з'ясування анатомо-гістологічних особливостей шлунка у деяких представників ряду зайцеподібних. Об'єктом дослідження були продуктивні та декоративні кролики. Актуальність роботи зумовлена необхідністю глибокого розуміння морфофункціональних змін, що відбуваються в організмі тварин під впливом різних умов утримання та типів харчування. Вивчення цих особливостей є важливим для оптимізації раціонів, профілактики захворювань травної системи та підвищення продуктивності. Науково-дослідна робота виконувалася на кафедрі нормальної та патологічної морфології і фізіології ЗВО «ПДУ» та на базі приватної ветеринарної клініки «Vet Generation», м. Київ. Матеріалом для дослідження служили біологічні зразки, що були оброблені за загальноприйнятими гістологічними методиками. У результаті проведеного дослідження виявлено, що гістологічна будова шлунку відрізняється між групами. Ці відмінності є наслідком адаптації до умов існування та харчування. У продуктивних кроликів, які отримують високоенергетичні гранульовані корми, виявлено, що слизова і м'язова оболонки шлунка мають практично однакову товщину. Це свідчить про збалансоване навантаження на секреторний та руховий апарат. Важливою знахідкою є велика кількість залоз дна шлунка ($76,5 \pm 8,9$ шт.), що вказує на інтенсивну секреторну активність. Окрім того, відзначено зменшення площі слизових клітин ($11,9 \pm 0,8$ мкм²), що, ймовірно, пов'язано з підвищенням обігом та виділенням муцину для захисту шлункової стінки. На противагу цьому у декоративних кроликів, раціон яких є менш калорійним і більш різноманітним, виявлено інші особливості. Їхній шлунок характеризується більш тонкими слизовою та м'язовою оболонками. Збільшення площі головних клітин шлунка ($27,76 \pm 1,78$ мкм²) може бути компенсаторним механізмом для посилення виробництва ферментів, необхідних для перетравлення волокнистої їжі.

Ключові слова: анатомія, гістологія, шлунок, кролики, морфометрія, дослідження.

Вступ. Актуальність морфологічних досліджень внутрішніх органів та систем домашніх і диких тварин зумовлена значною кількістю невирішених питань у цій галузі. У контексті цих досліджень особливу увагу привертають представники ряду зайцеподібних, зокрема промислові та декоративні кролики, як об'єкти, що потребують подальшого вивчення [10].

Літературні джерела свідчать про значні відмінності в морфометричних показниках між продуктивними та декоративними породами кроликів. Так, продуктивні кролики каліфорнійської породи досягають 45–50 см у довжину за маси 4,5–5 кг. Натомість декоративні кролики характеризуються меншими розмірами: довжина тулуба становить 30–35 см, а маса тіла – 1,5–2,8 кг [8].

Огляд наукової літератури виявив дефіцит даних щодо морфології органів і систем, зокрема травної, у різних видів ряду зайцеподібних. Наявна інформація є вкрай обмеженою або фрагментарною [1; 4; 6].

У науковій літературі, зокрема в дослідженні Ф. Гондрет (2002), проведено глибокий аналіз морфофункціональних особливостей травного тракту у представників надряду Euarchontoglires. Основну увагу зосереджено на порівняльному вивченні кишечника у двох ключових таксонів – ряду зайцеподібних (Lagomorpha) та ряду гризунів (Rodentia).

Автор представив детальний опис анатомічної будови кишечника, виявляючи суттєві відмінності між досліджуваними видами, що безпосередньо пов'язані з їхніми еволюційними адаптаціями та харчовими стратегіями. У роботі наведено результати порівняльної морфометрії різних відділів кишечника, включаючи довжину, діаметр та співвідношення між сегментами.

Зокрема, дослідження Ф. Гондрет (2002) дало змогу встановити, що структурні особливості кишечника, такі як розвиток сліпої кишки та специфіка її слизової оболонки, відіграють ключову роль у процесах травлення. Ці дані є надзвичайно важливими для розуміння філогенетичних зв'язків між зайцеподібними та гризунами, підтверджуючи їх спільне походження в межах надряду Euarchontoglires на основі морфологічних ознак. Таким чином, ця праця є фундаментальним джерелом для подальших досліджень у галузі порівняльної анатомії та фізіології цих тварин [5].

На сучасному етапі розвитку ветеринарної медицини та біологічних наук дослідження представників ряду зайцеподібних та гризунів набуває особливої актуальності. З огляду на їх значення як об'єктів сільського господарства, лабораторних експериментів та утримання як екзотичних тварин, існує нагальна потреба у кваліфікованих фахівцях.

У цьому контексті навчальний посібник В. О. Пабата [9] є цінним джерелом, що систематизує знання про біологічні, анатомічні та фізіологічні особливості цих тварин, а також питання їх утримання, живлення та патологій. Це сприяє підвищенню компетентності випускників аграрних ВНЗ та спеціалістів, що працюють із цими видами.

Водночас сучасна морфологічна наука приділяє значну увагу всебічному вивченню фауно-екологічних та анатомо-фізіологічних особливостей Lagomorpha. Наукові джерела висвітлюють широкий спектр питань – від морфологічної будови тіла та ареалу поширення до особливостей живлення, життєвого циклу, ролі в трофічних ланцюгах та аспектів охорони видів [7].

Останніми роками зростає інтерес до морфофункціонального підходу, зокрема до аналізу органолімфатичних взаємозв'язків. Цей напрям має велике значення для розроблення нових підходів у відновній медицині та терапії вікових змін [2; 3]. Тому дослідження анатомічної організації шлунка у представників Lagomorpha є актуальним як із фундаментального, так і з прикладного погляду, оскільки дає змогу заповнити наявні прогалини у знаннях.

Мета роботи – здійснення порівняльного аналізу анатомічної будови шлунка у деяких представників ряду Lagomorpha з акцентом на виявлення міжвидових морфологічних відмінностей. Особливу увагу приділено вивченню структурно-функціональної організації досліджуваних органів, що дає змогу встановити морфофункціональні взаємозв'язки між травною системою. Отримані результати мають значення для глибшого розуміння адаптаційних механізмів, характерних для різних видів зайцеподібних, а також можуть бути використані як морфологічне підґрунтя для подальших досліджень у галузі порівняльної анатомії, ветеринарної морфології та еволюційної біології.

Науково-дослідна робота проводилася з метою вивчення порівняльної анатомії та гістології шлунку ряду зайцеподібних, виконана в умовах лабораторії патологічної гістології кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології ЗВО «ПДУ» та на базі приватної ветеринарної клініки «Vet Generation», м. Київ. Було вивчено органокомплекси клінічно здорових кроликів каліфорнійської породи (далі – продуктивні кролики) та декоративних кроликів. Проводили морфометричні дослідження та відбирали матеріал для морфологічного та гістологічного дослідження.

Відбирали матеріал для гістологічних досліджень у 10% забуферений гістологічний формалін. Далі проводили стандартну гістологічну проводку [10]. Отримані блоки нарізали ползковим мікротомом «Leica SM 2000 R» завтовшки 5 мкм. Зрізи тканин забарвлювалися гематоксилін-еозином та іншими спеціальними методами для детального морфометричного аналізу.

Під час гістологічних досліджень проводили підрахунок структурних елементів та визначення розміру морфоструктур. Мікроскопічні дослідження здійснювали за допомогою мікроскопа Micros за збільшення $\times 200$ у десяти полях зору правильно орієнтованих гістологічних зрізів. Заміри основних гістоструктур шлунка та лімфовузлів здійснювалися за допомогою програми NAYEAR. Вимірювання показників проводилося за допомогою програмного забезпечення для аналізу мікроскопічних зображень, а дані були статистично оброблені.

Виклад основного матеріалу дослідження. Суб'єкти дослідження були клінічно здоровими та різних ваги і віку. У всіх суб'єктів було проведено макроскопічне препарування. Під час макроскопічного огляду системи травлення у тварин видно типовий для кролів однокамерний шлунок, розташований у лівій краніальній частині черевної порожнини (рис. 1). Контури органів гладкі, форма грушоподібна, з чіткою великою кривизною, що

лежить вентрокаудально, і малою кривизною – дорсомедіально. Стінки тонкі, рівномірно напівпрозорі; серозна оболонка блискуча, з візуалізацією дрібних судин, особливо вздовж великої кривизни. У кроликів шлунок має тонкі стінки з добре індивідуалізованим кардіальним та пілорним отворами (рис. 1а, б).

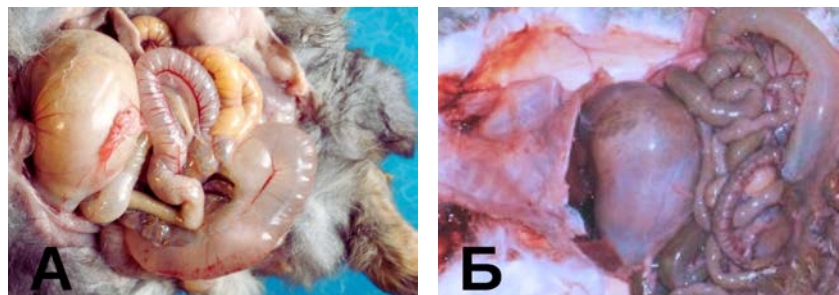


Рис. 1. Система органів травлення кролів: А – каліфорнійська порода, Б – декоративний кролик

Видно дно шлунка, розташоване дорсально від отвору кардії. Тіло та дно формують основний резервуар. У безпосередньому сусідстві праворуч візуалізується велика серпоподібна сліпа кишка, однак вона не деформує шлунок і не змінює його осі, петлі тонкої кишки облягають орган без натягу.

Різниця між різними породами кролів у межах норми переважно кількісна, а не якісна: у перших (А) – тонша, більш прозора стінка, виразніший судинний малюнок, візуально більша післякормова дилатація та відносна «домінанта» сліпої кишки в полі огляду; у другого (Б) – товстіша, оптично щільніша стінка, приглушений судинний рисунок, стриманіша зміна форми після годування й відносно масивніший вигляд шлунка щодо навколишніх відділів. При цьому всі видові анатомічні ознаки шлунка в обох групах однакові, а вираженість наведених відмінностей істотно модулюється моментом годівлі, віком і кондицією.

Порівняльні дані щодо товщини слизової та м'язової оболонок дна шлунка продуктивних і декоративних кроликів представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Товщина оболонок дна шлунка

Шлункові оболонки	Кролик продуктивний (n=5)	Кролик декоративний (n=5)
Слизова оболонка (мкм)	704±23,0	97,19±6,12
М'язова оболонка (мкм)	598±44,0	85,49±3,08
Серозна оболонка (мкм)	201±4,52	110±1,45

Як видно з табл. 1, товщина слизової оболонки шлунка продуктивних кроликів у 7,25 рази перевищує цей показник у декоративних кроликів.

Товщина м'язової оболонки шлунка у продуктивних кроликів перевищує у 7,0 разів порівняно з декоративними кроликами. Серозна оболонка у продуктивних кроликів товстіша майже у два рази, хоча вона є найтоншою серед усіх оболонок шлунка.

Як видно з гістологічного та морфометричного аналізу, стінка шлунка кроликів характеризується типовою для травного тракту будовою, що включає чотири шари. Виявлено, що вона має добре розвинену слизову оболонку, підслизову основу, виражену м'язову оболонку з циркулярним і поздовжнім шарами, а також серозну оболонку. Детальну гістологічну картину представлено на рис. 2.

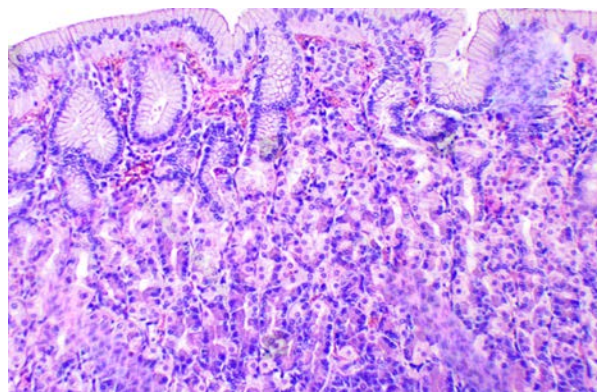


**Рис. 2. Гістологічна будова стінки шлунка кролика (каліфорнійська порода).
Забарвлення гематоксиліном та еозином. Зб. ×200**

Детальну гістологічну картину стінки шлунка декоративних кроликів можна побачити на рис. 3.

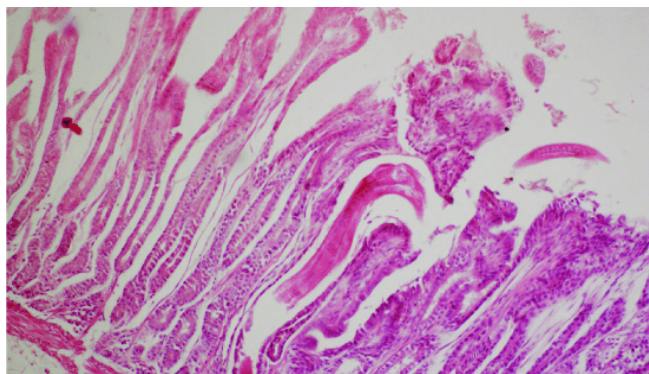


**Рис. 3. Гістологічна будова стінки шлунка декоративного кролика.
Забарвлення гематоксиліном та еозином. 3б. $\times 200$**

Головні клітини шлункових залоз, що переважно мають циліндричну або кубічну форму, характеризуються базально розташованим ядром та інтенсивно забарвленою цитоплазмою. Їхня ключова відмінність полягає у наявності секреторних гранул в апікальній частині, що свідчить про активну секреторну функцію [4]. Ці клітини локалізуються переважно у нижній частині слизової оболонки. На противагу їм парієтальні (обкладальні) клітини є більш світлими і помітні у верхній частині слизової оболонки. Вони відрізняються тим, що виступають у просвіт залоз численними мікрроворсинками, що значно збільшує їхню поверхню для секреції соляної кислоти [5]. Слизові клітини є найсвітлішими серед усіх клітин залоз.

Морфометричні дані щодо кількості залоз у полі зору слизової оболонки шлунка узагальнено в табл. 2.

Таблиця 2. Морфометричні показники залоз слизової оболонки дна шлунка

Шлункові оболонки	Кролик продуктивний (n=5)	Кролик декоративний (n=5)
Кількість залоз, шт.	76,5 $\pm$ 8,9	51,65 $\pm$ 4,07
Зовнішній діаметр шлункових залоз, мкм	36,3 $\pm$ 5,6	28,98 $\pm$ 0,27
Площа ядра головних залозистих клітин (мкм ²)	10,4 $\pm$ 0,23	27,76 $\pm$ 1,78
Площа цитоплазми головних залозистих клітин (мкм ²)	39,6 $\pm$ 4,4	125,6 $\pm$ 7,2
Коефіцієнт ядерно-цитоплазматичного співвідношення (ЯЦС)	0,23 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,02
Площа ядра парієтальних клітин (мкм ²)	15,5 $\pm$ 1,6	18,26 $\pm$ 1,98
Площа цитоплазми парієтальних клітин (мкм ²)	125,5 $\pm$ 7,9	190,08 $\pm$ 9,11
Коефіцієнт ядерно-цитоплазматичного співвідношення (ЯЦС)	0,12 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,02
Площа ядра слизових клітин (мкм ²)	11,5 $\pm$ 0,6	18,08 $\pm$ 0,25
Площа цитоплазми слизових клітин (мкм ²)	26,5 $\pm$ 2,0	230,23 $\pm$ 6,6
Коефіцієнт ядерно-цитоплазматичного співвідношення (ЯЦС)	0,48 $\pm$ 0,06	0,08 $\pm$ 0,01

Аналіз даних, представлених у табл. 2, дає змогу виявити суттєві відмінності в морфології шлункових залоз між продуктивними та декоративними кроликами. Установлено, що кількість залоз у полі зору мікроскопа у продуктивних кроликів у 1,5 рази перевищує аналогічний показник у декоративних кроликів. Це може свідчити про вищий потенціал секреторної активності шлунка у продуктивних форм, що є адаптацією до інтенсивнішого травлення та швидшого росту.

Особливий інтерес становлять зміни ядерно-цитоплазматичного співвідношення (ЯЦС), що є важливим показником метаболічної активності клітин. У декоративних кроликів спостерігається чітка тенденція до зниження ЯЦС у такій послідовності: головні клітини > парієтальні клітини > слизові клітини. Важливо відзначити, що між парієтальними та слизовими клітинами значних кількісних відмінностей у ЯЦС не зафіксовано. Натомість у продуктивних кроликів динаміка ЯЦС відрізняється: найвище співвідношення мають слизові клітини, за ними йдуть головні, а потім парієтальні клітини. Це може вказувати на іншу інтенсивність синтетичних процесів у цих клітинних популяціях, пов'язану з функціональними потребами.

Під час порівняння обох груп тварин виявлено, що ЯЦС головних клітин значно вище у продуктивних кроликів, аніж у декоративних. Аналогічна закономірність спостерігається і для ЯЦС парієтальних та слизових клітин, де вищі значення також характерні для продуктивних особин. Ці дані можуть свідчити про більшу метаболічну активність клітин шлункових залоз у продуктивних порід.

Морфометричні характеристики покровно-ямкового епітелію. Дно шлунка у зайцеподібних характеризується слизовою оболонкою, вкритою одношаровим призматичним епітелієм, який утворює численні шлункові ямки. Цей епітелій відіграє ключову роль у захисті слизової оболонки та секреції муцинів. Детальні морфометричні показники покровно-ямкового епітелію слизової оболонки дна шлунка представлено в табл. 3, що дасть змогу провести подальший порівняльний аналіз його структури.

Морфометричний аналіз покровно-ямкового епітелію слизової оболонки дна шлунка (табл. 3) виявив певні відмінності між досліджуваними групами. Установлено, що глибина шлункових ямок у продуктивних кроликів є більшою, ніж у декоративних. При цьому ширина шлункових ямок демонструє лише незначне збільшення, що не є статистично значущим.

Таблиця 3. Морфометричні показники покривно-ямкового епітелію слизової оболонки дна шлунка

Показники	Кролик продуктивний (n=5)	Кролик декоративний (n=5)
Ширина шлункової ямки, мкм	31,12±3,8	33,51±4,47
Глибина шлункової ямки, мкм	101,4±11,7	48,62±2,64
Ширина клітин епітелія, мкм	8,2±0,8	16,15±0,7
Висота клітин епітелія, мкм	23,1±2,2	22,08±0,5

Щодо клітинних параметрів висота епітеліальних клітин виявилася практично ідентичною в обох групах тварин. Однак ширина клітин епітелію суттєво переважає у декоративних кроликів, перевищуючи відповідний показник у продуктивних особин у 1,96 рази. Це може свідчити про функціональні адаптації покривного епітелію, пов'язані з різними інтенсивностями травних процесів або захисними властивостями.

Проведений морфометричний аналіз забезпечує поглиблене розуміння порівняльної морфології та імунології цих видів. Значні відмінності в указаних показниках, імовірно, зумовлені різним способом життя та суттєвими розбіжностями у годівлі між продуктивними та декоративними кроликами. Продуктивні породи, як правило, отримують інтенсивніше та збалансованіше харчування для досягнення швидкого росту, що може впливати на розвиток і функцію імунних клітин.

Ці результати також наочно демонструють, що представники різних порід у межах одного ряду можуть значно відрізнятися за морфометричними показниками, але ці відмінності, безумовно, адаптовані до їхньої життєдіяльності та не є ознаками патологій. Навпаки, вони відображають еволюційні та селекційні зміни, спрямовані на оптимізацію функцій організму в конкретних умовах існування або розведення.

Висновки. Аналіз отриманих анатомо-гістологічних та морфометричних даних дає змогу ідентифікувати ключові анатомічні особливості шлунків у досліджуваних групах кроликів:

- у продуктивних кроликів: слизова та м'язова оболонки шлунка характеризуються майже рівною товщиною, що може вказувати на збалансований розвиток цих шарів. Виявлено значно більшу кількість залоз у дні шлунка (76,5±8,9 шт. у полі зору);

- у декоративних кроликів: слизова та м'язова оболонки шлунка є відносно тонкими. Відзначено збільшення площі головних (основних) клітин шлунка (27, 76±1,78 мкм²). Виявлено збільшення площі клітин у шлунковому лімфатичному вузлі (173,87±19,22 мкм²).

Ці морфологічні особливості є адаптаційними показниками, що відображають суттєві відмінності в умовах утримання та, насамперед, у раціоні харчування даних тварин. Продуктивні кролики, виведені для швидкого росту та високої продуктивності, демонструють адаптації травної системи до інтенсивнішої переробки їжі, тоді як у декоративних кроликів можуть проявлятися особливості, пов'язані з іншими функціональними пріоритетами.

Отримані результати переконливо підтверджують, що гістологічні та морфометричні параметри травної системи є високочутливими індикаторами адаптаційних змін в організмі. Глибоке розуміння цих морфологічних відмінностей є критично важливим для розроблення більш ефективних та цілеспрямованих програм годівлі та ветеринарного догляду, що, своєю чергою, сприяє здоров'ю та підвищенню продуктивності кроликів різних порід. Окремий інтерес становить моделювання зв'язку між морфометрією шлунка, показниками приросту маси тіла та ефективністю перетравлення поживних речовин для оптимізації годівлі як продуктивних, так і декоративних порід.

Список використаних джерел

1. Аксьонов Є.О. Розвиток кролівництва в Україні та світі (оглядова). *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2017. № 116. С. 15–21.
2. Коцюбенко Г.А. Науково-практичні методи підвищення продуктивності кролів : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2013. 191 с.
3. Пабат В.О., Вінничук Д.Т., Гончаренко І.В., Агій В.М. Кролівництво з основами генетики та розведення : навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2018. 164 с.
4. Цитологія. Гістологія. Ембріологія : підручник / за ред. О.Д. Лучика, Ю.Б. Чайковського. Вінниця : Нова книга, 2018. 592 с.
5. Alvarino J.M.R. Reproductive performance of male rabbits. 7th World Rabbit Congress, Valencia, *World Rabbit Sci.* 2000. Vol. 1 A. P. 13–35.
6. Biochemical genetic relationships among Tunisian hares (*Lepus sp.*), South African Cape hares (*Lepus capensis*), and European brown hares (*L. europaeus*) / Ben Slimen, H. [and oth.]. *Biochem. Genet.* 2005. Vol. 43. P. 577–596.
7. Bivolarski B. L., Vachkova E. G. Morphological and functional events associated to weaning in rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2014. Vol. 98, № 1. P. 9–18.
8. Florin, S.T.A.N. Comparative study of the stomach morphology in rabbit and chinchilla. *Agro Life Scientific Journal*. 2013. Vol. 2, № 2. URL: <https://www.agrolifejournal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/365> (дата звернення: 05.09.2025).
9. Gondret F. Effects of divergent selection for body weight at a fixed age on histological, chemical and rheological characteristics of rabbit muscles. *Livestock production science*. 2002. Vol. 76. P. 81–89.
10. Kovács M. Effect of different weaning ages (21, 28 or 35 days) on production, growth and certain parameters of the digestive tract in rabbits. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2012. Vol. 21, № 2. P. 894–901.

Savchuk L. B.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: lyuba.savchuk.2015@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6042-8362

Zakharova T. V.

Candidate of Veterinary Sciences,
Associate Professor at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: 0982519138@ukr.net
ORCID: 0000-0001-7792-7996

Krykun D. O.

4th year student of the OS «Master»
in the specialty 211 «Veterinary Medicine»
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: daniela_krikun@icloud.com

ANATOMICAL FEATURES AND HISTOLOGICAL MARKER OF THE STOMACH STRUCTURE OF THE ORDER LAGOMORPHA

Abstract

The study is aimed at elucidating the anatomical and histological features of the stomach in some representatives of the order Lagomorpha. The object of the study was productive and ornamental rabbits. The relevance of the work is due to the need for a deep understanding of the morphofunctional changes that occur in the animal body under the influence of different conditions of detention and types of nutrition. The study of these features is important for optimizing diets, preventing digestive system diseases and increasing productivity. The research was conducted at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology of Podillia State University and on the basis of the private veterinary clinic Vet Generation, Kyiv. The material for the study was biological samples that were processed according to generally accepted histological methods. As a result of the study, it was found that the histological structure of the stomach differs between groups. These differences are a consequence of adaptation to the conditions of existence and nutrition. In productive rabbits receiving high-energy granulated feed, it was found that the mucous and muscular membranes of the stomach have almost the same thickness. This indicates a balanced functional load on the secretory and motor systems. An important finding is the large number of glands of the fundus of the stomach (76.5 ± 8.9 pcs.), which indicates intensive secretory activity. In addition, a decrease in the area of mucous cells ($11.9 \pm 0.8 \mu\text{m}^2$) was noted, which is probably associated with enhanced turnover and mucin secretion to protect the gastric wall. In contrast, other features were found in ornamental rabbits, whose diet is less caloric and more diverse. Their stomach is characterized by thinner mucous and muscular membranes. An increase in the area of the chief cells of the stomach ($27.76 \pm 1.78 \mu\text{m}^2$) may be a compensatory mechanism for enhancing the production of enzymes necessary for the digestion of fibrous food.

Key words: anatomy, histology, stomach, rabbits, morphometry, research.

References

1. Aksionov, Ye.O. (2017). Rozvytok krolivnytstva v Ukraini ta sviti (ohliadova) [Development of rabbit breeding in Ukraine and the world (review)]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten IT NAAN*, (116), 15–21 [in Ukrainian].
2. Kotsiubenko, H.A. (2013). *Naukovo-praktychni metody pidvyshchennia produktyvnosti kroliv* [Scientific and practical methods of increasing rabbit productivity]: Monohrafiia. MNAU. [in Ukrainian].
3. Pabat, V.O., Vinnychuk, D.T., Honcharenko, I.V., & Ahiy, V.M. (2018). *Krolivnytstvo z osnovamy henetyky ta rozvedennia* [Rabbit breeding with the basics of genetics and breeding]. Lira-K. [in Ukrainian].
4. Luchyk, O.D., & Chaikovskiy, Yu.B. (Eds.). (2018). *Tsytolohiia. Histolohiia. Embriolohiia : pidruchnyk* [Cytology. Histology. Embryology: Textbook]. Nova knyha [in Ukrainian].
5. Alvarino, J.M.R. (2000). Reproductive performance of male rabbits. *World Rabbit Science*, 1(A), 13–35. (Original proceedings from the 7th World Rabbit Congress, Valencia) [in English].
6. Ben Slimen, H., Ben Slimen, H., & oth. (2005). Biochemical genetic relationships among Tunisian hares (*Lepus* sp.), South African Cape hares (*Lepus capensis*), and European brown hares (*L. europaeus*). *Biochemical Genetics*, 43, 577–596 [in English].
7. Bivolarski, B.L., & Vachkova, E.G. (2014). Morphological and functional events associated to weaning in rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(1), 9–18 [in English].
8. Florin, S.T.A.N. (2013). Comparative study of the stomach morphology in rabbit and chinchilla. *Agro Life Scientific Journal*, 2(2). <https://www.agrolifejournal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/365> [in English].
9. Gondret, F. (2002). Effects of divergent selection for body weight at a fixed age on histological, chemical and rheological characteristics of rabbit muscles. *Livestock Production Science*, 76(1-2), 81–89. [in English].
10. Kovács, M. (2012). Effect of different weaning ages (21, 28 or 35 days) on production, growth and certain parameters of the digestive tract in rabbits. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 21(2), 894–901 [in English].

Отримано: 18.09.2025

Рекомендовано: 22.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025

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 4(49) 2025

Issue 4(49) 2025

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)

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

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)

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
Замоу. 1225/963. 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 1225/963. E-mail: mailbox@helvetica.ua
Certificate of the subject of publishing business
DK No. 7623 dated June 22, 2022